

**Curso 2012/13**  
**HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES/1**  
**I.S.B.N.: 978-84-15910-60-2**

**JOSÉ ÁNGEL AFONSO VARGAS**

**Aplicación del análisis de fitolitos y otros microfósiles  
al estudio de yacimientos, materiales arqueológicos  
y edáficos de las Islas Canarias**

**Los ejemplos de Las Cañadas del Teide (Tenerife),  
La Cerera (Aruca, Gran Canaria) y otras zonas  
de aplicación experimental**

**Directores**

**MATILDE ARNAY DE LA ROSA**  
**CARMEN DOLORES ARBELO RODRÍGUEZ**  
**JORDI TRESSERRAS JUAN**



**SOPORTES AUDIOVISUALES E INFORMÁTICOS**  
**Serie Tesis Doctorales**

## Agradecimientos

Con total satisfacción he de reconocer y agradecer que ésta ha sido una andadura impensable sin la ayuda de muchas personas, que en lo profesional y emocional la han hecho realidad. Sintiendo muy afortunado por comprobar que mi entusiasmo fue compartido allí donde iba o vivía, por ello mis agradecimientos son extensos e intensos, debiendo citar con detalle a quienes han hecho posible mi labor como humilde investigador, contagiándome siempre voluntad y ánimos para seguir adelante.

Mis primeros agradecimientos son para **Fátima Francos** y **Rubén Afonso**, por su ejemplo de honestidad, serenidad en la tenacidad, confianza y alegría, y por haberme permitido formarme como investigador, siempre al amparo de su comprensión y cariño, gracias.

A mis familias, **Francos** y **Cal** y **Afonso** y **Vargas**, por haber cuidado de mí hasta hoy. A **Elisa Piñeiro** (†) por su generosidad y haber creído siempre en “mi Historia”.

A **Matilde Arnay** por haber sido profesora, directora y amiga todos estos años, estando siempre ahí, en las calmas y en los temporales, apoyando y dirigiendo tan amablemente esta investigación, incluidos los cambios de rumbo que llevaron a completarla. Y a **Emilio González** padre e hijo, por su esperanzada y amable percepción de mi trabajo.

A **Carmen Arbelo** (*Calochi*), por todos estos años de enseñanzas y tutela de laboratorio, y a **Antonio Rodríguez**. A ambos por creer que la Edafología podía ser la base de este estudio de microfósiles, apoyándolo y defendiéndolo desde los duros momentos iniciales y posteriores.

A **Jordi Tresserras** (UB), por acceder a instruirme cuando fitolitos y almidones aparecieron como herramienta de estudio en Arqueología, permitiéndome marcar el rumbo a seguir y comenzar a trabajar, aunque advirtiéndome sobre *el ventoso y tortuoso camino* que había escogido para salir adelante.

A **Bertila Galván** por todas sus enseñanzas de Prehistoria y por habernos facilitado los sedimentos de la estructura de combustión de Chafarí Norte 3, yacimiento excavado por ella y su equipo desde finales de los 80’.

A **Juan Francisco Navarro**, **Antonio Tejera**, **Dimas Martín**, **María Dolores Camalich** (*Dodes*), **Eduardo Aznar**, **Francisco Galván**, **Antonio Chausa**, **José Delgado**, **Miguel Ángel Molinero**, **Francisco Diez de Velasco**, **Manuel de Paz** y **Miguel Ángel Cabrera** de los departamentos de Prehistoria e Historia (ULL), por inculcarnos para ir siempre *más allá*.

A **Irene La Serna** (Farmacia, ULL), maestra y amiga, por tantas cosas y en especial por enseñarme a manejar un microscopio, detectar palinomorfos y formular proyectos que se han cumplido.

A **Ascensión Pinilla** (*Ascen*) por apoyar esta causa como suya desde la primera aventura en Madrid para conocer fitolitos y microalgas en suelos y sedimentos. Por todas sus enseñanzas al microscopio y las largas charlas tras los ventanales de Serrano 115 que nos hicieron amigos.

A **Arnoldo Santos** (Jardín Botánico de La Orotava), maestro y amigo, por su comprensión y entusiasmo para iniciarme en el conocimiento de la flora de Canarias y el mundo. Por haberme hecho sentir como un alumno afortunado,

disfrutando de sus innumerables y pacientes aclaraciones sobre el mundo de las plantas.

A M<sup>a</sup>. **Ángeles Bárcena** (*Lines*) (USAL), por haberme instruido con suma paciencia en el estudio de las diatomeas y quistes de crisofitas. Gracias por todo el bagaje compartido y todas las propuestas para sacar este trabajo adelante.

A **Alejandra Korstanje** (Museo Arqueológico y Universidad Nacional de Tucumán (República Argentina), por apoyar la continuidad de este proyecto, a distancia y en persona. *Gracias por la esperanza.*

A **Esther Chaves** (ULL) por su ejemplo de profesionalidad y haber apoyado esta investigación desde los duros comienzos, así como a todas las enseñanzas recibidas durante la excavación del foro de Pollentia (Alcudia, Mallorca), campaña de 2000. Y a todos los compañeros que participaron en ella.

A **María Angeles Arbo** (Herbario CTES, Instituto de Botánica del Nordeste, República Argentina), por compartir conmigo todo su saber microbotánico a través de Internet.

A **Jaime Gil** (Cabildo de Lanzarote) por su amable y pronta colaboración, que tanto agradecí en los primeros momentos, en esos en que no sabes *por dónde tirar*, poniendo a mi disposición su colección carpológica y todo su saber sobre antiguas semillas.

A **Celia de la Cuadra y Magdalena Ruiz** del Banco de Germoplasma del INIA (Madrid), por haberme facilitado las fundamentales muestras de semillas de cereales que permitieron abordar el estudio de fitolitos y almidones en las diferentes variedades de trigos, cebadas y otros cereales.

A **Rosa Albert** (UB) por todas sus indicaciones en investigación de fitolitos, que me aportaron muy variados puntos de vista y nuevos criterios metodológicos. Igualmente debo agradecer a la Dra. **Marta Portillo** (UB) su paciente enseñanza sobre métodos de extracción de silicofitolitos.

A **los amigos que siempre han estado ahí**, colaborando con su ejemplo y sus ánimos, con su sentido crítico y apoyo incondicional a nuestra causa. Entre ello ha estado siempre presente la personalidad de **Roger Lorenzo**, porque para toda la amplia generación arqueológica de Arenas-95 ha sido un ejemplo profesional y un cálido amigo.

A los compañeros de Prehistoria e Historia de la ULL, los que están y los que se han ido, que me han secundado y ayudado en mi trabajo. Entre ellas agradezco especialmente al gran amigo y arqueólogo que es **Javier Soler** y excelente historiadora y amiga que es **Blanca Divasson**, que han compartido esta aventura académica y tantas horas bajas, siempre fáciles de superar con su amistad. Igualmente agradezco a todos los compañeros que tenido el honor de disfrutar, en el ámbito de la Prehistoria y Arqueología de Canarias —y en quienes nunca ha faltado palabras de aliento para seguir investigando, porque no me cabe la menor duda de que la Historia y la Arqueología de estas Islas tienen en ellos sus mejores exponentes. Especialmente a **Carlos García**, **Carlos Gustavo**, **Alejandro Gámez**, **Eva Rodríguez**, **Ricardo Dorta**, entre otros amigos y colegas que he tenido la fortuna de conocer en la andadura arqueológica, a los que no les ha faltado nunca un gesto de ánimo para con mi aventura investigadora, y para algunos también la suya.

A **José Antonio Rodríguez de Ara (Toño)** (†), por hacerme su amigo y partícipe de esas buenas risas que generosamente compartía con todos, las que nos hubiésemos echado viendo este trabajo finalizado.

A otros muchas/os compañeras/os que han sido un ejemplo de superación durante nuestras vidas y estudios, y que, en algunos casos no teniendo la oportunidad de seguirlos, han confiando en que otros lo consiguiéramos, ¡esto también va por ustedes!.

A mis amigos y compañeros de Edafología por ser una de las sorpresas más gratas de mi vida, muchos hoy en plena diáspora en búsqueda de sustento. A **Javier Rodríguez, Asterio Guerra, Silvia Armas, Raúl Rodríguez, Cecilia Armas y Juan Luís Mora, Gladys Vargas y Dolores del Castillo, Antonio Padrón, Jonay Neris, Josué, Ascensión (Censi), Alexis, Natalia y Juan Luís** por toda su ayuda y amistad, por hacer tan humano ese vetusto –pero entrañable– laboratorio donde hemos convivido estos años.

A **Juan Luís Mora**, por compartir sus amplios conocimientos con lucidez y humanidad, colaborar en la resolución de los problemas estadísticos y por esas largas charlas de laboratorio que nos hicieron amigos.

A **Mary Garín** por su amable disposición para la realización de pruebas de laboratorio y por toda la alegría compartida, y ser la buena compañera que ha defendido este trabajo como suyo. Han sido buenos años...sí.

A **Jesús Notario** por su inestimable contribución para con esta Tesis y mi persona. No sólo por haber encontrado respuestas cordiales a mis innumerables –y tórridamente reiterativas– cuestiones sobre suelos y herramientas informáticas, sino sobre todo porque todo ello nos ha hecho amigos.

Al cuadro docente de Edafología y Geología por su apoyo durante todos estos años, dejándome “cacharrear” también a mi por allí.

A mis compañeros de la **Sección de Paleontología** (Dpto. de Geología) de la Universidad de Salamanca, hoy ya casi todos doctores y en plena diáspora, en especial **Iván Hernández, Carmen Álvarez, Chuchi, Jose, Rubén, Marta e Isabel**, que me acogieron con afecto en aquellas tierras charras. Y especialmente a **Abel Flores y Francisco Sierra** por ofrecerme tantos aspectos de lo que es en realidad la historia del planeta y su gente. También a **Isabel Rivas (Charo)** por facilitarme muestras cuaternarias de las terrazas del Manzanares, y a **Ángel Esparza** (Prehistoria, USAL) por ofrecerme toda la colaboración a su alcance, de entonces y para el futuro.

A **Arlen M. Rosen** del *Institute of Archaeology University Collage* de Londres, por su amable colaboración en el estudio de fitolitos de esqueletos silíceos.

A **Constantino Criado** por su apoyo desde los duros momentos iniciales y por hacerme partícipe de sus conocimientos e investigaciones.

A **Verónica Alberto y Xavier Velasco** (ULPGC), por ser siempre un ejemplo y apoyar este trabajo.

A **Amelia Rodríguez** (ULPGC) por su cariñosa y contagiosa esperanza, para seguir luchando por nuestro futuro en la investigación de la Prehistoria de Canarias.

A **Jacob Morales** por su amable apoyo a esta causa y todas sus indicaciones con respecto a La Cerera.

Al **Personal del Museo Canario** (2007) por acogerme con tanta amabilidad en sus instalaciones para estudiar los fondos cerámicos de La Cerera.

A **Juana Hernández** (Museo Arqueológico del Puerto de La Cruz), por toda su colaboración en el estudio de las cerámicas de Las Cañadas.

A **Juan Carlos Hernández** por ser un compañero legal y un arqueólogo de altura, y a **Imma** por tratarme con tanto afecto. Y a los compañeros que viven la Arqueología de La Gomera, y en especial a **Tanagua, Goyo, José Miguel y Fernan**.

A **Miguel Ángel Molinero** por su siempre afectuoso, docto y cálido apoyo, y por ampliar mis conocimientos con sus muestras, que me han permitido entrar *de puntillas microscópicas* en ese Egipto anhelado y distante, y gracias a él... cercano.

A **M<sup>a</sup>. Eugenia Arozena (Maena)**, maestra, amiga y siempre fundamental investigadora, por su continuo apoyo a esta causa, sus enseñanzas sobre la dinámica del Monteverde y por hacerme partícipe de sus proyectos. A **José María Panareda** (UB) por compartir su entusiasmo y sus consejos para llevar este trabajo a término. A **Esther Beltrán** por todo su apoyo y todo lo aprendido en esas inolvidables salidas de campo por Anaga.

A **Julio Cuenca** y **José Guillén**, por todas sus enseñanzas arqueológicas sobre el yacimiento de El Llanillo y su amabilidad.

A **Águedo Marrero** (Jardín Botánico Canario “Viera y Clavijo”) por su amable acogida e intercambio de información al respecto de la flora y etnobotánica de Canarias.

A **Pedro González** (ULPGC), por sus pacientes explicaciones sobre La Cerera y compartir todo su amplio conocimiento sobre este yacimiento.

A **J.M<sup>a</sup>. Peiró** y su equipo de analistas de la Facultad de Veterinaria (Universidad de Zaragoza) por acogerme con tanto afecto en el otoño zaragozano, mostrarme su labor analítica y colaborar en la resolución de aspectos microscópicos de La Cerera.

A **Herminia Gijón** (ULL/UG) por sus enseñanzas de microscopía analítica, sobre parasitología y de la vida.

A **Luis Galindo**, por haberme hecho un hueco docente en sus clases, permitiéndome aumentar mi formación y responsabilidad como investigador.

A **Juan Coello** (†), de quien no dejé de aprender hasta su prematuro fallecimiento, el cual nos privó de compartir la alegría de ver esta Tesis hecha realidad.

También a **José Antonio Rodríguez Losada** (ULL), por su siempre amable disposición a explicarme los pormenores de la Geología de Las Cañadas y la microscopía de minerales. A **Francisco Hernán**, por enseñarnos Geología de esa forma tan clara y bella.

A **Eduardo Carqué**, por tantas y pacientes explicaciones sobre la flora de Las Cañadas (a “pie de planta”) y su amable y sincera disposición para obtener muestras de referencia. Y sobre todo por ser éste el tema que nos hizo amigos. También a **Ángel Bañares** por apoyar siempre esta investigación, y creer en su contribución científica para con ese espacio único en el mundo. Y a **Carlos Velásquez** por echarme esa mano tan amable y cualificada en el estudio de las fuentes de Las Cañadas.

A **Desiré Afonso**, por toda su amabilidad y profesionalidad compartida para con el estudio de los cereales y su aportación de muestras de referencia, por compartir el celo en el cuidado de esas “plantitas” patrones, un tesoro que algún día nos dirá más cosas de los antiguos pobladores de Canarias, esa gente a la que sin haber conocido consideramos tan nuestra.

A **Esperanza Beltrán, Ana Losada, Juan Ramón Acebes y Catalina León** del Dpto. de Biología Vegetal (Farmacia, ULL), por su paciente contribución a mi formación botánica.

A la **Sección de Bioantropología** del Dpto. de Prehistoria (**Alejandra, Guacimara, Nuria y Aioze**) que han llenado de ilusión y buen hacer una disciplina tan bella, y nuestro entrañable laboratorio de nuevas perspectivas de investigación.

A *la naturaleza*, a la que están ligados mis sentidos y entiendo como un legado para vivir, respetar y transmitir. En los lugares donde aún la he sentido palpitar he encontrado la mía y la de los míos. Por ello mi agradecimiento a las gentes involucradas en que la Sierra de Abodi y el Bosque de Irati sigan siendo lugares para disfrutar y convivir, así como a las heladas callejuelas de Ochagavía y Orbaizeta, cuyo invierno no dejaré de amar, porque Neruda ya nos lo regaló antes de la manera más bella: “...*pertenezco a la Tierra y a su invierno...*”. Y especialmente a las gentes y lugares del norte de Escocia, del valle glaciario de Kjenndal (Noruega central), Valle de Benasque y sus ibones, glaciares y cimas de los Alpes, por haber grabado en mi memoria la idea de que todo cambia, y que nosotros podemos hacerlo sin dejar de ser los mismos. En esos lugares, que nuestros ojos han podido observar y nuestras manos tocar, es donde mi mente ha podido generar preguntas sobre nuestro pasado y nuestros inquietantes presentes y futuros (*la Historia también sirve para eso*).

A la **Villa de La Esperanza** (Tenerife) y a los *esperanceros* que aun creen en un lugar de ensueño para vivir en comunidad, porque es allí donde se ha completado esta investigación, donde he podido encontrar fuerzas y tranquilidad para realizarla, *en la magia de ateridas madrugadas al borde de una mesa iluminada*.

A **Berducido** (A Lama, Pontevedra) y a su buena gente, a los que están y a los que nos han dejado, por haberme enseñado tanto de Galicia, de su dura Historia entre lluvias y *carballos*, para siempre ya en mi corazón.

A **Las Cañadas del Teide**, como un enamorado más de su aire, su frío y su devenir, donde he pasado –desde mi adolescencia– buenos y malos momentos, mediodías de fuego y largas noches de hielo. Por ser el mágico espacio donde he convivido con muchas personas que me han permitido tener parte de los mejores recuerdos de mi existencia, y donde también he disfrutado trabajando.

A otros muchos amigos que recuerdo en estos momentos y que han colaborado en tantos y tantos requerimientos técnicos de nuestro trabajo, como **José Vicente Fariña** el confiarme el préstamo inicial (aunque luego por años) de este *Leica CM E*, que sigue en el centro de mi mesa de trabajo, herramienta fundamental y *simbólico incitador de la tarea por hacer*, y por todas sus aclaraciones sobre microscopios e investigación de rutina. A **Luis Alayón** por su paciente escucha de mis necesidades de material de laboratorio y pronta solución de problemas. A **Juan Luís** (Servicio de microscopía

electrónica SEM, ULL) por acompañarme y asesorarme en las sesiones de trabajo. A todos ellos, dado el tiempo transcurrido y comprobando que siguen acoguéndome con afecto —a pesar de mis agobiantes requerimientos— les agradezco el considerarme un amigo.

A **Julio Verne** y **Arthur Conan Doyle**, por haber espoleado mi imaginación desde niño inculcándome el buscar explicaciones aquí y allá.

Este modesto trabajo de investigación así como buena parte de la formación de su autor, se basa en lo aprendido con todas estas personas en familia, caminos y rutas de montaña, las lavas del Teide, actividades arqueológicas, aulas, laboratorios y pasillos de universidad de lo que ya es una parte imborrable de mi vida. Por ello, les expreso a todas/os los que han colaborado, directa o indirectamente, mi más humana gratitud.



*Este hecho, la recreación del mundo, le da una responsabilidad enorme al historiador, puesto que sabe que hay una parte de fidelidad documental, de respecto deontológico a lo que nos llega a través de las fuentes; pero su mayor responsabilidad es la consciencia de estar creando, de estar imaginando documentada, escrupulosa y rigurosamente ese mundo perdido.*

Justo Serna y Anacleto Pons, 2002.

*Considerando estos hechos, creo que sería una circunstancia inexplicable si las aves acuáticas no transportasen las semillas de plantas de agua dulce a lagunas y riachuelos despoblados, situados en puntos muy distantes. El mismo medio puede haber entrado en juego por lo que se refiere a los huevos de los animales más pequeños del agua dulce.*

Charles Darwin, El Origen de las Especies.

*Nomina si nescis, perit et cognitio rerum.*

Carl von Linné, 1755.

*Así que poco a poco se va hilando/desenredando el futuro.*

Rubén Afonso, 23 julio de 2008.

*“...Adán nos ha enseñado que, para reestructurar los códigos, es preciso sobre todo tratar de escribir nuevamente los mensajes.”*

Humberto Eco, *Obra abierta*, 1992.

*La textura del suelo es una base para establecer la historia del paisaje y el uso potencial de la tierra.*

Renfrew & Bahn, 1993 (213).

*“...en las lagunas aposentadas al Norte de Ruidera, la caliza disminuye, aumenta la arcilla, y al estar el agua sobre terrenos más impermeables, no tiene tanta profundidad, engaña el suelo en gran extensión, el volumen acuático disminuye y el carrizal tiene tal densidad en su vegetación, que se parece a un enorme trigal extremeño, arrozal levantino, maizal gallego o «pajonal» argentino.”*

Pedro González, 1957.

*No es menos cierto que frente a la inmensa y confusa realidad, el historiador se ve obligado a señalar el punto particular de aplicación de sus útiles; en consecuencia a hacer en ella una elección, elección que, evidentemente, no será la misma que, por ejemplo, la del biólogo: que será propiamente una elección de historiador. Éste es un auténtico problema de acción.*

Marc Bloch, *Introducción a la Historia*, 1949.

*—Mis respuestas son limitadas, haz las preguntas correctas.*

Diálogos en *Yo robot* (2004).

*Each object is a microcosm; its discovery, also, entails the destruction of the surrounding evidence. As a result of centuries of mutual interaction the ambient soil and the object's surface when found carry between them one of these unique units that all together make up the Archaeological Records.*

Leo Biek, *Archaeology & The Microscope*, 1963.

*Although SEM technics are irreplaceable in modern research, optical microscopy is a necessary first step that should not be omitted. The major advances of the last decade in geoarchaeology, phytoliths studies or starch analysis rely upon this old tool.*

Brochier & Thinon, 2003.

*Así que acuérdense de mirar hacia las estrellas y no hacia sus pies. Intenten encontrarle un sentido a lo que ven y pregúntense por aquello que hace que exista el universo. Sean curiosos. Y por muy difícil que pueda parecerles la vida, siempre hay algo que pueden hacer y en lo que pueden tener éxito. Lo importante es que no se rindan.*

Stephen Hawking, 2012



## ÍNDICE DE CONTENIDOS

### —Volumen I—

Agradecimientos	
Prefacio .....	1
Frontispicio .....	4
Resumen/Abstract .....	5
Estructura del trabajo .....	6

### **Capítulo 1: Introducción y aspectos previos**

Página 8

Preámbulos de una propuesta de investigación en Prehistoria .....	8
Configurando una aproximación al pasado vegetal de Canarias .....	11
Microfósiles, sociedades del pasado y paisajes vegetales .....	13
Las preguntas y la aplicación de los fitolitos al pasado de Canarias .....	18
Desde la inquietud arqueológica al análisis de fitolitos .....	23
Pensamiento y análisis de microfósiles: un ejercicio intelectual más .....	29
Escuelas dentro de la disciplina de fitolitos .....	30
Postulados de partida .....	32
"Microhistorias": el complejo avance hacia la Microarqueología .....	42
Algunos aspectos teóricos en el método empleado .....	49
Desde "lo teórico" a la microarqueología vegetal sobre Canarias .....	53
La investigación de microfósiles en arqueología: de la Microscopía a la Edafoarqueología, la Micromorfología y hacia la Microarqueología .....	64
Los paleosuelos y la Prehistoria no-habitada de las Islas Canarias .....	72
Sedimentos de zonas húmedas: ¿un encuentro con el paleoambiente postglacial? .....	77
Aplicando el método a una parte de la Prehistoria de Canarias .....	81
Hacia los contextos diferenciales de la Prehistoria de Canarias .....	91
Objetivos .....	99

### **Capítulo 2: Contexto medioambiental y arqueológico de intervención. Materiales.**

Página 101

Aproximación al contexto medioambiental de intervención: prospecciones botánicas y analíticas de fitolitos .....	102
La flora de Las Cañadas del Teide: diversidad florística y esquematización previa para el estudio de fitolitos locales .....	110
El Cuaternario, sus oscilaciones climáticas y fitolitos en Las Cañadas .....	117
La flora de Las Cañadas y su potencialidad en el análisis de fitolitos .....	120
Familia <i>Poaceae</i> .....	120

¿Qué especies <i>Poaceae</i> podrían haber sido consumidas por el ganado en Las Cañadas? .....	127
Subfamilia <i>Pooideae</i> .....	136
Subfamilia <i>Chloridoideae</i> .....	138
Otras subfamilias <i>Poaceae</i> .....	140
Subfamilia <i>Panicoideae</i> .....	140
¿ <i>Arundinoideae</i> ? .....	142
Selección de un paradigma microfósil y paleobotánico: <i>Arrhenatherum calderae</i> .....	143
La cuestión de la evolución vegetal en Las Cañadas del Teide, aspectos arqueobotánicos y el análisis de fitolitos .....	145
Familia <i>Fabaceae/Leguminosae</i> .....	149
Familia <i>Brassicaceae</i> .....	151
Familia <i>Boraginaceae</i> .....	152
Familia <i>Asteraceae</i> .....	153
Familia <i>Pinaceae</i> .....	154
Familia <i>Cupressaceae</i> (cedros y sabinas) .....	156
Familia <i>Caryophyllaceae</i> .....	159
<i>Lamiaceae</i> .....	159
<i>Cyperaceae</i> .....	160
Familia <i>Violaceae</i> .....	161
La explotación de la flora de Las Cañadas: su pasado prehistórico .....	162

### **Materiales: Conjunto muestral analizado**

Página 165

Objetivos del conjunto muestral seleccionado y analizado .....	165
El conjunto de muestras "contextuales" y su papel en las limitaciones metodológicas .....	167
Ámbitos geográficos y cronológicos del conjunto muestral .....	169
Plantas patrones (macroscópicas) .....	172
Microalgas .....	174
Formación jurásica Tereñes (Asturias) .....	175
Niveles pleistocénicos de Ambrona (Soria) .....	177
Terrazas pleistocénicas del Manzanares (Madrid) .....	177
Suelos y paleosuelos de las Islas Canarias .....	179
Muestras de paleosuelos .....	181
Suelos de las Islas Canarias .....	183
Suelos de Las Cañadas del Teide .....	184
Suelos de la Vega de Arucas .....	186
Suelos de La Laguna .....	186
Suelos ocupados por <i>Phoenix canariensis</i> .....	186
Perfiles litoestratigráficos .....	186
Materiales arqueológicos de las Islas Canarias .....	187

Sedimentos de La Cerera (Aruca, Gran Canaria) .....	188
Sedimentos de Chafarí Norte 3 (Las Cañadas del Teide) .....	188
Sedimentos superficiales del Inventario Arqueológico del Parque Nacional del Teide (2003-2007) .....	192
Materiales bioantropológicos .....	192
Residuos de industrias de molturación .....	195
Sedimentos de zonas húmedas .....	196
Sedimentos de zonas glaciares y periglaciares .....	198
Heces fecales de herbívoros .....	199
Materiales de Egipto .....	200
Sedimentos de El Llanillo (Gran Canaria) .....	202

### Capítulo 3: Elementos microscópicos de intervención

Página 203

<b>Fitolitos</b> .....	204
Aspectos preliminares .....	204
Plantas que han guiado el estudio de fitolitos .....	206
La flora de Canarias por descubrir...desde sus registros biominerales .....	207
Aspectos básicos de los fitolitos en su aplicación a las Ciencias de la Tierra .....	208
¿Pero... qué es un fitolito? .....	210
Desde <i>Phytolitaria</i> y Charles Darwin hacia el futuro .....	224
Morfologías y nomenclaturas .....	230
Poniendo nombre a los fitolitos: la cuestión descriptiva y clasificatoria .....	232
Criterios clasificatorios, de tratamiento analítico y cuantitativo del registro de fitolitos .....	235
Clasificación morfológica .....	236
Formas alargadas ( <i>Elongate forms</i> , ICPN, 1.0) .....	240
Formas propias de la familia <i>Poaceae</i> .....	241
Formas alargadas lisas .....	241
Formas alargadas equinadas o dendriformes .....	241
Esqueletos silíceos o secciones completas silicificadas .....	242
Formas alargadas lisas y sección triangular .....	250
Formas tipo puzzle ( <i>jig-saw puzzle</i> ) .....	250
Formas alargadas perforadas y/o facetadas .....	251
Formas alargadas lisas con distintos planos (facetadas). Traqueidas .....	251
Formas alargadas, sección circular y engrosamientos anulares .....	253
Formas alargadas, perforadas y estructuración helicoidal .....	255
Formas propias de células cortas <i>Poaceae</i> .....	255
Células tipo <i>saddle</i> .....	256
Células cortas tipo bilobulado/bilobadas o panicoides .....	257
Formas incluidas en la subfamilia <i>Pooideae</i> .....	258
Formas alargadas trapezoidales onduladas .....	259
Células cortas tipo <i>Pooideae</i> .....	259

Otras formas comunes en taxones <i>Poaceae</i> .....	262
Células buliformes cuneiformes .....	262
Formas propias de <i>Cyperaceae</i> .....	263
Formas propias de <i>Palmae</i> .....	265
Células esféricas/globulares con ornamentación de picos .....	266
Formas alargadas y lisas (psilate elongate forms) no- <i>Poaceae</i> .....	266
Formas globulares, esféricas o subesféricas lisas con/sin escotaduras .....	267
Formas asociadas al grupo de los Pteridofitos .....	269
Formas asociadas al grupo de las Gimnospermas .....	273
Elementos masivos y poliédricos .....	274
Elementos de sección circular con puntuaciones circulares .....	275
Tricomas .....	275
Agregados silíceos .....	277
¿Una propuesta de estudio para las células buliformes cuneiformes? .....	277
Criterios morfométricos de análisis microscópico .....	279
<b>Oxalatos de calcio</b> en plantas .....	281
Concentraciones y aspectos metodológicos 276 .....	282
Clasificación morfológica .....	284
Contenido en oxalatos de calcio en las plantas patrones de referencia: el caso de Canarias 283 .....	289
Contenidos en oxalatos/pseudomorfos de calcita y sílice .....	291
Aspectos asociados a la transformación y degradación de oxalatos de calcio en suelos y sedimentos arqueológicos .....	291
<b>Gránulos de almidón:</b> naturaleza y permanencia en materiales arqueológicos .....	293
Una investigación orientada hacia la detección y la diferenciación .....	290
Características básicas de identificación microscópica .....	296
Gránulos de almidón en las plantas potencialmente incluidas en la alimentación de las poblaciones prehistóricas de Canarias .....	298
Parámetros de estudio y selección del modelo comparativo de cuantificación .....	298
Casística de los gránulos de almidón localizados en materiales arqueológicos de las Islas Canarias .....	299
Gránulos de almidón localizados en materiales arqueológicos de las Islas Canarias .....	299
<b>Microalgas Diatomeas</b> .....	302
Caracterización morfométrica .....	305
Identificación y características del sustrato sedimentario .....	306
Hábitat y requerimientos ambientales .....	309
Procesos de eutrofización .....	310
Incidencia del nitrógeno (N) .....	312
Empleo en análisis paleoambiental y arqueología .....	312
Buscando detectar diatomeas en suelos y sedimentos de Canarias .....	314

<b>Quistes/estomatocistos de algas crisofitas</b> .....	317
Antecedentes .....	317
Características biológicas y ecológicas .....	319
Características morfológicas de quistes/estomatocistos de crisofitas .....	321
Aplicabilidad en cuestiones arqueológicas y paleoambientales .....	324
<b>Espículas de esponjas</b> .....	327
Esponjas y espículas .....	328
Espículas en contextos arqueológicos .....	329
Contextos con presencia de espículas de esponjas .....	330
Training sets en Ría de Villaviciosa .....	330
La erupción del Volcán de La Restinga (Isla de El Hierro): ¿una oportunidad para el estudio de las esponjas marinas? .....	331

## Capítulo 4: Métodos y técnicas analíticas

Página 335

Tratamiento de Plantas Patrones de Referencia .....	336
Prospecciones y muestreos de plantas vivas .....	336
Tratamientos de plantas patrones .....	337
Calcinación .....	338
Método mixto de calcinación y tratamiento ácido ( <i>Dry ashing</i> ) .....	339
Oxidación de materia orgánica .....	341
Eliminación de arcillas remanentes .....	343
Conclusiones sobre los métodos analíticos empleados .....	343
Sistematización de las Colecciones de Referencia: Fitoliteca-1 .....	344
Esquematzación final en base a su utilización de rutina .....	344
Colección de residuos de plantas patrones .....	345
Colección de preparaciones microscópicas .....	346
Tratamientos de suelos y sedimentos .....	346
Planteamientos básicos .....	346
Observaciones y tareas de laboratorio (2002-2007) .....	347
Oxidación de materia orgánica y dispersión de arcillas .....	348
Oxidación de la materia orgánica .....	348
Interpretación de resultados sobre contenidos en materia orgánica .....	349
Sobre la problemática y la eliminación de otros elementos cementantes: carbonatos y sus homónimos microfósiles .....	350
La presencia de carbonatos en suelos y sedimentos .....	350
La eliminación de carbonatos: problemática y adopción de medidas correctoras en el tratamiento de extracción de microfósiles .....	352
Sedimentos del yacimiento de Chafarí: la constatación de problemas granulométricos por la presencia de agregados carbonatados .....	353
Posibilidades de descartar el empleo de reactivos ácidos con la aplicación de ultrasonidos .....	355
Pasos del protocolo final empleado .....	357

Estimación indirecta de %CaCO <sub>3</sub> .....	358
Valoración del empleo de ultrasonidos en el tratamiento de dispersión y eliminación de arcillas .....	359
Pruebas con sedimentos arqueológicos y suelos .....	371
Suelo de Arundo donax (San Roque, La Laguna, Tenerife) .....	375
Suelos de Phoenix canariensis (Camino Largo, La Laguna) .....	376
Suelos con desarrollo de <i>Ficus carica</i> .....	379
Suelos con presencia de <i>Triticum aestivum</i> .....	382
Pruebas con ultrasonidos en sedimentos arqueológicos .....	384
Primeras impresiones sobre el tratamiento de ultrasonidos en sedimentos arqueológicos y suelos .....	385
El Tendal (La Palma) .....	386
La Cerera (Aruacas, Gran Canaria) .....	386
Iglesia de Nuestra Señora de La Concepción .....	388
Suelos con alto contenido en arcillas .....	390
Residuos de industrias líticas .....	391
Variaciones experimentales en el protocolo de extracción de arcillas .....	393
Reestructuración de tablas de tiempos de caída .....	394
Estructuración final del método de tratamiento de suelos y sedimentos mediante el protocolo MCAM .....	398
Valoración inicial del método empleado sobre registros microfósiles .....	400
Análisis de restos bioantropológicos .....	403
Tratamiento de residuos intestinales .....	404
Tratamiento de heces fecales de herbívoros actuales .....	405
Metodología de observación y valoración microscópica .....	405
Equipo de Microscopía Óptica .....	406
Polarización: anisotropía e isotropía en microfósiles .....	407
Fotomicroscopía y microfotografía .....	408
Microscopía Electrónica (SEM) .....	410
Medios de inclusión y microscopía analítica para el estudio de silicofitolitos y otros microfósiles .....	411
Preparaciones microscópicas: técnicas y elección de un modelo estandarizado de confección .....	416
Preparaciones permanentes .....	416
Preparaciones sin tratamiento previo del material (frotis) .....	419
Preparaciones eventuales .....	420
Preparaciones estándar y método cuantitativo .....	420
Estimaciones cuantitativas de microfósiles en preparaciones de suelos .....	420
Otras estimaciones cuantitativas .....	422
Apreciaciones sobre la metodología microscópica seleccionada .....	423
Conclusiones sobre la conjunción de métodos de observación empleados ....	423
Método para extracción y cuantificación microfósiles silíceos .....	417
Procedimiento de cuantificación .....	428

**Capítulo Resultados 5-I**

Página 429

Sobre plantas patrones de referencia: el fundamental conocimiento previo ..	430
Colección de referencia y observación de muestras-problema .....	430
Datos analíticos.....	431
Estimación de contenido en sílice amorfo (%SiO <sub>2</sub> ).....	431
Selección de Fichas de Análisis/Contenido Biomineral .....	435
Preámbulos a las fichas de análisis biomineral.....	436
<i>Pinus canariensis</i> Chr. Sm. Ex DC. ....	437
<i>Pinus sylvestris</i> L. ....	446
<i>Phoenix canariensis</i> Chabaud. ....	447
<i>Pteridium aquilinum</i> (L.) Kuhn .....	452
<i>Hyparrhenia hirta</i> (L.) Stapf in Prain .....	459
<i>Cynodon dactylon</i> L. Pers. ....	461
<i>Brachypodium sylvaticum</i> (Huds.) P. Beauv. ....	463
<i>Bromus</i> (posb. <i>tectorum</i> L.) .....	465
<i>Spartocytisus supranubius</i> (L.) Webb & Berth. ....	466
<i>Ficus carica</i> L. ....	471
<i>Arrhenatherum calderae</i> A. Hans .....	477
<i>Viola cheiranthifolia</i> H.B.& K. ....	479
Experimentación con alimentos actuales: buscando referentes para el estudio de la alimentación del pasado .....	482
Pan integral de trigo común ( <i>Triticum aestivum</i> sp.) .....	490
Pan integral de trigo espelta/escanda .....	490
Pan integral de centeno .....	494
Análisis microscópico de gofio: ¿el pan de los antiguos canarios? .....	494
Gofio de trigo .....	497
Gofio de cebada .....	498
Pan de trigo convencional (blanco) .....	500
Harina cruda de raíz de helecho común ( <i>Pteridium aquilinum</i> ) .....	500
Desde la información microscópica hacia la Arqueología de Los Alimentos y la Historia de la Alimentación .....	503
Relacionando suelos y fitolitos de plantas con aprovechamiento antrópico: el ejemplo de <i>Phoenix canariensis</i> .....	505
Localizaciones para el muestreo de suelos con <i>Phoenix canariensis</i> .....	508
Suelos con acumulación de frutos y otros tejidos (Camino Largo, La Laguna, Tenerife) .....	511
Suelos de acumulación de tejidos aéreos (Vallehermoso, La Gomera) .....	518
Suelos de acumulación de tejidos aéreos y frutos del Barranco de Guayedra (Gran Canaria) .....	520
Determinación cualitativa de morfotipos .....	521
Resultados del análisis cuantitativo .....	524

Valoración del estudio experimental de suelos con <i>Phoenix canariensis</i> .....	528
Suelos naturales con aportes antrópicos de tejidos de palmera: el caso arqueológico de Las Cañadas del Teide .....	530



## Prefacio

El trabajo que aquí expongo, bajo la forma de una Tesis doctoral, responde en realidad a una inquietud vital, pero sobre todo a muchas preguntas sobre el pasado, sus gentes y las plantas que les precedieron o ayudaron a vivir. Dichas preguntas han sido abordadas desde algunas de las posibilidades explicativas de la Arqueología, la Edafología y la Botánica, cuya aplicación conjunta ha resultado fundamental para responderlas parcialmente. Las respuestas han sido en todo caso obtenidas gracias a la ayuda de esa humilde y básica —pero completamente eficaz— herramienta de investigación que es el microscopio óptico. Empleado aquí para analizar un heterogéneo conjunto de muestras donde podían contenerse las partículas y restos microscópicos vegetales que seleccionamos como objetos empíricos de estudio, que no son otros que fitolitos y microalgas silíceas. Uno y otros suponen en esta Tesis, los peculiares medios y tipos de fuentes de información.

Había que comenzar por algún lugar, y aunque *en investigación todos los comienzos son malos*, como bien me apuntaran al comienzo de esta aventura en Serrano 115-bis (Madrid) las Dras. Pinilla, Alexandre y Martín, la única forma de seguir adelante es mantener la actividad, si bien no rápida y deslumbrante en resultados, sí constante. En mi caso la actividad estaba clara, porque creo que la investigación es ante todo la búsqueda de respuestas. Para encontrarlas solamente se debían acotar los objetivos y sobre todo disponer de un sujeto empírico y una herramienta metodológica de rutina. Pareciéndome importante aquí que dichos objetivos nunca cambiaran: conocer las facetas menos conocidas de las gentes del pasado, las de la prehistoria, de cómo afrontaron sus propios cambios en un ambiente, un espacio y un tiempo también cambiantes.

La vía para indagar e interpretar tales aspectos puede ser la naturaleza y de ella la vegetación, pero también aquellos materiales donde depositan su postrero recuerdo, en forma de biomineralizaciones: los suelos y sedimentos (naturales y arqueológicos). No puedo negar que el amor inculcado hacia las plantas desde mi niñez me ha llevado a la perspectiva de buscar una relación entre la historia de la Humanidad y el trato dado a los organismos vegetales. Siempre he creído —como con el resto de elementos de la Naturaleza— que nos une un vínculo más allá de lo puramente pragmático y menos de lo puramente metafísico. Hacemos con ella lo que nos dicta la nuestra, siempre como un recurso, sin que la entendamos/atendamos, la mayoría de las ocasiones con la obligación y el debido respeto propio para con nuestro contexto vital. Aunque quiero creer que esa conducta ha existido y seguirá haciéndolo, pese a que difícilmente superará el umbral de las minorías, porque aquí, como en otros aspectos humanos, debe existir capacidad de reflexión y medios para lograrlo. Las claves de dicha actitud, en forma e intensidad, pueden ser también la vía para el análisis de distintos procesos históricos.

Quizá el comportamiento irreverente que predomina en la mayoría de relaciones hombre-medio actuales surja de la irresponsabilidad, o quizás de la sensación antropocéntrica de que todo sigue estando a nuestra entera disposición. Como dicen textos de todos conocidos, parece que efectivamente nos creemos —sin ser todos creyentes— esta posibilidad. O quizá todo surja, definitivamente, de la incapacidad de reflexión para resolver problemas sin asumir su alto coste social, porque aun nos queda mucho por recorrer en la

resolución de la paridad hombre-hombre y por lo tanto hombre-medio. Ésta última me parece en todo caso un vehículo que puede permitir evaluar la capacidad de reacción y compromiso de una sociedad —primero a nivel de individuos y luego de grupo—, siempre con la época natural que les ha tocado vivir. Así, me he preguntado por los mecanismos de ajuste con la naturaleza, dónde acaba la necesidad y donde comienza la reflexión. Y si éstos han sido suficientemente elaborados como para lograr un equilibrio en el sostenimiento permanente entre individuos y sociedad. Si los cambios en ese estado se deben al funcionamiento interno o si por el contrario obedecen a desequilibrios generados por otros grupos, que abandonando la vía de la solución interna, optan por buscarla fuera de sí. Es también ese un planteamiento que creo totalmente válido para entender parte de los complejos procesos en Historia.

Cuando surgió la idea de poner en práctica tales ideas, solamente parecía poder realizarse desde una disciplina, luego dos, y luego tres, y finalmente la certeza, cuando se es consciente de la imposibilidad de abarcar la “amplitud científica buscada”, que debe acudir a la interdisciplinariedad, a las propuestas de colaboración serias y honestas. Esa primera disciplina es la Arqueología, siempre añorada, siempre entendida como un mecanismo de indagación, de conocimiento de nuestras realidades. Aunque en mi caso una arqueología concreta, de las muchas perspectivas que ofrece y ofrecerá. Ahora percibida de forma amplia, en el campo, en los materiales, en el tiempo, aquella basada en la verdad desapercibida, modesta e incuestionable de lo que no vemos a simple vista. Sí, el microscopio era la herramienta y las muestras de diferente naturaleza, localización y cronología...el mundo por descubrir. Con todo ello era posible ofrecer una ruta metodológica e interpretativa nueva, o al menos algo diferente, con la que aportar una brizna de conocimiento a la interpretación de nuestra Prehistoria.

A nivel personal, los pasos dados para llegar a desarrollar la investigación que se sintetiza en esta Tesis están plagados de nombres propios ya mencionados, todos estrechamente asociados (de forma profesional y personal) a diversas disciplinas de estudio, materiales y técnicas. Todos esos nombres tienen un profundo significado para mí y en mi trabajo, tanto como para deberles el respeto y merecimiento de ser mencionados y descritos los lazos que nos han unido, junto a lo que para ellas/os suponen —como para mí— esa parte de nuestras vidas que nos hace felices, capaces y útiles en nuestras respectivas realidades sociedades.

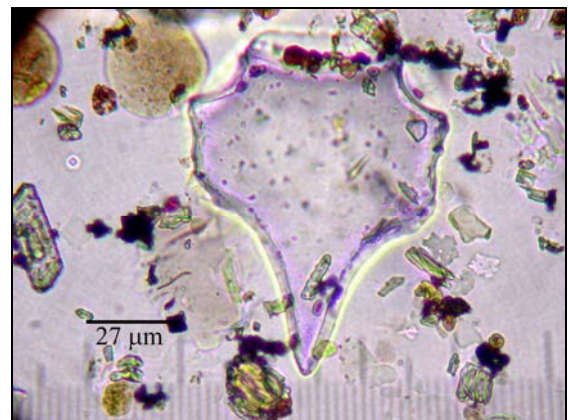
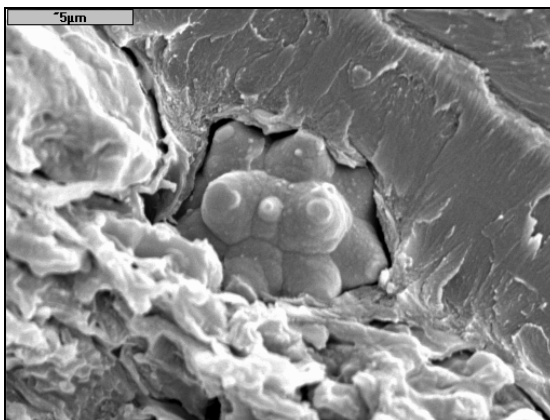
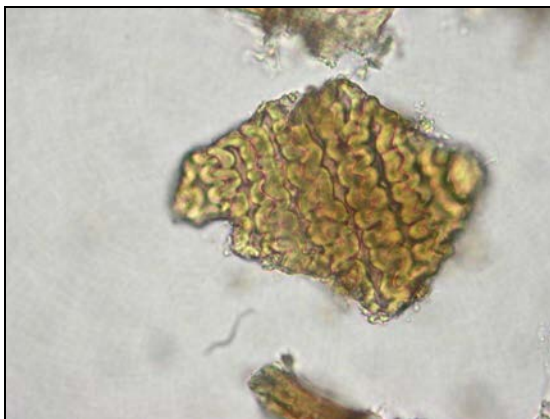
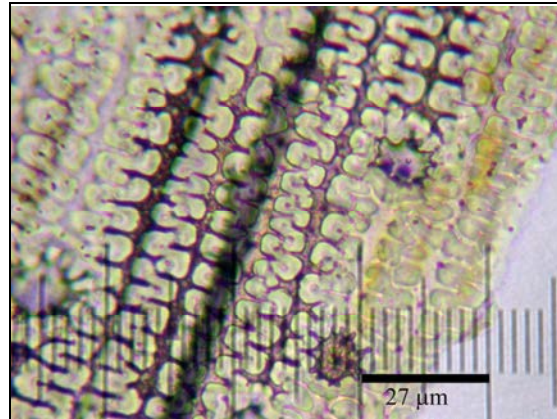
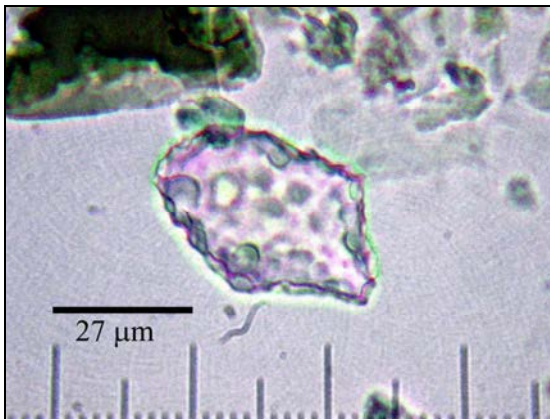
Me siento especialmente feliz por las segundas y terceras oportunidades que a veces se nos brindan, permitiéndonos comprobar que en nuestro camino vital podemos encontrar con espacios abiertos, a la imaginación, a la creatividad y otros cerrados, sin posibilidad de tenerlas. Son *las puertas cerradas* y *las ventanas abiertas* que también llevan nombres propios, a éstas últimas son las que mi labor y mi persona están profundamente agradecidas. De las otras...siempre se aprende algo.

*Algunas investigaciones suelen considerarse como la apertura de nuevas puertas, de nuevas vías de indagación y obtención de conocimiento. Conociendo la complejidad del estudio de todos los microfósiles que he pretendido mostrar, como sujetos empíricos para conocer más aspectos de las sociedades humanas y los entornos de la Prehistoria, creo que mi trabajo solamente me ha permitido acercarme a su puerta de entrada. Deteniéndome en el umbral, bajo el dosel, pero pudiendo alongarme hacia el interior, percibiendo nuevas*

José Ángel Afonso Vargas

*sensaciones y luego ya, en la oscuridad, poder observar –tras mis ojos acostumbrarse a ella– un mundo de sensaciones nuevas, plagadas de diminutas partículas encantadas. Que hablaban de tiempos remotos, con climas de alta montaña, de bosques y praderas, de gritos y crepitares de hogueras, de susurros de carrizos y mansedumbres de aguas encharcadas, de cantares de recolección. Este puede ser el mundo que percibo como de múltiples exploraciones –me dije– y digno ser relatado, sin ensoñaciones, su paisaje.*

José Afonso, 2012, Tesis, anotación final



**De izquierda a derecha y de arriba abajo:**

1.- Silicofitolito buliforme *cuneiforme* (*cuneiform buliform cell*, ICPN 1.0), localizado en los niveles aborígenes más antiguos del yacimiento *Acceso al Pescante de Vallehermoso* (La Gomera). 2.- Esqueleto silíceo (*silica skeleton*) en gofio de cebada actual, 3.- Esqueleto silíceo localizado en residuo intestinal de momia prehistórica de La Cañada del Capricho (Las Cañadas del Teide, Tenerife). 4.- Residuo de un cálculo dental histórico de la Iglesia de La Concepción (Santa Cruz de Tenerife), tras su tratamiento y listo para una preparación microscópica. 5.- Silicofitolito, esférico con ornamentación apuntada (*globular echinate*, ICPN 1.0), entre el tejido foliar de una palmera canaria (*Phoenix canariensis*), corte realizado con bisturí y observado en un equipo SEM (ULL). 6.- Silicofitolito buliforme perteneciente a hojas de "caña" (*Arundo donax*), en suelo de cañaveral de San Roque (La Laguna, Tenerife), primera prueba de idoneidad del método de extracción de microfósiles, desde suelos/sedimentos, empleado en esta Tesis Doctoral. Fotografías: J. Afonso y Servicio de Microscopía Electrónica (SEM), ULL

## **Resumen**

Esta Tesis doctoral es una aproximación metodológica al estudio de determinados tipos de microfósiles, como los fitolitos y las microalgas, en materiales arqueológicos y edáficos de las Islas Canarias. Utilizando una serie de planteamientos teóricos y metodológicos básicos, se describe la experiencia obtenida al analizar diversos tipos de plantas de interés arqueobotánico y paleoambiental, para conocer su potencial en producción biomineral así como en aquellos materiales donde pueden alojarse: suelos y sedimentos arqueológicos. Tomando como objetivo a nivel arqueológico, edafológico y paleoambiental los casos concretos de la zona de Las Cañadas del Teide (Tenerife) y el yacimiento arqueológico de La Cerera (Aruca, Gran Canaria), el estudio de sus sedimentos y registros microfósiles nos permite conocer sus principales características y ofrecer algunas valoraciones sobre la presencia y significado de las plantas en época aborígen. Para ello además se analiza una serie de materiales como sedimentos, plantas y suelos de determinados ambientes naturales que, tomados como referencia, han permitido identificar, clasificar e interpretar las características microscópicas de los yacimientos señalados. Los resultados indican que en los materiales tomados como preguntas-problema y en los de interés contextual, existen registros microfósiles con determinadas características, que permiten abordar el estudio de las plantas en contextos arqueológicos y edáficos para ampliar así el conocimiento que se tiene sobre ellos.

## **Abstract**

This Ph.D. is a methodological approach to the study of certain types of microfossils such as phytoliths and microalgae in archaeological materials and soil of the Canary Islands. Using a series of theoretical and methodological approaches, it describes the experience gained by analyzing different types plants of archaeobotanical and paleoenvironmental interest to know their potential in biomineral production as well as in those materials where they can be stay such as Archaeological soils and sediments. Taking Aim, at archaeological, pedological and paleoenvironmental level, of the specific cases of the Las Cañadas del Teide (Tenerife) and the archaeological site of La Cerera (Aruca, Gran Canaria), the study of sediments and microfossil records, allow us to know their main features and offer some comments on the presence and significance of plants in aboriginal times. In order to do so, materials such as sediments, plants and soils from certain natural environments were also analyzed and, when taken as reference, they allowed us to identify, classify and interpret the microscopic characteristics of the sites listed. The results have shown that in the materials taken as problem-questions and in those of contextual interest there are microfossils records with specific features which allow us to approach the study of plants in archaeological and pedological contexts in order to expand our knowledge of them.

### **Estructura del trabajo.**

El trabajo consta de una primera parte, donde se han desarrollado, a modo de **Introducción y planteamientos previos**, las motivaciones generales de la investigación, la cual constituiría el **Capítulo 1**, que va seguido de la esquematización de los objetivos del trabajo.

El **Capítulo 2** contiene primeramente algunos de los aspectos que han guiado la aproximación al contexto medioambiental de actuación, haciendo hincapié en Las Cañadas del Teide pero mostrando los grupos vegetales que han sido estudiados con mayor profundidad, dada su relación con aspectos paleoambientales y arqueobotánicos. En la segunda parte se exponen los materiales que conforman el *conjunto muestral* de la Tesis, con algunas de sus características y sobre todo indicando la justificación de su estudio en relación con el aspecto metodológico y explicativo de la misma.

En el **Capítulo 3** se exponen algunos pormenores de los Elementos de Intervención Microscópica que han funcionado como elementos empíricos, en la obtención de datos cualitativos y cuantitativos sobre determinados grupos vegetales. Aquí se incluyen aspectos básicos sobre fitolitos, gránulos de almidón, microalgas y espículas de esponjas.

El **Capítulo 4** contiene los Métodos y Prácticas Analíticas empleados para el tratamiento y observación microscópica de las muestras, profundizando en algunas de las problemáticas y cuestiones que han debido solucionarse para la obtención de muestras acordes a los requisitos de calidad (cualitativa y cuantitativa) que nos habíamos propuesto alcanzar.

Desde el **Capítulo 5** se abordan los Resultados de esta Tesis, dispuestos en cinco subcapítulos (I-V). En el primero de ellos (I) se muestran algunos de los resultados con las muestras patrones, así como los trabajos experimentales para enlazar criterios microscópicos de referencia con arqueológicos (Arqueología de los Alimentos). Pasando a mostrar ejemplos de análisis de microfósiles en suelos, con el estudio de aquellos donde existen ejemplares de palmera canaria (*Phoenix canariensis*) y la repercusión microarqueológica del mismo, con su identificación en contextos arqueológicos históricos de Las Cañadas del Teide.

El **subcapítulo Resultados 5-II**, se centra casi exclusivamente en el estudio de muestras del yacimiento grancañario de La Cerera (Arucas), mostrando algunas de las características de los sedimentos analizados y de su registro microfósil. La información aportada por éste último, nos ha permitido enlazar con el estudio de los fitolitos de células buliformes cuneiformes también en otros contextos arqueológicos de la isla de Gran Canaria (El Llanillo), y a su vez configurar un final de subcapítulo donde se abordan las posibilidades morfométricas y estadísticas del estudio de este tipo concreto de fitolitos.

En el **subcapítulo 5-III** nos centramos en el análisis de materiales de Las Cañadas del Teide, no sólo como forma de contextualizar los de tipo microarqueológico en la zona, sino para evaluar nuevas fuentes de información, caso de los registros de microalgas y algunos aspectos sobre los suelos y sedimentos de la misma. Se aborda aquí el trabajo con materiales provenientes de suelos (Llano de Ucanca, Chafarí y otros) y sedimentos de

zonas húmedas, práctica formativa indispensable para el conocimiento del medio microscópico de intervención.

El **subcapítulo 5-IV** aborda el estudio parcial de sedimentos y registros microscópicos de la estructura de combustión del yacimiento Chafarí Norte 3 (CH-N3), mostrando algunas de las particularidades que han sido observadas mediante su tratamiento y observación. Dada las posibilidades explicativas de este yacimiento, del cual se disponen de acotaciones temporales precisas y numerosos datos arqueológicos previos, hemos empleado su estudio parcial para concatenar nuestros resultados con el de otros materiales de Las Cañadas del Teide, como residuos de industrias cerámicas y de molturación, así como con los de tipo bioantropológico desde el análisis de residuos intestinales de una de las momias del enterramiento de La Cañada del Capricho. Y atendiendo a esa misma práctica, dado que existe una relación con las posibilidades de aplicar nuevas metodologías a la resolución de cuestiones vinculadas a la explotación vegetal de Las Cañadas del Teide en época aborígen, así como hacerlo con etapas de la prehistoria europea en contextos paleoambientales diferentes a los actuales, lo hemos enlazado con los resultados obtenidos del análisis de heces fecales de herbívoros actuales.

Finalmente el **subcapítulo 5-V** se ha configurado para mostrar una serie de resultados obtenidos desde materiales de muy dispar procedencia y naturaleza, a modo de refuerzo metodológico y claros objetivos contextuales pero siempre relacionados con el carácter evaluador de esta tesis, en este caso sobre materiales de interés arqueológico y experimental, vinculados –por sus contenidos microscópicos– a dos de los aspectos que todo estudio microfósil busca poder abordar, como son los ambientales y paleoambientales. Sin abandonar, como idea rectora, la posibilidad futura de concatenar aspectos culturales con medioambientales.

Por ello se incluyen los estudios preliminares de paleosuelos, perfiles litoestratigráficos, sedimentos de zonas húmedas, glaciares y arqueológicos de época pleistocénica que han resultado fundamentales para obtener formación específica, para además concatenar posibles inferencias sobre el conjunto global analizado. Lo cual creemos queda suficientemente ejemplificado con los resultados obtenidos en el análisis de sedimentos del Río Nilo (Aswan) y adobes de época faraónica, donde algunos elementos microscópicos que habíamos designado como paradigmas arqueobotánicos cobraron, por sí mismos, protagonismo histórico.

En el apartado de **Anexos** se incluyeron aquellos apartados configurados al final de esta tesis, demorados bien por motivos metodológicos –como en el caso de las industrias de molturación de La Cerera (**Anexos I**)– o para mostrar las localizaciones de las muestras principales analizadas, tanto en las Islas como en la Península Ibérica y resto de Europa (**Anexos II**), así como para facilitar la consulta del material gráfico contenido en los dos volúmenes mediante índices de Figuras, Gráficos y Tablas (**Anexos III**).

Capítulo 1:      Introducción, aspectos previos y objetivos.

Contenidos:

- Preámbulos de una propuesta de investigación en Prehistoria.
- De fitolitos, paisajes vegetales y preguntas arqueobotánicas.
- Pensamiento y análisis de microfósiles: un ejercicio intelectual más.
- Antecedentes teóricos y postulados de partida.
- Sobre la relación teoría-método.
- La investigación de microfósiles en arqueología: de la Microscopía Analítica al Estudio Arqueobotánico y hacia la Microarqueología.
- Aplicando el método a la Prehistoria de Canarias.
- Objetivos.



## Capítulo I: Introducción y aspectos previos.

### Preámbulos de una propuesta de investigación en Prehistoria.

Este trabajo de investigación pretende ser únicamente una aproximación, una exploración básica y de encuentro con una compleja disciplina, aquella que tiene el objetivo de recuperar, estudiar e interpretar microfósiles vegetales que, como fitolitos y microalgas silíceas, pueden permitirnos indagar en distintos aspectos y contextos de la Prehistoria. Aunque igualmente podría hacerlo con todos aquellos donde se pretenda conocer el parámetro *vegetal/vegetación* en relación con secuencias arqueológicas, edáficas y geológicas. El estudio de los microfósiles amplía las posibilidades explicativas de una disciplina desarrollada desde la Arqueobotánica. Porque aunque su fin último sea conocer e interpretar evidencias de naturaleza vegetal, en el ámbito de sociedades humanas del pasado, el hecho de basarse —nuestra propuesta— sobre evidencias empíricas muy resistentes al paso del tiempo, nos permite abordar esa significativa cuestión de la ausencia o presencia humana en un determinado lugar y tiempo. Como más adelante se expone, el concepto de la *Historia de un Lugar* que Leo Biek (1963) tan acertadamente hilvanara hace casi cincuenta años, puede ser una “idea arqueológica” completamente abordable desde la microarqueología y en concreto desde el estudio de microfósiles vegetales (Figura 1).



**Figura 1**, La *Historia de un Lugar* no siempre nos será tan amablemente sugerida, el paso del tiempo hará que ni las construcciones que la ampararon se conserven. Será el momento de la Microarqueología. J.A.

Pese a su carácter de propuesta metodológica —de potencialidades y limitaciones— su abordaje ha requerido el de numerosos entresijos

metodológicos y de interpretación, de los cuales —y en base a su amplitud— sólo se han asumido algunos de ellos, o en todo caso, muy superficialmente. Porque aunque resulte una obviedad hacerlo, debo precisar que el objetivo de tal aproximación ha sido y sigue siendo el de entender la investigación como búsqueda de respuestas, observando e intentando interpretar (desde una perspectiva diferente) el rastro de las sociedades del pasado. En este caso valorando la presencia y el significado de restos microscópicos de plantas en los contextos donde éstas se desarrollaron o depositaron.

La realización parcial de tales objetivos nos permite afirmar la idoneidad de dicha perspectiva, así como su contribución a nuestra ciencia<sup>1</sup>, aplicada en emitir y reorganizar las lecturas sobre lo que hemos sido, aportando, en este caso, un abordaje metodológico que nos permite ampliar el rango explicativo de una investigación arqueológica, tal y como ya se realiza desde hace al menos dos décadas en otros ámbitos geográficos. A dicha propuesta quisiera definirla, tras una reflexión sintética, retrospectiva, amparada en preámbulos experimentales y no pocos problemas metodológicos, como mi idea de *hacer Arqueología al microscopio*<sup>2</sup>, o bien *Microarqueología*. Aunque en este caso como una versión más restringida que la recientemente publicada por Weiner (2010), ya que la opción aquí presentada se ciñe al estudio de microfósiles vegetales y su contexto inmediato (matriz sedimentaria o edáfica).

Pero para lograr su aplicación, siempre en el plano de la aproximación arqueológica a las sociedades del pasado, el camino seguido también ha sido complejo. Ya que tras la toma de contacto con objetos empíricos, de los que apenas si conocíamos su naturaleza como entidades microscópicas y sobre su alcance explicativo real en Canarias, el intentar hilvanar planteamientos, muestreos y analíticas, aconsejó refrenar las ansias de abordar y reinterpretar

---

<sup>1</sup> Aunque en este momento entendiendo la ciencia en sentido muy amplio, porque desde un posicionamiento propio de la arqueología y la prehistoria he llegado a entender que la edafología, la botánica, la paleontología y la limnología pueden formar parte de un todo, al menos cuando se pretende analizar materiales como suelos y sedimentos que en definitiva nos permiten indagar en las facetas más antiguas de la humanidad, o de nuestras Islas.

<sup>2</sup> Lo cual no supone sino retomar el planteamiento que Leo Biek (1963) propusiera con bastantes décadas de antelación, mostrándonos su idea de una arqueología nueva, probablemente imbuida por la *Nueva Arqueología* de Binford y otros arqueólogos, pero sobre todo basada en una perspectiva que abordaba aspectos, de esa investigación, similares a los que luego Butzer (1989) retomara de forma global. La fecha de publicación de la obra de Biek (*Archaeology & The Microscope*, 1963) la sitúa en los momentos de expansión de los postulados iniciados por L. Binford, seguidos posteriormente por D. Clarke y finalmente, ya en las últimas décadas del siglo XX, por C. Renfrew (en Renfrew & Bahn, 1993). No cabe duda de que a la hora de profundizar en temas asociados a la prehistoria —que hoy conocemos como tal (porque algún día seremos prehistoria o algo similar en términos cronoculturales)— el estudio del medioambiente juega un papel fundamental, aunque hoy tengamos que neutralizar/matizar aquél énfasis que los postulados ecológico-culturales se esforzaron en estructurar y explotar al máximo.

cuestiones arqueológicas ya “tradicionales”<sup>3</sup> en las Islas, pasando entonces a entender esta Tesis como una aproximación básica, pero también como una vía de investigación complementaria que –ahora sí en plural– seguimos entendiendo como totalmente fructífera, pese al modesto grado de complejidad alcanzado en su primera aplicación en Canarias.

Como algunos de mis compañeros ya me apuntaron –tras conocer la naturaleza de la línea de investigación que pretendía seguir– comprobé pronto que sí, que había optado por una cuya complejidad iba a dilatar el abordaje interpretativo de cualquier tema de Prehistoria. Y aunque en España ya existen equipos de investigación que lo hacen incluso con poblaciones del Paleolítico medio (Albert *et al.*, 1999) e Inferior (Albert, 2006), aquí se trataba únicamente de una aproximación a trabajos similares. Pues la innovación metodológica –también en la Prehistoria de Canarias– ya estaba instalada en los ambientes investigadores, al menos desde varias décadas atrás, entendiendo por ello que mi opción era simplemente retomar (modestamente) el testigo de los que me precedieron. Y en general seguir la propia tendencia interdisciplinar que comenzara a instalarse en las arqueologías prehistóricas desde la segunda mitad del siglo XX, cuando la disciplina experimenta un despegue teórico y metodológico de excepción (Renfrew & Bahn, 1993).

Asumiendo tal postura como un quehacer de obligada cumplimentación profesional (eso de ir más allá), podíamos intentar confeccionar una aproximación metodológica a cuestiones sobre el estudio de los mundos y las gentes del pasado. Esta se materializó tomando las plantas como objeto empírico, tanto a nivel teórico como metodológico, entendiendo que se trata de organismos muy antiguos (también con respecto al género humano) con una clara participación en el ideario y vidas de personas que vivieron en este mismo planeta, en lugares que hoy habitamos como regiones, provincias, barrios y calles. Los mismos que un día estuvieron únicamente poblados por plantas que desconocemos, lugares y ambientes luego transitados, muchos siglos antes que nosotros, por los habitantes de la prehistoria. Obviamente en muchos casos, a medida que retrocediéramos en algún punto, llegaríamos a trabajar con secuencias sedimentarias y edáficas donde los humanos aun no estábamos presentes. Porque al fin y al cabo somos una mínima parte de esos abismales 4.600 Ma<sup>4</sup> que tiene la Tierra (Figura 2).

Y sobre todo era complejo realizar una Tesis doctoral empleando técnicas que nos son inicialmente ajenas a los investigadores de Humanidades, aunque afortunadamente dejan gradualmente de serlo. Sin embargo, las técnicas se aprenden, las metodologías se desarrollan e incluso se ajustan (siguiendo la

---

<sup>3</sup> En concreto aspectos como las secuencias de poblamiento inicial, las relacionadas con la explotación de los recursos naturales o incluso las características paleoambientales de Canarias durante tales secuencias.

<sup>4</sup> Edad aproximada de las rocas sedimentarias más antiguas. Como se sabe desde ahí los primeros organismos aún tardarán unos 1.000 millones de años en desarrollarse, punto donde arranca su propio proceso de evolución. Aún habrá que esperar más de 3.000 Ma para que los australopitecinos comiencen gradualmente a desarrollarse en África oriental, y alguno más para que los antropólogos definan la aparición del género *Homo*, entre 2,5-1,8 Ma BP para *H. rudolfensis* y 2,1-1,5 H. habilis (González-José & Escapa, 2010).

sabiduría concentrada en *mutatis mutandis*<sup>5</sup>), logrando finalmente analizar una muestra tras otra, obteniendo de ellas información, aun a pesar de que nuestros métodos no sean los más avanzados. Y la fase posterior, la interpretativa, traerá lecturas –más o menos complejas– que renuevan, o lo pretenden, el discurso histórico. En este caso intentando hacerlo desde una perspectiva totalmente interdisciplinar pero de eminente base arqueológica. Otra cuestión es mantener un equilibrio entre lo que se quiere explicar y los medios de los que se dispone, algo que sin embargo aun queda lejos de la dificultad –dura, real, omnipresente– de incorporar las tareas realizadas (analíticas e interpretativas) al conocimiento existente, y sobre todo lograr su inserción en equipos de trabajo que se beneficien o requieran de los mecanismos de investigación puestos en marcha.



**Figura 2**, Rasa marina sobre la Formación Tereñes (Asturias), que presenta estratos con icnitas del Jurásico bajo un nivel de margas grises/limos fuertemente carbonatados, que pudieron formar parte de un *lagoon* interior, los mismos que van siendo “tragados” por el mar. Se trata sin dudas de las muestras más antiguas analizadas en esta Tesis doctoral.

### Configurando una aproximación al pasado vegetal de Canarias.

Para llegar a presentar lecturas como las enunciadas, relacionadas todas con sociedades inmersas en un tiempo no-conocido y un espacio no-reconstruido totalmente, había que detenerse primeramente ante elementos de la naturaleza actual, obteniendo de ella aspectos que permitieran vislumbrarla en el pasado. En algunos casos se trataba de los mismos espacios que sirvieron de escenarios para historias reales, con protagonistas humanos que en su cotidiano devenir los convirtieron en algo suyo, en territorios de ocupación y explotación (Arnay, 2000). De este modo, como primera tarea que definiera los siguientes pasos de la investigación, hubo que visitar –y casi también vivir– en los heterogéneos contextos naturales de Canarias, como bosques de laurisilva,

<sup>5</sup> Como se sabe locución latina que significa “cambiando lo que se deba cambiar” y que es aplicada especialmente en el plano de los protocolos de investigación.

tabaibales de costa, pinares y cañadas, volcanes y coladas de alta montaña. Ahora observados desde una perspectiva distinta, con la constante idea de que esos espacios han podido mutar sus características en el tiempo, siendo quizás muy diferentes a lo largo de la Prehistoria de las Islas, ¿o no tanto?.

Desde luego que en términos de presencia humana, los cambios son innegables y en muchos casos, como ocurre en Las Cañadas del Teide, un paisaje únicamente habitado en la actualidad por escasos grupos de personas de profesión especializada<sup>6</sup> pero donde hubo, hace siglos, familias enteras interactuando con el entorno<sup>7</sup> y donde “lo geológico” quizá no ha cambiado tanto, pero “lo vegetal” y especialmente “lo socioeconómico” sí que lo han hecho. Y he ahí uno de los objetivos de esta investigación, que sólo el tiempo y no sólo esta Tesis dirá si se ha conseguido, el de establecer una diferenciación —de compleja escenificación imaginativa— entre un espacio natural (no antropizado) y otro por donde, en un determinado momento, comenzarán a transitar personas, con ganados o sin ellos, en procesos y secuencias que vuelven a las Islas en islas habitadas.

En esos lugares de nuestra privilegiada y muchas veces denostada geografía insular, que hasta ahora habíamos estudiado bajo la única perspectiva de la evidencia arqueológica, nos centramos en analizar su medio ambiente y entre la amplia gama de elementos y mecanismos que lo constituyen, seleccionamos ahora la “opción vegetal”. La perspectiva bajo la que comenzamos a estudiar el paisaje de Canarias fue desde entonces totalmente interdisciplinar, porque el estudio de la complejidad de la naturaleza —como la de los comportamientos de individuos y sociedades humanas— requiere de múltiples enfoques, sobre todo si se quiere despejarla variando el plano de observación. Dicha perspectiva, aunque nada nueva<sup>8</sup> pero sí basada en un insistente compás interior, pretende simple y llanamente observar las comunidades humanas (pasadas y actuales) en su entorno, buscando detectar las diferentes evidencias microscópicas fruto de la interacción entre ambos<sup>9</sup>. Por ello no las aislamos

---

<sup>6</sup> Desde la observación de aquellos profesionales —camareros, guardas, científicos— que por obligación pernoctaban en las dependencias del Parador, de los bares del Portillo, del Teleférico, a los que casi envidiábamos por pasar muchos días en Las Cañadas. Y que luego hicimos realidad, al menos como deportistas de fin de semana, por muchos años.

<sup>7</sup> Hago referencia aquí a la idea compartida con Pablo Castilla desde adolescentes, cuando nos preguntamos muchas veces, desde distintos lugares de Las Cañadas del Teide, cómo serían realmente los guanches en aquel entorno, en aquellos veranos de hace siglos, cuando las largas y soleadas tardes sin viento hacían florecer y restallar a las retamas. Cómo serían sus movimientos, sus ropas y costumbres en aquellos lugares que ahora habitábamos unas semanas al año.

<sup>8</sup> Como ejemplo puede citarse la obra de K. Butzer *Arqueología: una ecología del hombre* (1989), claro precedente de un estudio similar.

<sup>9</sup> Entendiendo que de dicha relación pueden extraerse conclusiones sobre varios aspectos, como la flora de un lugar/es y sobre todo el uso que se ha hecho de ella. Posteriores interpretaciones podrán tomar los datos emanados de ambos aspectos para profundizar en temas como las estrategias de subsistencia, e incluso la organización interna de la sociedad a la que pertenecieron los individuos que protagonizaron dicha interacción. Pese a que esa faceta de la investigación no sea asumida aquí como un objetivo principal, no puede pedírsele a un investigador

completamente del sustrato que las contiene, sino que incorporamos éste al estudio global, de la forma más conjunta posible, siguiendo la idea de que en su íntima unión (más o menos larga a escala temporal) existe valiosa información sobre organismos y sustratos vivos (vegetación y suelos) que, por milenios se desarrollaron sin la presencia y actividades antrópicas. Y que luego mutaran sus características, cuando éstas se hagan gradual y rotundamente efectivas.

### **Microfósiles, sociedades del pasado y paisajes vegetales.**

El contexto ambiental y las poblaciones humanas que los ocupan, modificando en tiempo y espacio sus características, son entendidos aquí como sujetos dinámicos, que experimentan cambios por causas externas (naturales) e internas (propias de la estructuración social), resultando en parte de las propias actividades de dichas comunidades. Desde ese dinamismo temporal y espacial parte la idea de analizar materiales naturales (suelos y sedimentos) y arqueológicos, todos susceptibles de contener evidencias microscópicas de antiguas plantas, insertas o no en secuencias de actividad antrópica y de los posibles cambios en la relación comunidad humana-medio, e incluso en las causas de tales cambios.

En dicho talante interdisciplinar, que M. Bloch (1992) entendía como tan propio de la disciplina arqueológica, prevalece una perspectiva dinámica de la sociedad humana y su entorno que podría enmarcarse hoy en los preceptos de esa nueva disciplina que es la Biogeografía. Una afortunada síntesis, entre la Biología y La Geografía que asume la estrecha relación existente entre ambas disciplinas (Arozena *et al.* 2003), mostrándonos como el paisaje habitado también sigue normas, pautas y procesos que involucran a las sociedades y su entorno, en amalgamas históricas cuyos pormenores pueden ser reconstruidos emitiendo nuevos mensajes, si lo que se busca es sobre todo reestructurar los códigos de comunicación (Eco, 1992).

Quizá sea dicha tendencia la que ejemplifica y confirma la idoneidad del mestizaje también para la ciencia, y donde la Arqueología quizás guarda —al contrario que disciplinas menos dadas a la interdisciplinariedad— la clave para lograr un conocimiento más sincrético, más naturalmente humano. La Biogeografía es también una de tales disciplinas, ya que busca ordenar los rastros dejados en un medioambiente poblado, transitado y explotado, donde los cambios son ciertos, tanto a escala natural como humana. Alcanzando un lugar desde donde se nos permite analizar parámetros biológicos y sociales entrecruzándose en tiempo y espacio.

La aportación arqueológica y edáfica a tales conceptos biogeográficos consiste en dar una perspectiva más compleja en términos de profundización cronológica, como también por la verificación empírica sobre los materiales analizados. Y una vez ahí situados puede permitirnos abordar aspectos edáficos, arqueológicos y biológicos con los que ofrecer una perspectiva más integral de las actividades antrópicas en el medio natural, el mismo que pasa a ser un medio intervenido, antropizado (Afonso *et al.*, 2010; Panareda *et al.* 2011).

---

profundamente interesado por “los temas de la prehistoria” que no intente derivar cada expresión metodológica hacia esa concreta vertiente temática.

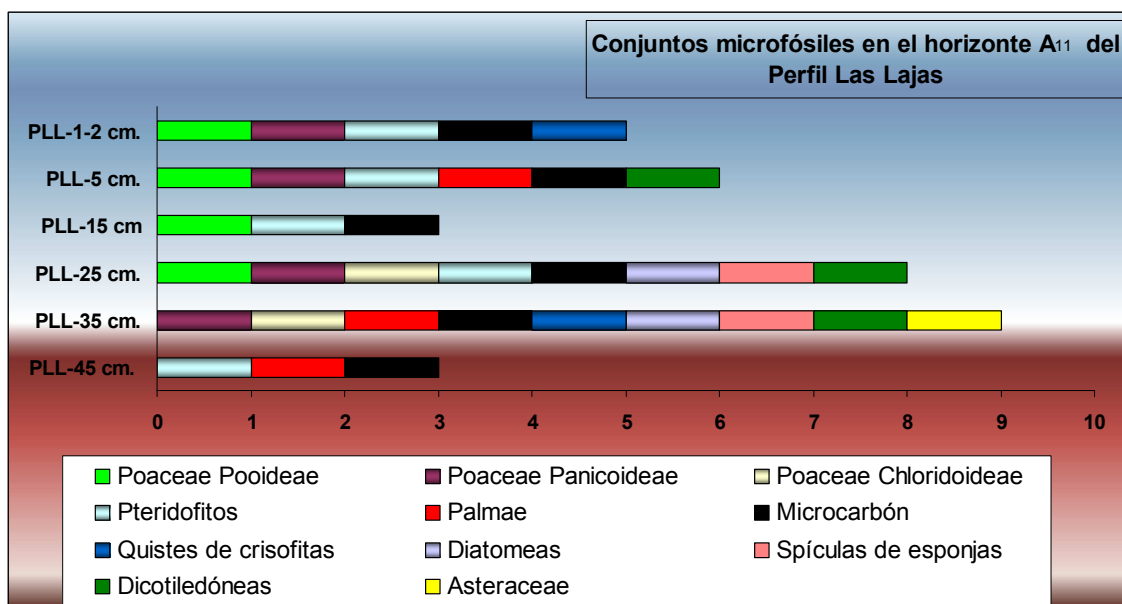
Con el estudio integral del bosque de laurisilva canaria, en concreto el enclavado en la Península de Anaga, en Tenerife, hemos comprobado la fructífera realidad de un trabajo interdisciplinar. Como la de aquel donde se generan preguntas mucho más complejas, al provenir de la observación conjunta de parámetros suministrados por la biogeografía, la microarqueología y la edafología. Los *análisis de microfósiles*<sup>10</sup> entendidos como un intento de aproximación a la manifiesta complejidad existente entre suelos, vegetación y actividades humanas, fueron aplicados de forma preliminar en ese contexto, aportando indicios de cambios sistémicos en el tiempo. Un contexto que pocas veces supusimos climáxico y siempre como propio de un ente dinámico cambiante a escala temporal. En este caso también profundamente relacionado con las gentes de la Isla, con su devenir cotidiano, sujeto a normas de explotación íntimamente ligadas a los procesos económico-sociales de la Historia de Tenerife (Gráfico 1).

Efectivamente, cuando abordamos ese singular medio vegetal, a través del estudio microscópico de sus suelos, nos encontramos con la sorpresa de una diversidad microfósil que corroboraba no sólo la hipótesis de estar actualmente ante un bosque joven, sino que su “juventud” obedecía al resultado de intensas actividades antrópicas en su seno. Las mismas que habrían provocado cambios sustanciales en la masa forestal para producir carbón, en algunos casos también aprovechando la fertilidad de sus suelos para implantar cultivos.

En definitiva existe aquí –en el autor y su trabajo– una clara inquietud por detectar la dinámica de gentes y ambientes en el pasado. Entendiendo –como bien afirmara Butzer (1965)– que en un estudio arqueológico debe descartarse la idea de contextos paisajísticos estables y similares a los actuales, ya que ello supondría elaborar lecturas sobre diagnósticos erróneos. Creemos que solamente analizando en profundidad cada contexto (natural y antropizado), con un grado de definición que permita detectar las características reales de un determinado medioambiente, pueden observarse las transformaciones naturales y antrópicas que también acontecieron durante el Holoceno, siendo su definición la base para afirmar, negar o confirmar que las transformaciones existieron, y en qué medida éstas están vinculadas a las actividades humanas.

---

<sup>10</sup> Quizás convenga, desde estas primeras líneas, adelantar ciertos conceptos, que posteriormente serán ampliamente abordados (Capítulo III: Elementos Microscópicos de Intervención) como los que agrupamos dentro de los que denominamos como microfósiles vegetales, que en nuestro caso no son todos los que pueden clasificarse como tales. Mientras que los fitolitos son biomineralizaciones producidas en el interior y exterior de plantas terrestres, en su mayoría superiores, las microalgas únicamente poseen una cubierta (valvas en las diatomeas y quistes de resistencia en las crisófitas) que es la parte biomineral que se conserva en el tiempo. Con esa misma base silíceo (SiO<sub>2</sub>) las espículas de esponjas son otro tipo de organismo (en este caso animal) acuático que se consideran como microfósil en un análisis conjunto. Por su parte los gránulos de almidón son partículas semicristalinas que funcionan como sustancias de reserva en numerosas plantas y las esferulitas de fauna herbívora son partículas microscópicas (de CaCO<sub>3</sub>) que desarrollan este tipo de fauna para facilitar la digestión de vegetales.



**Gráfico 1,** Grupos vegetales representados por el estudio preliminar de los conjuntos de fitolitos y microalgas en el Horizonte A del Perfil Las Lajas (Anaga, Tenerife). Las variaciones por profundidades indican la presencia de grupos vegetales que, como algunas especies de pteridofitos y gramíneas, parecen indicar la apertura —por causas antrópicas— del dosel arbóreo, considerado tradicionalmente como climácico. Particular que orientamos hacia prácticas de carboneo histórico sobre la vegetación propia de Monteverde, entre otras cosas atestiguado por la presencia de microcarbón en toda la secuencia estratigráfica analizada—. J.A.

Y aquí, tomándome la licencia de interpretar tendencias metodológicas y disciplinares, lo hago refiriéndome a esa especial disciplina que es la Arqueología del Paisaje y su posible relación con la Biogeografía, aunque introduciendo en ésta última tareas e inferencias arqueológicas. Pero sobre todo prestando especial atención a la conjunción de datos espaciales con los registros comunes de un yacimiento prehistórico (dígase lítico, óseo, etc.). En dicho ejercicio persiste especialmente la idea de *lo interdisciplinar*, siempre como método integrador, generador de respuestas complejas a cuestiones arqueológicas, biogeográficas pero —históricas en definitiva— sobre un proceso dado.

Y en segundo lugar prevalece el interés por el contexto que puede servir de enlace entre ambas disciplinas: el ambiente natural de un lugar. En concreto el ambiente vegetal, porque éste se consolida —desde hace miles de años— como uno de los nexos entre la potencialidad del medio y los requerimientos antrópicos. De modo que la vegetación y su explotación pueden dejar huellas inequívocas de tal relación, una modificando su representatividad, su aspecto, otra presentando evidencias de haber estado en contacto (residuos) con la primera. Es así como el análisis de microfósiles vegetales funciona como aproximación al estudio de materiales arqueológicos, que en unos casos representan la explotación de un medio vegetal introducido, como ocurre con los cereales en las culturas aborígenes de Gran Canaria (Figura 3) y en otros la



supervivencia, en contextos de alta montaña de Tenerife, para la explotación de sus recursos naturales (Figura 4).

En resumen, creo ver el mismo fin explicativo, divulgativo y sobre todo científico en los pasos dados para el estudio integral de las sociedades humanas, de sus protagonistas, en el medioambiente y en el tiempo. Y además que tal conjunción puede ejemplificarse al asumir el abordaje de las secuencias de ambos conceptos, en épocas y periodos tan distantes –desde este “nuestro” siglo XXI– como es el final del Mioceno y del Terciario.



**Figura 3** (Izqda.), Fragmento de molino perteneciente a La Cerera (Fondos del Museo Canario, Las Palmas de Gran Canaria). **Figura 4** (Drcha.), Pieza cerámica de Las Cañadas del Teide (Fondos del Museo Arqueológico del Puerto de La Cruz, Tenerife). Ambos muestreados para la realización de análisis de microfósiles en residuos. J.A.

Quizás porque la distancia y la “naturalidad” actual de lugares como la Garganta de Olduvai dificultan la percepción de aquellas primeras comunidades humanas, moviéndose y subsistiendo en un paisaje hoy árido, casi desértico y desprovisto de los elementos que nuestra percepción civilizada consideraría como “habitables”, al menos sin los más avanzados pertrechos técnicos actuales<sup>11</sup>. Sin embargo, son de esos lugares arqueológicos cuyo estudio requiere, y aun permite aplicar, una perspectiva más interdisciplinar. Y es que en sitios tan emblemáticos para la arqueología como *Olduvai Gorge*, Peninj, Olorgesailie o Koobi Fora, la percepción biogeográfica y del paisaje es la que parece ser especialmente reveladora, rica en elementos y planteamientos encriptados por el tiempo, solamente abordables desde posiciones multidimensionales. Por ello me tomo la licencia de paralelizar aquí los objetivos de biogeógrafos y arqueólogos del paisaje, porque en definitiva es ahora cuando ambos investigadores pueden aunar esfuerzos conjuntos en lo que sigue siendo *aprehender al hombre*, como bien nos marcaba M. Bloch (1992) o bien su rastro en el medio ambiente, por él modificado. Y es así como percibo la labor de ambos investigadores en el estudio de esas secuencias tan antiguas. Me ha parecido buen ejemplo de tal percepción la existente en los

<sup>11</sup> Y que sin embargo son de los lugares que mayor secuencia antrópica presentan en el tiempo.

trabajos centrados en el estudio de lugares como los mencionados en África oriental, que buscaban abordar el estudio del tipo de yacimiento dejado por los primeros representantes del género *Homo* (Domínguez-Rodrigo, 1996; Domínguez-Rodrigo *et al.* 2001; entre otros).

En ese tipo de investigación, comenzada en la década de 1960 por G. Isaac y R. Leakey y mantenida con algunos lapsus hasta la actualidad (Diez *et al.*, 2010), ha modificado significativamente el objetivo de las campañas de excavación, aunque siempre considerando el conocimiento adquirido. Lo cual ha sido posible con la ampliación metodológica de las propuestas de Domínguez-Rodrigo acerca de tratar con mayor extensión los aspectos básicos de la conducta humana, de entonces, desde la formación de asentamientos de tipo “lugar referencial” y el tipo de captación de recursos animales. No cabe duda de que la aproximación, al tipo de asentamiento dejado por aquellas comunidades humanas, basada en la estimación del tipo de medioambiente contextual a sus actividades es totalmente fructífera, al introducir el conocimiento sobre paisaje, comenzando por el componente geológico (Hay, 1976) hasta asumir el del espacio transitado en general u puntualmente ocupado con cierta “intensidad antrópica”. Todo ello como parte del estudio de evidencias arqueológicas convencionales, como podrían ser las industrias líticas que dieron pie al de la secuencia evolutiva de los primeros integrantes del género *Homo* sp., e incluso al estudio de las poblaciones australopitecinas (Isaac, 1965).

Los planteamientos con los que se abordan la continuación de los trabajos arqueológicos en la zona (Diez *et al.*, 2010) consolidan las distintas perspectivas con las que se asumieron los trabajos sobre el achelense en la zona de Peninj desde los años 60'. Especialmente cuando no sólo contempla los propios procesos formativos del yacimiento ES2-Lepolesi (Escarpe Sur 2) implicando varias disciplinas como la Micromorfología, la Palinología y el Análisis de Fitólitos, sino asumiendo que éstas mismas pueden colaborar –aplicadas en mayor extensión– al conocimiento del contexto natural que sin duda fue parte inexcusable del achelense en la región.

Obviamente tal perspectiva también es válida para un estudio bioarqueológico en general y paleobotánico en particular, porque el componente vegetal está en el planeta –y cada ecosistema– mucho antes que nosotros. Pero es también arqueobotánico por ser nuestro objetivo final: la confluencia del estudio de las plantas con el de contextos humanos del pasado. Pese a que no pretendamos realizar inicialmente un estudio paleoecológico, lo cierto es que la ecología impregna también el paisaje humanizado del pasado, dejando de ser gradualmente no-antrópico, no-humanizado, a medida que profundizamos milenios atrás. Y si en esos espacios ignotos, de nuestra prehistoria más antigua, aquellos situados por debajo de 2 Ma, cuando el paisaje aun prevalecía sobre “lo primate” o “lo homínido”, la arqueología llevada por qué no de la mano de la biogeografía, bien puede bucear en las aguas profundas de esas secuencias plio-pleistocénicas, donde todo comenzó a cambiar definitivamente, ya que al menos desde una perspectiva homocéntrica sí lo hizo.

Era aquél el comienzo del mundo poblado, humanamente hablando claro está. Desde la perspectiva interdisciplinar que intento esbozar, solamente

como imagen de lo que es para mi un estudio científico basado en la conjunción de la Arqueología (como representante de otras ciencias sociales, especialmente la biogeografía) y la Biología, la percepción de los ecosistemas no puede ser menos importante que la de las comunidades humanas y sus historias, en comunidad e individual. En todo caso, desde la atalaya o valle desde donde se intenta percibir el medio ambiente de Canarias en el pasado, la arqueología puede –como se ha propuesto desde la Ecología en Canarias (Fernández-Palacios & De los Santos, 1996)– aplicarse al conocimiento integral de las Islas, asumiendo el estudio de actividades humanas desarrollándose en una realidad ambiental de la que desconocemos casi todo sobre su pasado. Salvo que éste ha sido muchas veces convulsivo, tanto a nivel natural (con predominio del componente constructivo-destructivo de los volcanes) como social (con un álgido de cambio de estructuras en época moderna) que ha consolidado, con luces y sombras, el panorama ecológico, social y cultural del siglo XXI.

Con todo ello puede resumirse –la perspectiva compleja que se ha aplicado al estudio de materiales arqueológicos de esta Tesis– que el estudio de las secuencias prehistóricas de las Islas no es separado del devenir natural de las mismas, cuyo convulso y estático comportamiento en el tiempo puede analizarse como parte de un todo: mujeres/hombres en las Islas. Lo cual, dando cabida a otras percepciones, únicamente sería posible desde esa perspectiva integradora de conocimientos científicos que propugnaron Fernández-Palacios y de los Santos (1996) desde la Ecología. Y sobre todo buscando siempre la obtención del mayor número de datos para ofrecer respuestas más firmes y elaboradas, dignas de preguntas como ¿qué éramos los canarios cuando hicimos nuestras estas Islas?, ¿Quiénes éramos entonces y cómo llegamos a ser lo que somos?. Naturaleza y humanos: relación o disociación que sometidos a estudio revelan algunas de las claves de nuestro devenir, pasado, presente y futuro, pese a que –como ya se ha expresado de acertada forma– su abordaje no tenga todas las respuestas sino, haciendo honor a su naturaleza, una más sobre la compleja historia humana.

Por ello, entendiendo que esa fundamental etapa de la humanidad tiene una secuencia mucho más larga en contextos continentales (la naturaleza canaria tiene millones de años pero nuestra historia sólo 2.500<sup>12</sup>), se buscó percibir las claves de la misma en ambientes diferentes a los de las Islas, como los de bosques caducifolios, ríos, marismas, lagunas, valles y glaciares de montaña que ya nos eran conocidos anteriormente. Ante ellos fue fundamental el detenerse y reflexionar, aunque luego no perdimos la oportunidad de muestrear aquellos materiales que podrían ayudarnos a conocer sus características y algunos pormenores de su realidad, en términos de naturaleza y presencia antrópica.

### **Las preguntas y la aplicación de los fitolitos al pasado de Canarias.**

Efectivamente una primera labor –junto con la más pragmática de la toma de muestras– fue sentarnos ante el paisaje y confeccionar en el aire, para

---

<sup>12</sup> Las dataciones absolutas disponibles, referentes al periodo prehistórico, o protohistórico, de Canarias pueden seguirse de forma amplia en varias publicaciones, como en Hernández y Galván (2008), González *et al.* (1995), entre otros.

inmediatamente reflejarlas en el cuaderno de notas, hipótesis sobre cuestiones de la Prehistoria. Fueron preguntas ya planteadas muchas veces como ¿qué vegetación había en realidad en Las Cañadas del Teide cuando llegaron los guanches?, ¿qué explotaron primero y porqué?, ¿eran los cereales y las leguminosas los únicos vegetales explotados por los canarios en la prehistoria de Gran Canaria? o ¿cómo era la vegetación en Tenerife por entonces, igual o diferente que la actual?, ¿qué tiempo les costó llegar a Las Cañadas y hacerlas suyas?.

Abordar tales respuestas, o intentarlo, suponía encarar procesos fundamentales en los objetivos de un estudio arqueológico, también del microarqueológico. Porque a nivel histórico y prehistórico algunos de tales procesos —que también será nuestra tarea jerarquizarlos— serán fundamentales en la estructura económico-social de los aborígenes tinerfeños. Entrar en tales cuestiones, en muchos casos ya abordadas suficientemente en investigaciones y tesis doctorales precedentes no era complejo, ya que era posible hacerlo incluso realizando nuevas lecturas sobre todo lo escrito con base arqueológica y paleoambiental. Pero hacerlo desde una nueva metodología, como la de los fitolitos, microalgas y su contexto inmediato requería conocerlos previamente en su origen vegetal. Paso previo y fundamental para intentar detectarlos en materiales arqueológicos y biológicos asociados a los procesos sobre los que formulábamos dichas preguntas (**Figura 5**).

Por ello había que sentarse —pero también moverse en un laboratorio— y averiguar algunas de las características básicas de los sujetos empíricos destinados a resolver aquellas cuestiones, como los que atañen a su formación, depósito y posible alteración natural. De este modo ya eran dos tareas las que abordar: conocer los fitolitos y luego aplicarlos —si el tiempo daba para ello— en utilizarlos como herramienta de aproximación a dichas cuestiones. Pero sí, antes como incluso ahora, convenía refrenar las ansias por ofrecer nuevas lecturas a problemas arqueológicos que pueden considerarse tradicionales en la investigación en Canarias. Sin olvidar que para ofrecer posibles soluciones arqueológicas, a cuestiones ya abordadas por varias generaciones de investigadores empeñados en la misma tarea, era necesario interrogar a los protagonistas biológicos y empíricos de la escena, que no son otros que los que aun conforman (con algo de suerte) el medio vegetal original de una zona.

De este modo se comenzó recolectando planta por planta, aprovechando para averiguar cómo se llamaban, a qué familias botánicas pertenecían y qué criterios ecológicos básicos presentaban<sup>13</sup>. Tareas que aunque tenían un claro objetivo experimental buscaban averiguar cómo podrían ayudarnos, sus contenidos biominerales, en la resolución de cuestiones asociadas a la Prehistoria, su evolución en tiempo y espacio zonales, su captación humana, su explotación, su repercusión económica, social e incluso individual.

---

<sup>13</sup> Las labores de recolección, guiadas por el Dr. A. Santos (Jardín Botánico de Aclimatación de La Orotava), permitieron la toma de contacto con plantas y paisajes vegetales, las primeras destinadas a servir como muestras experimentales, los segundos mostrándonos el ambiente de cada una de ellas, facilitando la percepción de las condiciones donde se desarrollan y la posibilidad de aprender a reconocerlas *in situ*. En lo que se constituyó como toda una suerte de iniciación y aprendizaje a la botánica y etnobotánica.

Obviamente, como ocurre en otros trabajos de investigación, esos primeros pasos no fueron ni inocentes ni espontáneos, al menos no desde una perspectiva académica, porque respondían a una búsqueda pragmática y convencida de aplicar el esfuerzo investigador en aquellas secuencias más antiguas de la Humanidad. Ciertamente creo que comparto una motivación por la Prehistoria que nunca será desterrada de mi interior.



**Figura 5.** Vista panorámica parcial de los dos grandes circos que forman Las Cañadas del Teide. Una extensión geológica, biológica y arqueológica que guarda buena parte de la Prehistoria de Tenerife. No sabemos desde cuando, pero fue un territorio que perteneció a los primeros pobladores de la Isla: los guanches. J.A.

Y debo ser igualmente sincero en afirmar que en mi caso se llevó a cabo —ya sin más entresijos— tras consultar, unas veces compulsiva y otras obligadamente, esa obra de referencia que ha sido por muchos años *Arqueología, Teoría, Métodos y Práctica* de Renfrew & Bahn (1993). En ese verdadero mundo de posibilidades teóricas, metodológicas y cronológicas que esbozaron los autores también se hallaba la clave empírica para comenzar a trabajar, para hacer *Arqueología al microscopio*. Bajo la descripción de los pasos seguidos en el estudio del polen, la palabra *fitolitos* (1993:221). Para la arqueología de entonces éstos no eran sino otro tipo de evidencias de origen vegetal, aun por explorar y explotar suficientemente pero susceptibles de ser empleados en la compleja tarea de aproximación a determinados aspectos paleoambientales, proporcionando información sobre la vegetación y el uso del suelo. Entonces la percepción de Renfrew & Bahn de que el análisis polínico predominaba sobre el de los fitolitos, no colaboró en desestimar la elección, todo lo más la espoleó, porque en esos momentos era la clave que marcaba el comienzo, ese punto concreto del horizonte hacia dónde había que encaminar los conocimientos adquiridos y los esfuerzos venideros.

Ciertamente fue aquella una clave o un presagio esperanzado, aunque un tanto lejanos por su escasa implantación en España, pero que merecía toda la atención posible, sobre todo si con ello se lograba su aplicación —al menos en forma de evaluación preliminar— a contextos prehistóricos de Canarias en particular y de prehistoria en general. Todos parecían, entonces como ahora, ser portadores de aspectos propios, originales, aunque mutados por tiempos y gentes, de mundos extintos o no tanto, de un pasado que conocemos sólo parcialmente, y que sin embargo se conforman como realidades muy antiguas que aun debemos descubrir y sobre todo reinterpretar. Los materiales para

hacerlo no eran escasos: plantas, suelos y sedimentos en abundancia, pero ¿en cual de ellos buscar fitolitos? y sobre todo ¿por dónde empezar?. Sí, la respuesta estaba al menos inicialmente en las plantas, como organismos que colonizaron el medio terrestre mucho antes que nosotros y donde sin duda –y esto sí que ya es un planteamiento ideológico personal– están y estarán en las claves de nuestro desarrollo, más o menos consecuente. Ya que si la naturaleza vegetal y las sociedades humanas actúan como dos parámetros profusamente interrelacionados, decodificar su modo de explotación (usos y abusos) puede suponer despejar la incógnita de nuestra conducta en tiempo y espacio. Siendo siempre el reflejo de lo que somos y menos de lo que decimos ser.

Del mismo modo –porque como las montañas *también están ahí*– los suelos donde se desarrollaban plantas de muy diversa naturaleza y ambientes, eran (son) fundamentales en un estudio basado en preguntas como las de nuestros planteamientos previos, ya que estos materiales reciben –junto con diversos tipos de sedimentos– el último tributo de los organismos biológicos, tras cumplir éstos con su ciclo vital, ya sea de forma espontánea, fruto de su papel en la cadena trófica<sup>14</sup> o por intervención humana (**Figura 6**). Paradójicamente, y quizás por ello lleno de connotaciones metafísicas, los suelos y sedimentos que antes aportaron–a esas mismas plantas– todo lo necesario para su desarrollo, son los que guardarán el recuerdo material de lo que fue un complejo mundo vegetal. Aunque también animal –como bien nos ilustró J. Chaline (1982)– en contextos ambientales muy diferentes a los nuestros.

A partir de aquí, los posibles hechos reflejados en sujetos empíricos como los microfósiles vegetales, nos posicionan en un concreto punto de partida y de forma teórica nos guían, mediante diferentes procesos metodológicos, a la reconstrucción de un mundo, de unas circunstancias no-actuales. Siempre entendiendo que el mundo y su gente ha cambiado continuamente, pese a que desde un punto de vista etológico y social sigan existiendo los mismos conflictos y *patologías sociales* que afectan desde antiguo<sup>15</sup> a la humanidad. Al menos desde que ésta fue dejando gradualmente de ser cazadora-recolectora, en su gran mayoría<sup>16</sup>, y pasó a convertirse –amparada por recursos más o menos fijos en el espacio– en productora y sedentaria.

---

<sup>14</sup> En función de si es o no depredada por animales.

<sup>15</sup> Mutando sus formas pero no sus causas y consecuencias, siempre al compás del ámbito cultural del momento, por ello podemos situar tales aspectos en aquel en que comenzó a haber varios individuos de una misma especie.

<sup>16</sup> Sin pretender aquí contemplar a las sociedades pre-productivas bajo una perspectiva bucólica e idealizada, más bien todo lo contrario, pero entendiendo que en el modelo económico productivo se gesta la base de las sociedades que modifican en esencia la estructuración social, dando comienzo a aspectos como los esquemas redistributivos y las desigualdades sociales, o en todo caso comportamientos netamente diferentes a los del modelo cazador-recolector anterior. Asumo esta distinción desde los propios objetivos de esta tesis doctoral, que no van más allá de las estructuras de sociedades agropastoriles, deteniéndome con la esperanza de poder abordar, con las mismas herramientas de trabajo, el papel de los recursos vegetales en las sociedades cazadoras-recolectoras.



**Figura 6**, Perfil artificial realizado en la Vega de La Laguna para llevar a cabo una construcción. La profundidad alcanzada permite observar los antiguos suelos de esta zona (marrón oscuro) y donde quizás puedan encontrarse tanto restos de plantas nativas como introducidas (cultivos).

Para llevar a cabo el estudio de materiales tan dispares como plantas, suelos y sedimentos, éste debía estructurarse en objetivos concretos, así como en específicos protocolos analíticos de actuación, de los que no conocíamos ningún pormenor, salvo que el mundo microscópico siempre será –también en mi imaginación más esperanzada– una herramienta de estudio versátil y fructífera, que puede llevarnos a trabajar en lo que deseamos: conocer el pasado de los humanos y del planeta que han hecho suyo.

Finalmente la motivación forzada generó –afrontando el “puerta por puerta” formativo –gentil y otrora desolador– el ensayo y confección de un método de intervención microarqueológico que creemos (porque felizmente ya no requiere del singular) puede funcionar como método de evaluación de microfósiles vegetales en contextos arqueológicos y paleoambientales<sup>17</sup>. Que en función de los parámetros finales que toma en consideración, al analizar dichos contextos, hemos tenido a bien a designar como **Método Contextual de Análisis Microfósil (MCAM)**. Un método básico, aunque de amplio espectro analítico y cronológico, que busca contribuir a los estudios arqueológicos, mediante el de dichos microfósiles y su contexto inmediato, logrando funcionar como método evaluador preliminar de éstos. Y finalmente lograr insertarse en las lecturas globales confeccionadas, con todos los datos parciales, de una determinada investigación arqueológica.

---

<sup>17</sup> Entendiendo como tal aquellos que, como suelos y sedimentos de diversa índole, no presentan signos palpables (inicialmente macroscópicos) de actividades antrópicas. En esta categoría podrían incluirse paleosuelos como los de tipo rubefactado por coladas volcánicas (almagres), comunes en Canarias y que aun deben ser evaluados, al menos los de cronología aborigen e histórica, como suelos con indicios de dichas actividades.

### Desde la inquietud arqueológica al análisis de fitolitos.

En la actualidad el estudio de fitolitos (con o sin repercusión microfósil) se encuentra en completa y compleja expansión<sup>18</sup>. En cierto sentido parece seguir la ruta de diversificación abierta por la investigación con otros microfósiles como las diatomeas y las crisofitas, que disponían anteriormente de una amplia secuencia investigadora, y que sigue y seguirá aportándonos respuestas sobre el desarrollo de la vida y muchos aspectos del planeta, cambios incluidos, en conjunción o no con la de los seres humanos (Stoermer & Smol, 1999; entre otros).

En la amplia gama de trabajos, de muy diversa índole disciplinar, que se suceden aproximadamente desde 1960 hasta la actualidad, hemos pretendido insertar el nuestro, basado en una experiencia profesional y personal donde han primado la búsqueda de respuestas, y especialmente la toma de contacto con aspectos de la realidad de poblaciones del pasado, lo cual convierte, la investigación implicada en ella, en algo (muy) complejo. Pese a como ya he expresado, ésta Tesis sea solamente una aproximación metodológica y parcialmente interpretativa de dicha realidad, como ha ocurrido al encontrarnos con registros microfósiles donde las condiciones del medio arqueológico y el natural definen aspectos muy concretos de parte de la Prehistoria de Gran Canaria (Figura 7).

En todo caso las preguntas que han generado tal proceder provienen de inquietudes basadas en la evocación de la Prehistoria como una etapa fundamental de la Humanidad, donde se gesta lo que hoy somos y lo que no somos, en una suma –infinita en nuestra escala temporal– de acontecimientos que marcan nuestro presente y muy probablemente también nuestro futuro. Basados todos ellos en secuencias de acontecimientos (penurias, logros y bajezas de nuestros antepasados) de los que sólo conocemos una mínima parte y sólo la certeza de que existe un rastro material<sup>19</sup> donde quedan reflejados los hechos y acciones de nuestras propias realidades actuales, individuales y colectivas. Conocer ese devenir o al menos intentar percibirlo desde la perspectiva que se configura en esta Tesis es su razón de ser, y lo es desde la aproximación a una herramienta de trabajo que tiene su origen en la

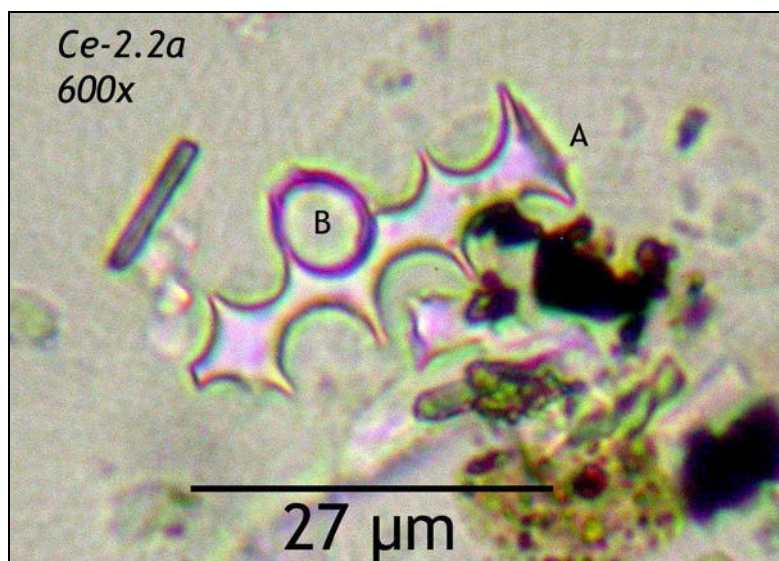
---

<sup>18</sup> Como bien atestigua el trabajo monográfico —sobre los numerosos aspectos y posibilidades de la disciplina— de Dolores Piperno (2006), recopilación e interpretación de datos al que debemos referirnos como una de las obras fundamentales sobre el tema en la actualidad.

<sup>19</sup> Que puede ser seguido aplicando criterios analíticos e interpretativos sobre bases de estudio empíricas, que permitan concretar y evaluar parámetros cualitativos y cuantitativos, aspectos que obviamente también pueden abordarse en el mundo de la Microscopía Analítica. Esta tesitura, la del estudio microscópico de los restos materiales adscritos a un determinado proceso histórico, solamente puede ser resuelta estableciendo parámetros como los que enunciara Wallis (1963) refiriéndose a los postulados de MacLeod (1926, sin cita bibliográfica completa), cuando planteaba que era posible discriminar entre similares partículas vegetales definiendo parámetros como la magnitud máxima dentro de las variables presentadas por las mismas. Lo cual no deja de ser —para el aprendiz de microscopía— una inmensa ayuda cuando se enfrenta al mundo material restante del mundo material visible a simple vista.



Arqueología, y en cuyo seno me propongo insertarla como una versión concreta de la *Microarqueología*.



**Figura 7,** La conjunción de silicofitolitos de cereales (A) y quistes de microalgas crisofitas (B) en el sedimento de La Cerera vaticinó mayores esfuerzos interpretativos sobre los registros microfósiles de este yacimiento. Una relación entre ambos suponía su estudio por separado y en conjunto, entendiendo que así lo exigía una perspectiva arqueológica interdisciplinar.

Por ello el origen de esa inquietud hay que buscarlo en la de responder a las numerosas preguntas que genera nuestra propia existencia, aunque tenga, como objetivo de estudio, la de las gentes del pasado. Aspecto fundamental si queremos analizar sus restos y conocer –concernos– con un nivel aceptable de detalle arqueológico. Y es precisamente la percepción de los mundos actuales y especialmente la de nuestras realidades sociales, observados desde una perspectiva personal y profesional, los que sin duda llevan implícito el sentido crítico adquirido en el contacto con diversas áreas de conocimiento.

Son esos mundos –unos conocidos y otros por reconstruir– los que han motivado la puesta en marcha de un modesto *mecanismo buscador de conocimiento y explicaciones*, aquí presentando bajo la forma de una Tesis doctoral. Y si primeramente dicha perspectiva me fue sugerida en el seno de Ciencias Sociales como la Prehistoria, Historia y Arqueología, luego sería en Ciencias Biológicas como la Edafología, la Botánica y la Geología, donde encontraría parámetros complementarios para entender mejor al mundo y sus gentes. Pero sobre todo para seguir buscando respuestas, porque son muchas las preguntas y necesariamente compleja su resolución. Así, numerosos investigadores de ambas «*orillas científicas*» han favorecido –con sus heterogéneos puntos de vista<sup>20</sup>– el desarrollo de una personal percepción del

<sup>20</sup> Con referencias y agradecimiento a una gran comunidad científica que me ha aportado, durante los años de formación académica, lo que creo un bagaje de conocimientos y debate crítico fundamental para la realización de esta tesis, si se quiere

entorno humano y natural, premisas que han propiciado el de una modesta investigación que no obstante ha debido afrontar numerosos retos metodológicos.

A la adquisición del conocimiento, ya existente en dichas ciencias, he intentado contribuir con la labor de estos años –como ya he propuesto anteriormente<sup>21</sup>–, mediante la búsqueda, desarrollo y utilización de nuevas herramientas de obtención de información. Pero para llegar hasta ellas, así como para emplearlas como fuentes de conocimiento histórico, he optado por una visión, que creo también particular y personal –de la que pretendo ser único responsable– sobre la práctica arqueológica. Si bien este proyecto sólo supone una mínima aportación a tan excelso fin, sigo creyendo, firmemente, en que indagar en una campo concreto de las ciencias, sociales y naturales (o de la fructífera conjunción de ambas), supone siempre un avance, sobre todo en la medida que permite abordar cuestiones complejas, fomentando la reflexión y el sentido crítico, ambos mecanismos preocupantemente deficitarios en las sociedades actuales. Sin embargo, el esfuerzo por resolver problemas de investigación debe ser reforzado, y siempre continuado, por otro en el que la divulgación permita su repercusión en la comunidad (inicialmente en la de acogida).

Ello supone, dentro del mundo de la Historia, utilizar el estudio del pasado humano como un vehículo que incite al empleo de la razón frente a los problemas, al debate antes que a la confrontación, pero que suponga además una aportación a nuestra propia forma de encarar la subsistencia, en este caso intentando conocer como lo hicieron los muchos que nos han precedido (**Figura 8**).

Quizás hacer Historia y Arqueología se trate, como piensan algunos de mis compañeros, más de una aportación reflexiva –con afán práctico y de cambio social– que una enseñanza en si misma del pasado, aunque obviamente este planteamiento desestimaría el papel de las experiencias acumuladas, también por cada uno de nosotros, en nuestras vidas. Pero sí, en el mundo de los humanos, el empleo del conocimiento como herramienta para propiciar dichos cambios debería ser –para todos los investigadores– una obligación inherente al ejercicio profesional, y no sólo en las disciplinas enmarcadas en las Ciencias Sociales.

Si la formulación de preguntas, y el asumir la resolución de algunas de ellas, se constituyen como pasos previos de cualquier investigación, en este trabajo no han sido menos importantes. En él han primado de forma especial aquellas que contemplan a mujeres y hombres en comunidad, afrontando la vida cotidiana, desarrollando estrategias de subsistencia más o menos acertadas, acordes con su nivel de percepción de la realidad y sus posibilidades económico-sociales, sin excluir las limitaciones y los avances experimentados.

---

auténtico crisol de opiniones diversas de arqueólogos, historiadores, edafólogos, botánicos y paleontólogos, sin las cuales no hubiese sido posible su confección, al menos en cuanto al esquema básico de objetivos, metodologías, tratamientos de datos y aplicaciones explicativas.

<sup>21</sup> Afonso, J.A, *Aportaciones del análisis de fitolitos y otros microfósiles al estudio de materiales arqueológicos de las Islas Canarias*, Tesina, Facultad de Geografía e Historia, 2004.

Igualmente he seguido la idea —comprobada personalmente en algunos casos— de que las relaciones entre diversas comunidades humanas con el medio ambiente, inmediato o global, pueden ser un vehículo de análisis para estructurar interpretaciones sobre su propio funcionamiento y posibles disfunciones, todas derivadas de cuestiones de variado signo y complejidad<sup>22</sup>.

Y dentro de esos ambientes del pasado, e incluso mucho antes de que el género *Homo* hiciera acto de presencia en el planeta, las plantas lo habían hecho ya, colaborando sin duda en el mismísimo y posterior proceso de evolución humana, incluso en aspectos que aun hoy se escapan de la investigación científica existente<sup>23</sup>. Luego los cambios en el clima, en nuestro propio género y especie hacia cotas de complejidad neuronal, física y cultural sumamente amplias, propiciaron también cambios entre el binomio hombre-mundo vegetal. Tales cambios se mantienen en la actualidad, aunque basados en el mismo esquema de aprovechamiento no-renovable, siendo de esperar —dados las escasas posibilidades para una subsistencia reflexiva en grandes conjuntos de población mundial— que sea un proceso sin fecha aparente de finalización. Se trata —como ha sido a lo largo de la Historia— de una explotación acorde a los requerimientos poblacionales del momento, donde los recursos de la naturaleza siguen sometiéndose a una presión que no permite su renovación. De tal modo que solamente ha variado la escala y el ritmo de depredación, pero no el concepto que la mueve.

Hoy podemos observar que a la desigual relación *hombre-hombre* le corresponde otra similar entre *hombre-medio*, hasta tal punto que resulta homogénea entre todas las culturas del planeta, del *mundo poblado*. Dicha relación —que entiendo más como eufemismo que como vínculo bilateral— obedece sin duda al grado de complejidad alcanzado por cada una de las sociedades humanas. Encontrándose a su vez estrechamente relacionado con las posibilidades y limitaciones de los individuos en el seno de su familia, grupo, población y sociedad para cubrir sus necesidades y las de los suyos. Como ocurre con otros recursos no-renovables, explotados hasta su extenuación

---

<sup>22</sup> Dentro de dicha idea, derivada de observaciones actuales, la percepción de base es que las soluciones poco complejas, en lo que atañe a la explotación de los recursos, deriva por lo general en posteriores situaciones fuera de control. En todo caso la consecuencia inmediata, de la falta de previsión en las medidas adoptadas, se traduce en un elevado coste social. Punto donde la reflexión previa debe incidir sin excusas.

<sup>23</sup> Como se sabe, la edad del Reino *Plantae* supera en mucho al de *Animalia*, y sólo es superado por el de los organismos hoy denominados Procariotas (anteriormente *Monera*). Muchas de las plantas que hoy conocemos, unos y otros, y que en total rondan las 400.000 especies, ya estaban presentes en el planeta varios cientos de millones de años antes de la llegada de los primeros primates (Mauseth, 2003). Cabe deducir, desde una perspectiva completamente ecológica y cultural, que la evolución humana sólo fue posible gracias a los recursos vegetales, ya que solamente cuando estos estuvieron completamente adaptados, a las cambiantes condiciones de la superficie terrestre —sin infravalorar el mundo de las algas—, fue cuando se produjo gradualmente la evolución animal en este medio. Somos el resultado de una esquilmación permanente del reino vegetal y de una adaptación fructífera (en términos evolutivos) —pero completamente inestable— al medio, magnífica síntesis de inteligencia animal pero...¿tiene fechas de caducidad tal éxito?.

o desaparición, una de las explicaciones dadas a tal depredación podría parcialmente sustentarse en las desigualdades sociales, tanto a escala nacional y regional como internacional.



**Figura 8**, Probable fragmento de goma de calzado histórico en las cercanías del Barranco de La Arena (Las Cañadas). Una zona con profusión de evidencias de este tipo, que atestiguan las actividades de subsistencia llevadas a cabo en la misma hasta hace menos de 100 años.

Por todo ello, creo que hoy es posible realizar un análisis social de los mismos observando su relación con el medio, especialmente el vegetal, porque precisamente es uno de los que podemos explorar científicamente, reconociéndolo mediante un variado conjunto de técnicas que pueden ayudarnos a interpretar materiales, naturales y antropizados, pertenecientes a diversas secuencias del pasado. Si esta premisa es cierta, existe la posibilidad de analizar una sociedad pretérita centrándonos en el estudio de los restos vegetales dejados por ésta en el transcurso de cada una de sus actividades. Lo que equivaldría, si se dispone de materiales correspondientes a varias etapas – y especialmente de secuencias estratigráficas completas– a poder evaluar los cambios en la explotación del medio natural y su reflejo en éste, pero sobre todo hacerlo con la repercusión de tal explotación en una sociedad prehistórica.

Tales planteamientos son *algo que mueve los hilos* de nuestra investigación, deteniéndola para situarla en su lugar: una primera aproximación pero con expectativas de llegar a ser parte de la base interpretativa de un determinado proceso histórico. En un rápido y sucinto ejemplo visual, la detección de los cambios en el paisaje se realizaría en parte siguiendo las particularidades del medio original. Si tomamos como ejemplo el de una formación de hayedo-abetal, podríamos vislumbrar un episodio de actividad antrópica cuando en un determinado momento el registro de silicofitolitos, de ese suelo forestal, pasa a estar eminentemente protagonizado por las morfologías propias de los tejidos aéreos de gramíneas, plantas que suelen ser de las primeras –si no se produce antes la llegada de un prototipo vegetal oportunista como *Pteridium aquilinum*–, en colonizar un suelo carente de cobertura vegetal, ya sea por un episodio de tala catastrófica o deforestación masiva intencionada (**Figuras 9 y**

10). En un símil más cercano a nuestra *órbita biogeográfica*<sup>24</sup>, el mismo registro aparece en los horizontes que constituyen un suelo de laurisilva tras episodios de tala y quema de las especies arbóreas del entorno (en especial de lauráceas y ericáceas), como los que se han sucedido a lo largo de siglos en las cumbres de Anaga (Tenerife) para la obtención de carbón<sup>25</sup> (Gráfico 2).

Quizá se trata ésta de una perspectiva de trabajo cuya puesta en marcha resulta algo ambiciosa, limitada por su complejidad, pero que en definitiva es la que he creído alcanzable mediante las herramientas disponibles y el firme propósito de “buscar más allá”. Obviamente durante su desarrollo —que ha llevado a su confirmación tanto en un principio como en el presente y probablemente en un futuro— todo han sido problemas a los que dar solución, sobre todo en cuanto al significado de determinados elementos microscópicos vegetales en contextos y concentración. Y es que como ya afirmara acertadamente Roosevelt (1984) y ratificaran posteriormente Staller & Thompson (2001): “*la complejidad de un estudio arqueobotánico parte de la dificultad de discernir el rol de una especie vegetal en un material arqueológico*”. Aspecto fundamental que también podría ser la piedra angular de cualquier trabajo sobre fitolitos y otros microfósiles. Una cuestión parcialmente asumida en esta Tesis —incluso a nivel teórico desde la fase de investigación previa— y que sólo parece posible abordarse mediante la oportuna aplicación de *filtros analíticos*<sup>26</sup>.

Las preguntas han llevado así al método y la actividad interdisciplinar, mediante el contacto y aprendizaje junto a investigadores con sus propios interrogantes y formas de encarar el vacío informativo, ese creado por cuestiones más o menos acuciantes. Y es que el trabajo aquí presentado tiene tal conjunto de expectativas hacia mi persona —y hacia lo que hago— que pronto dejó de ser un proyecto unipersonal para convertirse en un afortunado compendio de futuras proyecciones y perspectivas científicas. Esta experiencia, la de aprender de todos los que me han ayudado, he tenido a bien convertirla en el aparato crítico del guión de la labor desarrollada, esperando con ella afrontar el día a día, profesional y personal, intentando aportar un pequeño trozo de conocimiento a la sociedad que nos observa —a los investigadores— con mayor o menor grado de interés. Creo firmemente que nuestra

---

<sup>24</sup> La libertad en el uso de la expresión viene dada por apreciar la tendencia humana a reflexionar —sobre su momento y su cotidianidad— como si se tratase de un mundo alejado de otros, por fronteras geográficas, políticas, culturales o económicas.

<sup>25</sup> Afonso, J.A, Arozena, M.E., Panareda, J.M. y Rivero, B. (2010), La contribución del análisis de fitolitos al estudio de la dinámica del paisaje de la laurisilva de las cumbres de Tegueste (Anaga, Tenerife, I. Canarias), En *Biogeografía, una ciencia para la conservación del medio*, Universidad de Alicante.

<sup>26</sup> Entendiendo como tales algunos tipos de herramientas analíticas, como la estadística, o el estudio microscópico comparativo entre todos los materiales donde se puedan insertar este tipo de partículas, como el propio residuo de las plantas empleadas como muestras patrones, los suelos donde se desarrollan y distintos soportes arqueológicos (sedimentos, industrias y restos bioantropológicos). La conjunción de datos aportados, así como su inserción en estudios cualitativos y cuantitativos, entiendo que permiten “filtrar” toda esta información para asumir lecturas y valoraciones arqueobotánicas sobre un determinado registro microfósil.

responsabilidad es aumentarlo, en base a la indudable ganancia que para las sociedades supone el pleno desarrollo de las ciencias en su seno. Desde mi perspectiva personal y también desde una particular concepción social de la Arqueología y de las Ciencias Biológicas, esta labor sigue el objetivo de fomentar el conocimiento como *dinámica herramienta de continuidad y evolución sociocultural*.



**Figuras 9 y 10,** La capacidad regenerativa del medio vegetal es una realidad, incluso tras agresiones propias de la más moderna tecnología humana. Pero su vuelta, al grado de bosque maduro, supone una dura enseñanza —para los humanos— sobre la lentitud en el desarrollo de los recursos vegetales originales. En las imágenes, un antes y un después en el mismo punto de la Selva de Irati (Valle de Salazar, Navarra). Tomadas en diciembre 2003 y septiembre 2009 respectivamente. J.A.

Y como continuación a mis primeras frases, debo subrayar que el trabajo de investigación aquí presente, como modesta aportación al estudio de microfósiles en Arqueología y Prehistoria, ha debido no obstante afrontar una complejidad metodológica que ha limitado notablemente su alcance interpretativo, pero que aun así ha supuesto un ansiado, inolvidable e incuestionable periodo formativo para su autor. Al afirmar que se trata únicamente de *una breve e incompleta introducción*<sup>27</sup> a dicha disciplina, pretendo poner de manifiesto también sus posibilidades reales, las de profundizar en el pasado y sus lecturas, entendiendo que serán otros trabajos los que las amplíen, desarrollen y probablemente mejoren el esquema investigador aquí propuesto.

### **Pensamiento y análisis de microfósiles: un ejercicio intelectual más.**

Los distintos tipos de pensamiento, como apartados inherentes a la actividad intelectual, son también fundamentales en el estudio de microfósiles vegetales de interés botánico, arqueológico, edáfico y paleontológico.

<sup>27</sup> Retomo aquí, como en el principio, parte del título de la publicación del Dr. Constantino Criado sobre el estudio realizado por él sobre la antigua laguna de la ciudad de San Cristóbal de La Laguna. Y lo hago por parecerme ejemplar la modestia reflejada por el autor hacia su trabajo, restringiendo a los términos *breve e incompleta* lo que supone el abordaje de un interesantísimo tema de compleja investigación, que sin duda ya es la base de muchos de nuestros trabajos posteriores sobre el paleoambiente de la ciudad de La Laguna.

Participando por ello en el propio desarrollo de este corpus investigador —como las operaciones racionales que agrupan el análisis, la comparación y la abstracción— al permitirnos acometer el estudio de tales cuerpos microscópicos. Entre esos apartados el del *lenguaje* es el que juega un papel fundamental, como encargado de transmitir conceptos y otras características del pensamiento. Y especialmente lo es en el entendimiento de los investigadores que encaran, desde distintas perspectivas, diversos trabajos de investigación con la misma base empírica, en este caso similares elementos microscópicos como los fitolitos, microalgas y otros de similar naturaleza biológica.

Y siguiendo la fundamental idea aportada por K. Linné (1755) sobre la necesidad de *no ignorar el nombre de las cosas*, no es menor el valor del lenguaje en la mención de un determinado tipo de partícula vegetal —como lo es el de la planta que lo ha generado— y en sus características básicas de forma, tamaño y ornamentación. Este valor ha sido retomado desde el principio de la propia investigación de fitolitos, como atestiguan las diversas propuestas recogidas entre otros aspectos por Rapp & Mullholland (1992), desde la necesidad de contar con mecanismos clasificatorios universalmente aceptados. Es lo que se denominan *Sistemáticas de Nomenclatura y Clasificación*, cuyos términos debidamente consensuados permitirán un añorado —y a todas luces necesario— entendimiento entre la comunidad científica volcada en el estudio de un mismo tipo de evidencias, en este caso microscópicas como los fitolitos.

#### **Escuelas dentro de la disciplina de fitolitos.**

Sin embargo, como se pretende esbozar en este apartado, los términos lingüísticos empleados de forma científica representan sólo una parte del acervo individual y colectivo. Al cual que se incorporan varios —digamos agravantes— para la resolución de “conflictos” como los derivados de las lógicas diferencias de criterio entre de escuelas científicas desarrolladas de forma independiente, que han generado sus propios y desiguales planteamientos de partida. Al desencuentro y las posturas enfrentadas surgidas “en la heterogeneidad” se suman entonces las lógicas reacciones suscitadas cuando se percibe y padece la imposición por parte de una de tales escuelas hacia las otras<sup>28</sup>, entendiendo que muchas veces se trata de propuestas metodológicas que, aunque muy acertadas y de intachable factura metodológica, deben seguir considerándose como tales hasta ser aceptadas, por consenso, por las distintas escuelas científicas existentes.

En ese desencuentro topamos obviamente con las sistemáticas de nomenclatura y clasificación actuales y no tan actuales. Aunque podríamos afirmar que dicha cuestión se encuentra en vías de resolución, ya que es la

---

<sup>28</sup> Obviamente me refiero aquí (asumiendo personalmente toda la responsabilidad) del autoinvestido papel como director —e incluso juez— que la escuela anglosajona europea despliega de forma unilateral hacia otras, póngase como ejemplo las sudamericanas/latinoamericanas, o al menos hacia aquellos sectores de ellas que no admiten la imposición de metodologías, terminologías e incluso idioma de expresión científica, que a todas luces hoy también podría ser el español (aquí sólo tomado como ejemplo).

propia diferenciación de pensamientos –amparados en sendos procesos de configuración científica e histórica– la que dificultará el ansiado consenso, que en todo caso no pasa por la imposición como drástica vía resolutive. Ello parece ocurrir, pese a que pueda reconocerse su logro parcial en la “cuestión terminológica”, con la propuesta conocida como *International Code for Phytolith Nomenclature 1.0*, o de forma abreviada *ICPN 1.0*, que es como la citamos en esta Tesis y que se halla especificada en la publicación de Madella, Alexandre & Ball, 2005. Sin duda estamos ante una propuesta coherente, que aun debe perfilarse completamente y que cuenta con un nutrido grupo de investigadores que la secundan, en la cual cabe destacar su derivación del conocimiento adquirido por los numerosos trabajos existentes, lo cual refuerza su valor. Pero no tanto el hecho de que sea factible su imposición en todos los casos, internacionalmente hablando.

Porque pese a lo positivo de tal propuesta, no pueden obviarse otras que derivan de modelos investigadores diferentes (como los propuestos por Zucol & Brea, 2005; entre otros), que requieren de esfuerzos integradores que aglutinen y tomen en consideración las particulares propuestas del resto de escuelas internacionales. Las cuales disponen –en función de sus propios antecedentes y bagajes investigadores– de específicos términos y sistemas de nomenclatura y clasificación.

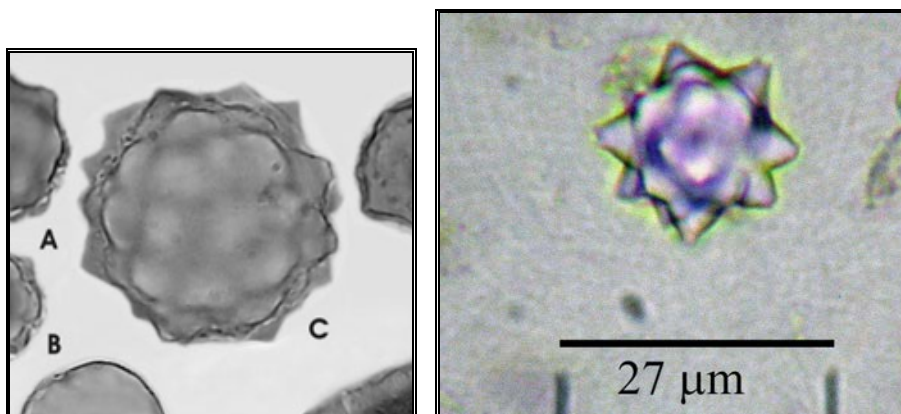
Es en base a ese campo donde surge el desencuentro, justificado en parte por lógicas razones de idiosincrasia de pensamiento académico zonal, entre las escuelas anglosajona (y por derivación europea) y la de parte de América del Sur, representada en este caso por la escuela argentina, propiciada por Bertoldi de Pomar (1971, entre otros) y que tendrá su continuidad en trabajos como los de A. Zucol y Brea (2005), entre otros investigadores. Aquí el lenguaje –lenguajes– han seguido diferentes mecanismos de configuración técnica siendo, sin embargo, parte del mismo proceso de observación y análisis, aunque no así de descripción, la cual es llevada por diferentes vías hacia muy dispares y elaborados sistemas de clasificación (**Figuras 11 y 12**).

Pero además no podemos olvidar que el lenguaje –como forma de transmisión de ideas y conocimiento– cumple la fundamental labor de dotar a nuestros trabajos de una óptima calidad de difusión y absorción didáctica, adquiriendo desde un esfuerzo de trascendencia real un talante educativo y social. Lo cual se lograría desarrollando una terminología paralela que permita su entendimiento, no sólo ya entre la comunidad científica sino por la sociedad, sobre la cual debe revertir el fruto gradual y último de la investigación, como útil producto basado en el gradual conocimiento de las leyes naturales y sociales (Cegarra, 2004). Se entiende que no es fácil de asumir –y sobre todo llevar a cabo– que cualquiera de dichas ideas y conceptos adquieran formas populares, pero tampoco debe serlo el desprenderse de la responsabilidad de trabajar en la mejora de la comunidad, a través de la difusión de un pensamiento crítico (individual y grupal).

Dentro de las escalas de pensamiento, igualmente parece oportuna la aplicación de cada uno de ellos, si lo que se busca es valorar un determinado registro microfósil para insertarlo en un determinado proceso histórico. Así, la etapa analítica nos llevará a categorizar las partes –dígase los morfotipos de los que consta el registro microfósil global– de forma sistemática, observando



las relaciones entre todas las partes y deduciendo –de lo particular a lo general– las características de dicho registro y viceversa, esto es: deductivamente *lo propio con el mismo*.



**Figura 11** (Izqda.), Silicofitolito descrito como *Globulolithum sphaeroechinulathum* en la clasificación propuesta por Zucol & Brea (2005) y presente en *Phoenix dactylifera*, y otras especies de palmeras. De este modo habría que definir también –aunque con apreciables diferencias morfométricas– el de la **Figura 12** (Drcha.), perteneciente a *Phoenix canariensis*, que mediante la clasificación conocida como ICPN 1.0 (Madella *et al.*, 2005) se nombraría como *globular echinate phytolith*, con traducción al español como *fitolito globular equinado* (con ornamentación de picos). J.A.

Y finalmente, de forma crítica, valoraremos el conocimiento adquirido en nuestros análisis cualitativos y cuantitativos ofreciendo una lectura sobre el proceso social, económico, paleoambiental donde queríamos insertar nuestra aportación. Sin embargo, daremos especial importancia a varias perspectivas, que suponen la variación del punto de observación, hacia objeto empírico, favoreciendo dicha valoración. En definitiva, no guarda, un estudio de este tipo, diferencias con todo aquel que deba disponer de todos los atributos que caracterizan las ciencias fácticas y que tienen, por rasgos esenciales, la racionalidad y la objetividad (Cegarra, 2004). Obviamente, en el apartado final de dichos rasgos, el que atañe a la utilidad del conocimiento científico adquirido no es menos importante, dado que establece una relación, mediante nuestras lecturas, de determinados aspectos de las sociedades del pasado con las actuales, que también deben mirarse en su Historia para evolucionar, disminuyendo conflictos y aumentando en sensatez social. Porque es en ésta donde debe revertir el conocimiento adquirido, y donde deben verse de forma adecuada las lecturas que estimaremos oportunas con nuestros resultados, parecer y proceder intelectual.

#### Postulados de partida.

Comenzaba mi primer trabajo predoctoral (Afonso, 2004<sup>a</sup>) con un apartado similar planteando, sin debatir en profundidad entonces y ahora, algunas cuestiones teóricas relacionadas con el estudio de microfósiles en Arqueología. Pareciéndome ahora igualmente adecuada la conjunción que

Brothwell & Higgs (1980) establecieron entre la práctica arqueológica y la incorporación de las entonces “nuevas técnicas auxiliares” en su ya clásica publicación *Ciencia en Arqueología*<sup>29</sup>. En dicha obra, verdadero manual metodológico sobre numerosas disciplinas de aplicación arqueológica, se formulaba –entre un sinfín de perspectivas técnicas y métodos– la posibilidad de obtener información sobre los sistemas socioculturales del pasado a través de distintos tipos de ellas, y especialmente de aquellas basadas en el estudio de las evidencias dejadas en la relación hombre-medio, concretamente con el mundo vegetal. En la misma obra, y desde una posición marcada por el ecologismo cultural de la segunda mitad del siglo XX, G. Clark se expresaba de la siguiente forma:

*“La ciencia, como el mismo curso de la civilización, avanza a pasos acelerados. Así sucede también con la aplicación de la ciencia la tarea de poner al descubierto la historia no escrita de la cambiante relación del hombre con su medio ambiente y su avance hacia una explotación más racional y completa de los recursos naturales en interés de una vida más plena y compleja.”*

En virtud del tiempo transcurrido, y desde una mínima percepción de la situación historiográfica actual, en el mundo de la Arqueología se ha optado por buscar nuevos planteamientos, modificando sustancialmente los postulados ecológico-culturales, las teorías históricas y los métodos empleados. Se pretende con ello –y en algunos casos logrando– ir más allá, hasta llegar a la percepción de que la relación de las sociedades humanas con el medio vegetal sólo constituye uno de los apartados dentro del complejo entramado de la estructura socioeconómica de las mismas, aunque desde una perspectiva actual “la cuestión ambiental” resulte la *base ignorada*<sup>30</sup> de todo el esquema básico de supervivencia.

Como afirmara Bate, en una ocasión que pudimos escucharle en directo en Canarias<sup>31</sup>, existe la posibilidad de ampliar el rango teórico-práctico del ecologismo cultural entendiendo que siempre es la sociedad el objeto de estudio, y que no todos sus aspectos pueden explicarse –y en muchos casos justificarse– desde su relación con el medio natural. Una compleja relación que Bate ilustraba con actividades de grupos humanos fuera de su contexto habitual, lo que él denomina “contextos no-habituales”, y que la arqueología encaraba buscando precisamente pautas de conducta propias de una

---

<sup>29</sup> Versión traducida al castellano de la primera edición de *Science in Archaeology. A Survey of Progress and Research* (1963).

<sup>30</sup> La razón de emplear esta expresión radica en el planteamiento convencional de que cada individuo, en diferentes escalas de relación social, percibe el medio ambiente como algo inmutable al paso de los días y las vidas. Se da por hecho de que no sufrirá cambios, cuando éstos, por insignificantes que parezcan ser, suelen tener un impacto mucho mayor en las propias actividades cotidianas. Por ejemplo, el aire no se mantiene puro porque sí, para que lo respiremos dentro y fuera de nuestras casas debe funcionar el ciclo natural que lo produce. Aunque parezca una obviedad especificarlo, hoy no parece haber conciencia de que nosotros, y nuestras actividades, limitamos seriamente su funcionamiento.

<sup>31</sup> 2005, ULL, Facultad de Geografía e Historia, Comunicación Pública.

determinada coyuntura y unas necesidades socioeconómicas precisas, hasta enclavarla en un proceso histórico concreto<sup>32</sup>.

Dicha relación, entre las sociedades humanas y el medio que controlan, y muy difundida en la actualidad aunque a menudo vacía de contenido y reducida a declaración de buenas intenciones, ha llegado a definirse como *gestión sostenible del medio natural* en los países desarrollados, los mismos que suelen aplicar su antítesis más cínica, al ser los que ejercen la más pura depredación —con fines industriales— sobre grandes extensiones de América del Sur, África, Asia y Europa<sup>33</sup>.

Aunque en el caso del denominado “primer mundo” también existe depredación, si se quiere más sutil pero siempre consentida del medio natural inmediato o lejano, probablemente porque los problemas de fondo no han querido ser resueltos<sup>34</sup>. Obviamente los tiempos han cambiado y la tecnología juega un papel fundamental en la explotación desmedida del medio. En una lectura general parecería que la naturaleza juega un segundo plano en nuestras sosegadas vidas, quizás porque en la actualidad creemos lógico delegar su gestión en mecanismos administrativos superiores, pareciéndonos que a nivel individual y familiar no tenemos ninguna responsabilidad al respecto (lo cual resulta siempre la más tranquilizadora de las justificaciones). Pero en la realidad, los recursos se agotan porque las diferencias entre demanda y producción siguen siendo enormes, y sobre todo porque el aumento poblacional —en millones de individuos y familias— sigue haciéndose sin poner medidas para compensar ese balance negativo. Lo cual podrá acarrear muy previsibles y duras repercusiones ambientales y sociales.

---

<sup>32</sup> Como se verá, en el análisis de microfósiles vegetales puede darse ese encontronazo con registros impropios del contexto natural, explicándose éstos en el seno de pautas y momentos económico-sociales precisos.

<sup>33</sup> Creo que la relación entre la situación de subsistencia de estos “otros mundos” que existen y están en éste (permitiéndome parafrasear a Éluard) viene derivada de la ampliación del modelo y la mentalidad capitalista hacia los mismos, e irresponsablemente desplegada por las poblaciones que acceden a ella. Muchos y complejos eran los modelos socioeconómicos de América del Sur, África, Asia e incluso Europa antes de la globalización occidental moderna. Y donde, de forma habitual, ha sido la adaptación forzada, a los modelos basados en el capitalista consumista, la que no permite la subsistencia de cualquier otro que le resulte antagónico, y fiel a otros requerimientos en materia de recursos, ideologías y religiones. La reducción de la diversidad humana a un uniformismo de docilidad social manifiesta, sólo puede llevar a una pérdida irremisible de la autocrítica común, a la de los valores basados en la libertad de elección y la necesidad de articular verdaderos mecanismos de cambio y adaptación a los problemas subsistenciales. Y con ello al agravamiento del conflicto social a diferentes escalas de complejidad, y donde la activación de los conflictos *hombre-hombre* no puede ser evitada o controlada por sociedades con leyes y normas de comportamiento cívico, como nos apunta Roberto Savio (El hombre, los conflictos y las sociedades, *La República* (online), 24 de octubre de 2009, Año 11, Nº 3428, Uruguay).

<sup>34</sup> Pese a que no lo menciono la percepción del modelo capitalista obviamente subyace en este proceder, o en todo caso, empleando un eufemismo para ello, todo se debe al exitoso (pues tiene siglos o milenios) modelo del *mundo de mercaderes*.

En todo ello no es menos importante la presión de una población mundial creciente, desarrollada la mayoría de las veces por encima de su umbral de sostenibilidad, que incorpora y aumenta de forma desmedida —y justificando su actitud en un esquema de derechos derivados de sus necesidades—, el consumo de bienes finitos como el suelo, las forestas o las energías fósiles<sup>35</sup>. Existe un matiz importante, derivado de la investigación prehistórica, que parece constituirse como enseñanza de un pasado que, de forma simplista, únicamente pretende ser conocido como la antesala —incompleta y degradada— de nuestra excelsa posición evolutiva actual. Que no es otro que el sugerido para las sociedades cazadoras -recolectoras al respecto de su capacidad para llevar a cabo una explotación más comedida de los recursos. Una gestión quizás con mayor carga personal pero luego completa y complejamente insertada en el entramado vital del grupo y su dependencia con respecto hacia ese recurso y otros. Lo cual nos lleva a plantear que quizás se desarrollaba un aprovechamiento más reflexivo con la flora y la fauna locales, vinculado al hecho de no haber logrado (o deseado, aun cabe responder a ello arqueológicamente) un mecanismo de *fijación artificial de los recursos*.

Pero en todo caso el mecanismo económico posterior, desde las *fases neolíticas*, trastocará las estructuras sociales no sólo aportando nuevas soluciones sino también nuevos problemas. Desde una percepción personal y partiendo de un análisis socioeconómico actual, pese a que disponemos de mecanismos completamente aptos para el sostenimiento de grandes masas de población, éstos revelan que en el progresivo aumento de la demanda se generan nuevos problemas, que redundan a su vez en la calidad del producto. Y es que algo sigue fallando, y no parece que sea ya únicamente cuestión del desarrollo tecnológico (**Figura 13**).

Existen por tanto importantes matices en el mundo de las mentalidades que involucran nuestra evolución cultural. Luego, en unos momentos dados y aún no plenamente descritos, en distintos enclaves biogeográficos y culturales se ensayarán mecanismos de control del medio vegetal que, en su éxito, comenzarán a trastocar los esquemas anteriores. Las sociedades productoras mantienen desde entonces y hasta la actualidad su predominio, aunque con nuevos retos aún por superar, como el agotamiento de los suelos que explotan y la imparable transformación —cuando no destrucción— de todo terreno y ecosistema natural.

---

<sup>35</sup> Todo ello derivado de un concepto de *ignorancia autoconsentida* que niega la responsabilidad —o no la exige ni propugna— del individuo, los grupos humanos, y la sociedad en definitiva, en el seno de la naturaleza, un complejo ente finito que explota y le mantiene, concepto que en las mentalidades populares ha mutado su significado hacia otro que lo relaciona exclusivamente con el disfrute de determinadas condiciones de vida, muchas de ellas antagónicas con el equilibrio ecológico de un lugar, y en clara oposición a las sociedades que, en otras zonas, siguen teniendo —de forma primaria— la explotación directa del medio como forma de vida.



**Figura 13,** Los requerimientos de nuevos productos vegetales determinan cambios en la explotación tradicional del suelo. En este caso ejemplificado con el paso del encinar nativo, de tipo abierto y seco, a cultivos industriales de regadío, de la meseta castellana (afueras de Salamanca, curso del Tormes). J.A.

Si la aproximación a un sistema sociocultural del pasado es posible desde su relación con el medio, entonces el análisis de todas las evidencias de tipo arqueobotánico, empleando técnicas muy dispares como las llegadas desde la biología, la medicina o la paleontología —y otras muchas aparte de las emanadas de la propia disciplina arqueológica— pueden conjuntamente colaborar en la resolución de preguntas-problema derivadas de la relación hombre-medio. Pero otra cosa muy distinta es indagar en cuestiones propias del discurrir cotidiano, y que sin duda implican aspectos sociales, económicos o de género, entre otros muchos. Aquí la prospección, e intervención, deben ser sistemáticas, también a la hora de acotar aspectos de trabajo.

Creo, sin asumir el ecologismo cultural en todos sus postulados, que es posible el acercamiento a los procesos históricos indagando en la relación del hombre con su ambiente natural; pero no para conocer exclusivamente el papel jugado por el mismo en la estructuración del grupo, sino —bajando al nivel de individuo— percibir el grado de sensibilización con el medio, conocer los pormenores de su percepción del cambio natural y del propio sistema sociocultural al que se pertenece. Pese a que ello sea, en esta tesis, sólo un planteamiento previo.

Se trata en todo caso de una utilización de la relación medio-hombre para extraer lecturas que involucran a éste organizándose en distintos tipos de sociedades, con heterogéneas problemáticas que nos toca definir. Quisiera definir, el estudio del medioambiente y en concreto del paleoambiente, como el de la imagen en un espejo que refleja el comportamiento de individuos y sociedades, permitiendo por ello obtener evidencias de una percepción global de secuencias crono-espaciales únicas e irrepetibles.

Comentaba A. Einstein (2001) que creía en una sociedad de individuos formados aisladamente que luego colaborarían, como suma de voluntades

emprendedoras, en el desarrollo y mejora de dicha sociedad. Al margen de que dicha perspectiva pueda parecer una versión cultural del *pensamiento smithsoniano*, defendida por el padre de la teoría de la relatividad, parece acertado pensar que cada individuo debería ser una suma de valores adquiridos, y donde el esfuerzo fuese la clave para superar el día a día. No obstante, la percepción de Einstein sobre la necesidad de crear el ambiente idóneo para el pleno desarrollo intelectual humano —donde el esfuerzo debe ser la razón de la superación—, me parece la clave para la mejora de las sociedades, hablando concretamente, entre otras cuestiones, de la disminución del conflicto humano-humano.

En mi opinión la formación y el sentido crítico emanado del estudio en profundidad, sobre distintas materias, permite el desarrollo de una sociedad que afronta sus propios problemas con decisión y una percepción razonada del progreso. En todo caso se trataría de que éste evitase anclarse en una continua, excesiva y peligrosa renovación de valores vinculada al amparo de intereses económicos, y sí en una profunda introspección social que permita el crecimiento individual dentro de las posibilidades de sostenimiento de las necesidades del grupo. No obstante, el individuo sigue jugando una baza fundamental, al asumir la responsabilidad de ser parte funcional e indispensable del engranaje social, sin el cual éste no se desarrolla convenientemente, pero al que además debe aportar su perspectiva individual. Pero evitando la instrumentalización colectiva de los ideales asumidos como esquema vertebrador del grupo.

Pero pasar de las impresiones y percepciones personales a la estimación científica, de determinados aspectos, es otra cosa, cuestión que en investigación supone descartar lo no demostrable con datos empíricos, lo cual a su vez, desde determinados puntos de vista, aun puede asumirse con una sólida base teórica, donde la explicación corre de la mano de la interpretación epistemológica. Las posibilidades de que en nuestras vidas podamos asumir la resolución de algunas cuestiones que involucran directamente el devenir social parece ser por lo general escasa. No obstante, cuando se producen debe tenerse en cuenta que en ellas van implícitos los criterios personales iniciales, porque son los que han guiado los pasos dados —la importación de ideas y la exportación de herramientas de trabajo, en criterios de economía progresista— para la emisión de respuestas complejas, lejanas de la simplificación afectiva o tradicionalista.

En todo caso, la opción ideológica —y por derivación profesional también historiográfica— creo que debería ser más un derecho que una obligación, por supuesto también en Arqueología. Si se me permite quisiera reflexionar brevemente sobre los postulados de Bloch (1992) cuando recurría, para explicar las diferencias entre *¿Juzgar o Comprender?* en el análisis histórico, de historiadores y jueces. Según él, al primero, como sabio, le correspondería la tarea de registrar datos, con el fin de buscar la verdad, a través de sus herramientas científicas, las cuales podrían —de mantenerse éste firme al principio de imparcialidad— provocar experiencias que tal vez arruinarían sus más *caras* teorías. Un papel de juez en aspectos históricos tendría que valorar lo que está bien y está mal, lo que es signo de delito. Desafortunadamente esta cuestión está demasiado arraigada en el

subconsciente de la sociedad actual (a diferentes escalas espaciales) y por ello aquí únicamente la menciono<sup>36</sup>, volviéndome a referir a los conceptos de crítica y autocrítica como fundamentales para la llevar a cabo la labor histórica y arqueológica.

En el caso de los historiadores, la emisión de sus lecturas sobre sociedades del pasado tendría que plegarse a datos, experimentos y resultados que explicaran cómo sucedieron los hechos, siempre en función de todo lo anterior y claro, de su posición ideológica, ¿estaríamos entonces ante una adecuación de los resultados a esta última?. Como ya se menciona en otras partes de esta Tesis, aunque *ninguna investigación es inocente*<sup>37</sup> debe prevalecer el principio de honestidad, como debe de hacerse fijando el objetivo de partida, punto que también describía Bloch (1992):

*“...la historia quiere aprehender a los hombres, quien no lo logre no pasará jamás, en el mejor de los casos, de ser un obrero manual de la erudición. Allí donde huele la carne humana, sabe que está su presa”.*

Y siguiendo esta perspectiva, que considero fundamental como planteamiento de base aunque sin acogerme al amparo de concretas tradiciones historiográficas, es donde pretendo enlazar la siguiente idea de esta modesta aproximación a las sociedades del pasado, y lo hago siguiendo, de nuevo al cofundador de *Annales*<sup>38</sup>. Para Bloch estaba muy claro que el concepto de Historia era empleado con fines explicativos, que no siempre implicaban la presencia humana, como en el caso de la Geología o la Astronomía, que no eran para él las historias que incumbían a los historiadores. Sin embargo, dejaba clara su percepción de la influencia de lo físico sobre lo social, o al menos se la preguntaba:

*“...la obra de una sociedad que modifica según sus necesidades el suelo en que vive es, como todos percibimos por instinto, un hecho eminentemente histórico”.*

De tal modo que dejando entrever lo que será uno de los postulados de *Annales*, al respecto de la revisión en los documentos empleados en el estudio de un proceso histórico<sup>39</sup>, aconseja –dada la complejidad de un

---

<sup>36</sup> Baste comentar que los procesos históricos, por ser humanos, son interpretables por los mismos y también desafortunadamente incómodos para aquellos sectores a los que los avatares de guerras e infortunios no afectaron.

<sup>37</sup> Retomando las enseñanzas del profesor D. Martín (Dpto. de Prehistoria, Arqueología, antropología e Historia Antigua, ULL).

<sup>38</sup> Que como se sabe, junto a L. Febvre, en 1929, creará la Escuela de Annales, tomando el primer nombre de la revista donde publicarán sus planteamientos, incluso tras la violenta muerte de Marc Bloch en 1944, proyectada durante el siglo XX como uno de los movimientos historiográficos más versátiles, desde su original concepción de una historia interdisciplinar y ecléctica, con cabida para preceptos procedentes de otras ciencias sociales, como la sociología, la antropología y la geografía.

<sup>39</sup> Efectivamente uno de esos principios era superar la importancia dada a la documentación legislativa y la historia fáctica de grandes acontecimientos, para volcarse en estudios sociológicos más amplios, que dieran cabida a la perspectiva de

problema humano que interpretamos en clave de cuestión histórica/arqueológica por resolver— la necesidad de manejar testimonios opuestos, los cuales es preciso abordar mediante específicas técnicas eruditas.

Creo que Bloch se hubiera maravillado con la variopinta gama de analíticas y técnicas con las que cuenta la arqueología actual, a cada una de las cuales sólo se llega tras mantener, como él mismo menciona, un arduo y constante periodo de aprendizaje práctico. En esa misma línea surge, como ha ocurrido en nuestro trabajo, la idea de *conocer para reconocer*, y explicar un proceso o parte de un proceso histórico. Como hiciera Biek (1963) al respecto de *la Historia de un lugar*, Bloch (1992) proponía que en el esfuerzo por leer y criticar un tipo concreto de documento, ejemplificando en contextos arqueológicos en sitios de hábitat prehistórico, celta o galorromano, era necesario conocer las particularidades del mismo, sus formaciones vegetales, tanto las naturales como las cultivadas. Sólo así se podría escribir la historia de ocupación de un suelo; finalizando con frases muy esclarecedoras para un trabajo arqueológico que pretende reconstruir prácticas y territorios de ocupación empleando evidencias vegetales:

*“Creo que pocas ciencias están obligadas a usar simultáneamente tantas herramientas dispares. Y es que los hechos humanos son de los más complejos, y el hombre se coloca en el extremo de la naturaleza.”*

En esa misma línea son varios los párrafos donde Bloch alude al obligado esfuerzo del historiador, que fijando su investigación sobre determinados problemas históricos y con varios tipos de testimonios, llega a disponer de nociones que le permitan, mediante técnicas específicas, desarrollar su oficio. La idea de Bloch era ampliar dichas técnicas, por entonces reducidas, logrando que cada investigador evaluase sus propias posibilidades y limitaciones. Y sorprendente y prematuramente aludía a lo que hoy conocemos como equipos interdisciplinarios, cuyos miembros — formados en muy dispares disciplinas— permitirían superar la multiplicidad de aptitudes, de un mismo investigador, asumiendo objetivos explicativos más amplios que éste, aunque siempre con una misma base temática/cronológica. Estaba claro que Bloch se adelantaba así al perfil de los equipos arqueológicos actuales, que trabajan aunando esfuerzos individuales y disciplinares para resolver distintas cuestiones sobre un mismo yacimiento, dentro de un mismo proyecto de investigación.

Tomando en consideración tales formas de concebir la labor de indagar sobre un determinado proceso histórico, con el paso de las décadas parece haberse confirmado muchos de los puntos enunciados por Bloch. Y sobre todo aquel sobre la idoneidad de asumir diferentes caminos disciplinares, que pese a que en esencia parecen distantes del objetivo principal de la Historia, guardan datos y aspectos que nos permiten el abordaje del estudio de una sociedad del pasado. Algo que no es otra cosa que un complejo problema de obtención e interpretación de conocimiento científico.

---

un enfoque historiográfico holístico sobre determinados aspectos históricos, más globales, menos basada en la preeminencia de los acontecimientos.



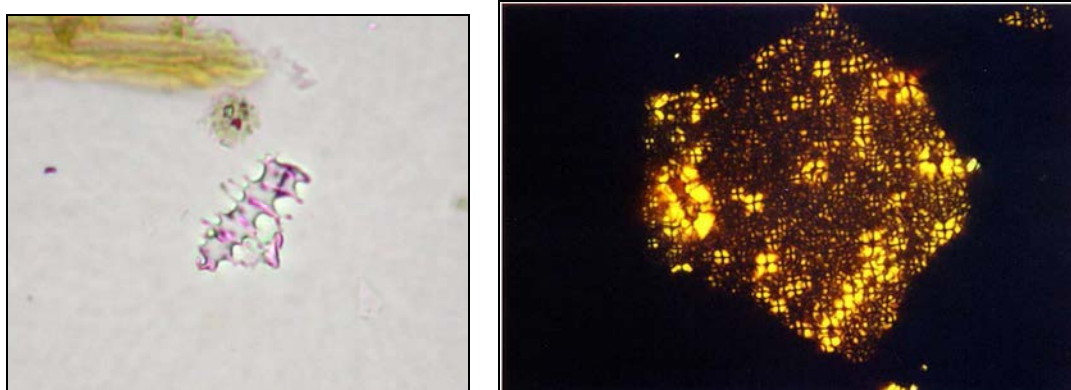
Los análisis de evidencias microscópicas pueden aproximarse arqueológicamente al nivel de grupo o de individuo, lo que podría depender solamente del objetivo buscado, pero en la realidad depende intrínsecamente de la muestra disponible para analizar y sobre todo del registro microscópico inserto en las mismas. La información obtenida, al respecto de su relación con el medio, es directa cuando se analiza el contenido de un coprolito, de un cálculo dental o de un residuo intestinal (Juan-Tresserras, 1997), pero usando esta escala desconocemos qué papel jugaba el individuo en el esquema social al que pertenecía. Al menos si la muestra se reduce a un único individuo, aunque aun existe la posibilidad de recurrir a otros campos de la disciplina histórica para contextualizar lo aislado de la evidencia.

No obstante, esta información es la más básica, al menos para obtenerla sobre el consumo de alimentos vegetales. Aunque sigue siendo posible aplicar aquí un modelo teórico determinado para explicar por qué encontramos un determinado morfotipo silíceo y no otro (**Figura 14**). El estudio sedimentológico, o de residuos cerámicos y líticos por el contrario puede aportar una información que aunque indirecta, ofrece una imagen del registro relacionada con áreas comunes de ocupación, procesado o almacenamiento (Juan-Tresserras, 1997; entre otros). La presencia de fitolitos o almidones en concentraciones elevadas puede estar indicando un uso no sólo personal sino también comunal, caso de zonas para el molturado de cereales que han permanecido conservados bajo la forma de múltiples gránulos de almidón apelmazados entre sí (**Figura 15**). En todo caso, como ocurre con otras evidencias micro-botánicas, su entidad —como referentes de determinadas actividades antrópicas— sólo puede dirimirse, y aun con importantes sesgos explicativos, mediante comparación cuantitativa con abundantes y muy diversos materiales de referencia. En ellos resulta fundamental el estudio tendente a verificar la composición numérica del registro, por individuos y grupos de éstos, atendiendo especialmente a su concentración y número mínimo contabilizado, para llevar a cabo estimaciones sobre la presencia de especies o géneros vegetales, tal y como se expresa en trabajos específicos de tipo micropaleontológico (Fatela y Taborada, 2002; entre otros).

No obstante, en algunos casos —especialmente en restos bioantropológicos como cálculos dentales y residuos intestinales—, existen limitaciones para obtener una muestra suficientemente representativa, dado que se trata de materiales fundamentales (como entidad arqueológica única). Para lo cual sigue siendo importante el estudio experimental con materiales que, como los alimenticios, permiten estimar las proporciones de partículas vegetales generadas por gramo de muestra, en cada parte de las plantas consumidas, como frutos, semillas y tubérculos. Pero es en el caso del estudio de estos últimos residuos donde podemos bajar a analizar el papel de tales productos en la vida de un individuo, debiéndosele otorgar toda la importancia de una información directa (**Figura 5**). Entre ambos, residuos individuales y de tipo más colectivo, podemos asumir por ejemplo la importancia —con una amplitud de matices considerable— de los cereales en la alimentación, pero también en las estructuras socioeconómicas, en las poblaciones canarias, prehistóricas e históricas.

En el caso de la presencia de cereales en la dieta, como atestigua el análisis de fitolitos en coprolitos de época moderna localizados en las fosas de enterramiento de la Iglesia de La Concepción (Afonso *et al.*, 2011), no hace sino ratificar la permanencia de recursos ya existentes en época aborígen en Tenerife y que, aunque siguen siendo parte de la alimentación vegetal de estas poblaciones, comienzan a mostrar cambios propiciados por nuevas estructuras económicas, ya no tan autárquicas, donde los intercambios mercantiles entre Islas se benefician de los operados a escala oceánica con América (Afonso *et al.*, 2008a; Alzola, 1984). De esos mismos cereales queda constancia microscópica, en este caso bajo la forma de gránulos de almidón, en industrias vegetales que pudieron servir como elemento doméstico de soporte, que preservará el espacio empleado como molienda de la contaminación del suelo del mismo (Figura 6). Tal es el caso del residuo analizado, plagado de almidones del grupo *Triticeae*, procedente de un tejido vegetal recuperado en contextos arqueológicos en el Barranco de Guayadeque (Gran Canaria).

En todo caso, el planteamiento ideológico que guía este trabajo quisiera ser ante todo ecléctico, aunque asumiendo –desde la importancia que el mundo de las ciencias sociales otorga a *lo teórico*– que esta postura podría lastimar el desarrollo de su objetivo histórico. Por ello, el estudio aquí propuesto no sólo busca dotarse de complejidad metodológica sino, inexcusablemente, también de cierta base teórica. Sin embargo, ésta no pretende posicionarse definitivamente, quizá huyendo –por razones personales– del reduccionismo ideológico similar al ya existente en la vida política, que pudiera anclar su ideal de herramienta explicativa eminentemente crítica, pragmática, didáctica. Pese a ello, retoma ciertos aspectos ya propuestos, como los expresados, al centrar su búsqueda en todo rastro de los individuos, pertenecientes a diferentes momentos culturales, que en etapas prehistóricas e históricas desarrollaron diferentes tipos de actividades en un lugar y momento concretos.



**Figura 14** (Izqda.): Fitolito de célula larga equinada/dendriforme (*elongate echinate/dendriform long cell phytolith*, ICPN 1.0), en coprolito humano de la Parroquia de La Concepción-95. **Figura 15** (Dcha.), Matriz de almidones de cereales del grupo *Triticeae* (*Triticeae starchs*) detectada en una muestra de tejido vegetal de origen arqueológico (Bco. de Guayadeque, Gran Canaria), bajo luz polarizada. Fotos: J.A.

Aunque no descarto que en un futuro la orientación de esta investigación en microfósiles permita abordar determinados aspectos históricos desde un posicionamiento definido, por ahora no pretende la identificación de esquemas preconcebidos, como el conflicto base-superestructura o la lógica propia de los desequilibrios sociales, sino todos aquellos indicios que puedan permitir al menos una interpretación verosímil desde el conjunto de datos obtenidos. Como se observará en el apartado de Resultados, tampoco se pretende ofrecer sin más una serie de datos correlacionados o aislados, como resultaría de una práctica arqueológica de corte positivista, sino que en la medida de lo posible se intenta siempre asociar éstos a interpretaciones, todo lo más de tipo ecológico-cultural. Pero como ya he planteado, el concepto de “gran despensa”, propiciado por dicha tendencia con sus limitaciones o potencialidades, no es un criterio que me lo explica todo.

Porque también en nuestro caso, los datos empíricos presentan una obtención y manejo muy complejo, que retrasan y limitan la generación de lecturas e inferencias. Pero especialmente porque el objetivo sigue siendo un aporte de datos fiables, y luego una modesta pero rotunda interpretación en su planteamiento fundamental: ***el medio ambiente refleja nuestra actitud –y de nuestras sociedades– hacia la resolución de nuestros problemas cotidianos.*** La cual es abordada en función de distintos parámetros, totalmente ideológicos, de forma más o menos compleja. Que vienen a decir que la explotación del medio resulta más acorde con determinadas necesidades y concretos intereses, donde priman casi siempre el comportamiento individual y grupal antes que la reflexión preliminar. Tónica que –a mi entender– responde únicamente al propio comportamiento humano, tanto en su faceta gregaria como individualista, cuando la explotación del medio debe satisfacer conceptos absolutamente opuestos a la estabilidad de los ecosistemas a corto plazo.

En todo caso parece existir en cualquier acción –desde mi perspectiva– una necesidad que bien siendo primaria o secundaria los humanos tendemos a justificar como de inmediata necesidad y ejecución, y que no siempre atendiendo –en la mayoría de las ocasiones– a principios morales.

Obviamente, aunque será complejo llegar a describir las leyes que rigen dicho objetivo, nuestra realidad social sigue siendo una fundamental imagen que nos permite preguntarnos por las del pasado. El resultado de obtener respuestas sobre tales cuestiones, aconseja, en virtud de las características del medio de estudio, que las mismas –sobre el objeto empírico designado– sigan protocolos más propios de las ciencias naturales que las sociales, aunque luego el proceso explicativo se deba atener al esquema común de estas últimas. No olvidemos que aunque los medios son diferentes, el objetivo sigue siendo una explicación –más o menos compleja y profunda– sobre las relaciones entre seres humanos del pasado, consigo y con su entorno.

#### **Microhistorias: el complejo avance hacia la Microarqueología.**

Desde la perspectiva anterior planteo en varios puntos de la presente Tesis, lo que podrían ser los muy básicos preceptos teóricos que la han guiado. Dentro de ellos la ***Microhistoria***, como posible modelo y concepto a la vez, que une el paradigma teórico y analítico propuesto por autores como Ginzburg (1981) al de una ***Microhistoria experimental*** –pero sobre todo

“práctica”— versada en el análisis microscópico de materiales que buscan datos con los que entretejer una “suerte minuciosa y parcial” del relato de los protagonistas de la Prehistoria, también de las Islas Canarias. Si, tras la ordenación de los datos observados, la emisión de lecturas relacionadas con la historia del individuo así como del contexto social al que pertenece, puede confeccionarse una lectura todo lo compleja posible sobre ambos, significaría haber completado el ciclo investigador diseñado de antemano.

Si tomamos el descenso a la percepción cultural individual protagonizado en *El Queso y los gusanos*<sup>40</sup> por Menocchio/Menoquio, que supuso la puesta en escena de una metodología histórica innovadora<sup>41</sup> basada en la objetivación detallada de un personaje para asumir el estudio de un determinado proceso histórico, el viaje al interior de muestras arqueológicas podría suponer un ejercicio similar<sup>42</sup>.

En este caso se trata de una *apnea microscópica* que nos introduce dentro un corpus de datos complejo. En él que se descubre un humilde y fascinante mundo, estrechamente relacionado con la cotidianeidad humana pero codificado por su propia naturaleza, de diminuto tamaño, lamentablemente infravalorado desde nuestra huidiza y macroscópica percepción de la realidad. En muchos casos la decodificación es directa, favorecida por la naturaleza de muestras como las de origen bioantropológico, cuya relación con un proceso cotidiano tal que la alimentación humana, puede remontarnos al consumo de cereales y leguminosas de hace unos 3.500 años, aspectos a los que es posible llegar a través del estudio de residuos intestinales y paleoheces fecales o coprolitos<sup>43</sup> (Figuras 16 y 17).

Es también *el mundo de lo que queda después del paso del tiempo*, en los residuos —no visibles— derivados de nuestras actividades cotidianas. Aunque no todos los integrantes del mismo puedan ser reconocidos en muestras muy antiguas, la mayoría de ellos presentan —como ocurre con los alimentos que ingerimos a diario—, parámetros concretos que permiten reconocer su origen natural (Figura 18), y como pueden perder dicha “naturalidad” con los modernos procesos de tratamiento (Figura 19).

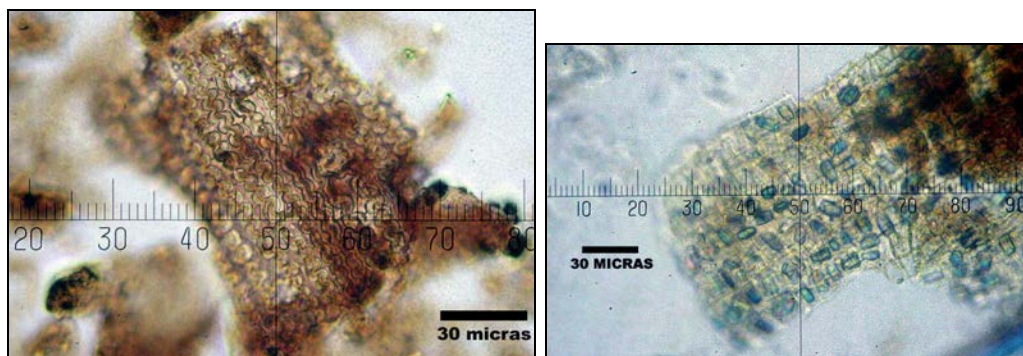
---

<sup>40</sup> Ginzburg, 1981.

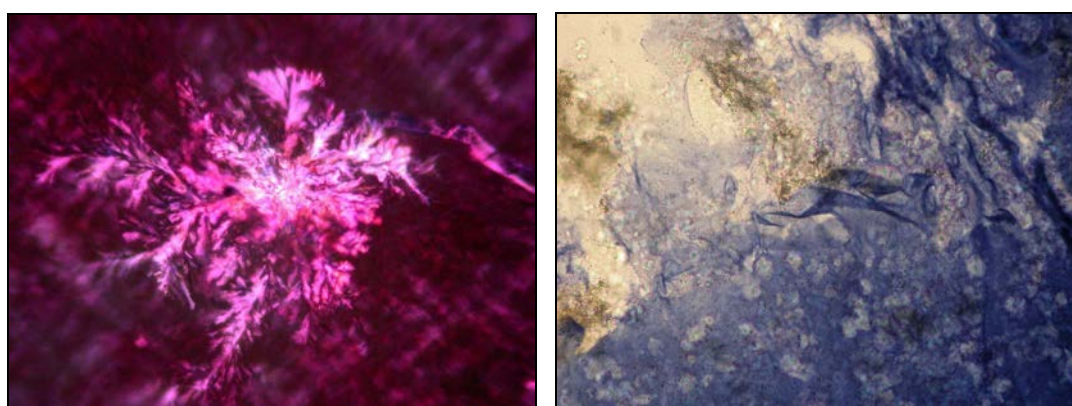
<sup>41</sup> Con la prudencia de que los datos obtenidos, son en algunos casos puntualmente a nivel de individuo histórico, y desde su inserción en inferencias propias de una explicación de corte histórico social, creemos que debe hacerse limitando el apartado imaginativo a la experiencia de un único individuo, donde obviamente existirán parámetros propios de la sociedad donde se encuentra, pero restringidos a su propio y único caso.

<sup>42</sup> Conociendo la parte más vulnerable de la microhistoria, como puede ser la propuesta por Casanova (1990) al respecto de realizar reconstrucciones, más o menos imaginativas, de episodios basados en testimonios personales o en su caso documentales, como ocurre en la obra de Ginzburg (1981).

<sup>43</sup> Así pudo comprobarse con el estudio microscópico conjunto que llevamos a cabo con la Dra. Herminia Gijón (ULL/U.G.), sobre residuos intestinales de individuos momificados de la Edad del Bronce del sur en la Península Ibérica (en estudio).



**Figura 16** (Izqda.), Esqueleto silíceo de cereal. **Figura 17** (Drcha.), Tejido vegetal con cristales romboédricos de oxalato de calcio, probablemente de una leguminosa comestible. Ambos en el residuo intestinal de restos humanos del Bronce de la Península Ibérica, aun en estudio.



**Figura 18** (Izqda.), Cristalización ramificada en la epidermis de uva roja «Red globe». **Figura 19** (Drcha.), Pasta alimenticia de trigo, amasada con agua y observada bajo tinción yodada. Nótese la ausencia de almidones, al contrario que en la **Figura 15** (Guayadeque), cuya presencia en la pasta únicamente se percibe por la reacción, común de tales compuestos, a la tinción de yodo (color malva-azulado). En este caso el proceso de gelatinización se ha completado, no existiendo ninguna posibilidad de estudiar almidones aislados al microscopio, aunque sigue siendo posible evidenciar su presencia por la reacción de su contenido químico. J.A.

En definitiva, todo ello no es nada nuevo en investigación histórica, ya que se trata de una restitución del pasado desde los distintos tipos de fuentes de información disponibles, entendiéndose que ello permitirá una aproximación indirecta al mismo. Únicamente varía la tipología de la información, que pasa de ser macroscópica a microscópica, y de centrarse en la disposición de elementos y aspectos estructurales<sup>44</sup> a valorar cada partícula por separado, interpretando —desde sus parámetros morfométricos— su origen vegetal. Pero también haciéndolo con su concentración, para poder valorar su entidad (por presencia/ausencia) en un contexto arqueológico dado. También en este caso nuestro trabajo supone un tipo singular de abordaje a la explicación histórica,

<sup>44</sup> Como puede resultar el objetivo de un análisis micromorfológico.

al hacerlo desde la decodificación de la información emanada de elementos microscópicos, que empleamos como fuente de información, y que debe aportarnos los datos para comprobar la idoneidad de nuestras hipótesis sobre el pasado.

Pero bucear en el micro-mundo de una preparación microscópica realizada con sedimento arqueológico –parte del cual los arqueólogos se llevan cada día a la ducha– es algo que pocos plantearon como forma de hacer arqueología (Biek, 1963), y que aun hoy se difumina –fruto de la especialización– hacia complejas formas de analíticas aisladas o parciales. No obstante, no es difícil percibir –y comprobar mediante muy básicas técnicas microscópicas– que ese tipo de arqueología no es diferente a la que realizada mediante prácticas arqueológicas convencionales, variando únicamente las herramientas de trabajo y la perspectiva de estudio. Y no dudando por ello en aplicarla, con óptimos resultados, esto es: lograr establecer una estrecha relación entre teoría, datos e hipótesis, configurando un relato verosímil de la realidad que pretendemos reconstruir.

En la actualidad dicho aspecto se encuentra muy desarrollado en el ámbito de la micropaleontología, en concreto en el estudio de microfósiles vegetales como los quistes de resistencia de algas crisofitas y valvas diatomeas (Stoermer & Smol, 1999), pese a ser el estudio de estas últimas el de más antigua tradición disciplinar. Efectivamente, podemos establecer lo que puede ser un antecedente metodológico, del proceder microarqueológico que proponemos en esta Tesis, en los planteamientos de Smol (1985) y posteriores de Sandgreen, Smol & Kristiansen (1995), al respecto de los muestreos y análisis microscópicos de pequeñas porciones de sedimentos superficiales, lo que ellos denominan “*training sets*”.

Como mínimo debemos expresar la afortunada idoneidad de esta práctica, de sorprendentes resultados formativos y explicativos. Que no obstante ya se encontraban planteados en varios manuales de microscopía óptica (Nachtigall, 1997; entre otros), y que en especial habían sido propuestos por un maestro en estos menesteres como fue T.E. Wallis (1968), tanto a nivel de análisis de muestras de plantas como de materiales de muy diferente naturaleza, donde se introducía la perspectiva de analizarlos con el microscopio, no sólo para reconocer plantas o sus partículas más ínfimas (representantes de un todo que debía conocerse) sino de hacerlo con fines “prácticos”, de asociación con una determinada actividad humana. Es en ese punto donde la Microscopía Analítica asume un papel fundamental que trasciende, en planteamientos explicativos, a la Paleontología, distinguiéndose entonces por su versatilidad, tanto en el rango del tipo de muestras como cronológico.

Efectivamente, el hecho de realizar una inspección microscópica sobre una mínima muestra de suelo o sedimento, con una manifiesta y que podríamos calificar de ingenua obviedad, se ha vuelto la piedra angular de nuestra investigación, convirtiéndose en la primera lectura sobre lo que queda por hacer en el mundo de su aplicación arqueológica: casi todo. Eso al menos desde la perspectiva que planteamos desarrollar como Microarqueología vegetal, es decir muestrear y analizar para conocer primero, para responder luego a preguntas complejas, las cuales quedan perfectamente

ejemplificadas en los trabajos realizados –mediante el estudio de fitolitos y sedimentos– por Albert & Weiner (2001). Obviamente no puede olvidarse aquí la aportación de la Micromorfología en estas cuestiones, ya que como parte indispensable de cualquier estudio de suelos y sedimentos permite conocer la estructuración y componentes de los mismos en tiempo y espacio, con la innegable alta definición de sus interpretaciones. Y con posibilidades de mostrar numerosos aspectos de materiales arqueológicos prehistóricos y suelos asociados (Arpin & Goldberg, 2004; Courty *et al.*, 1989; entre otros). Sin embargo, como expresamos en varias ocasiones, creo que existen diferencias disciplinares que separan los planteamientos descritos para la Micromorfología con los que aquí proponemos, confiando siempre que entre ambas pueda prevalecer el espíritu de la complementación.

Concepto y evidencias microscópicas se unen para conformar así un trabajo que busca definir la percepción de otros hombres/mujeres dentro de marcos crono-espaciales diferentes al nuestro. Se trata siempre de emplear la **Microarqueología** para llegar a dotarnos de datos microhistóricos, especialmente aquellos que nos introducen tanto en sucesos individuales como de grupo, que son los que nos permitirán insertarlos en los de mayor rango histórico: los procesos sociales en concretas secuencias y marcos temporales y espaciales. Todo ello se busca en este caso mediante el reconocimiento de elementos que podrían configurar prácticas cotidianas diferentes a las de otras zonas contemporáneas, pero que siguen teniendo, a fin de cuentas, como protagonistas a mujeres y hombres, sólo que en ámbitos temporales y espaciales distantes de los nuestros. La pretensión entonces se vuelve hacia la realización práctica, para lograr mediante un ejercicio de caracterización medioambiental y bioarqueológica, explicaciones parciales sobre el devenir de las gentes de la Prehistoria y la Historia.

Si la propuesta de Geertz (1987) para con la investigación en las ciencias sociales fue: *–Busca la complejidad y ordénala*, basándose y ampliando la máxima de Whitehead<sup>45</sup> *–sobre las ciencias naturales– de: –Busca la simplicidad y desconfía de ella*, quizás no esté de más plantear una tercera derivada de las anteriores que fuese: *Ordena la complejidad huyendo (y huye) de la simpleza*. Ya que sinceramente creo que en ambos planteamientos podemos encontrar los que guían la compleja labor de estructurar una investigación basada en documentos tan particulares como los microscópicos. Pero que en resumidas cuentas puede mostrar cual puede ser el punto de partida para arqueólogos e historiadores. No obstante, también me ha hecho reflexionar sobre la naturaleza de un estudio histórico actual y preguntarme por ello: ¿no puede haber explicación efectiva, acorde a los tiempos actuales, cuando no existe renovación del discurso?. De forma también obvia, el resultado de un análisis microscópico, aplicado como búsqueda de conocimiento histórico, puede seguir el objetivo básico de obtener información, como una fuente más de la misma.

---

<sup>45</sup> No disponemos de la obra exacta donde se contiene la cita, aunque sin duda debe situarse en la obra de Whitehead, en sus escritos y publicaciones situadas entre 1917 y 1947, periodo donde expondrá al mundo su particular perspectiva del pensamiento filosófico y científico, y especialmente como ambos debían relacionarse para dar lo que él consideraba explicaciones válidas.

Sin embargo, parece adecuado meditar, antes de su inicio, qué se hará con ella una vez obtenida. En este trabajo también se busca ordenar la complejidad —teórica y empírica— desde la desconfianza en la simpleza, es decir: se utilizan preceptos propios de las ciencias sociales realizando, para la obtención de datos, un ejercicio metodológico derivado de las ciencias naturales, y en concreto biológicas. En todo caso, se pretende seguir, por ahora, con la idea de que el método científico prevalezca sobre el discurso teórico, relegando éste a la futura emisión de preguntas-problema concretas que permitan su resolución mediante los datos obtenidos. De esta forma la estructura ideológica es ajustada, y quizás refrenada, para que condicione lo menos posible los resultados —sin desestimar por ello el valor dado a la interpretación— en cuanto a lecturas e inferencias finales, que deben evitar que el trabajo adolezca de una tendencia positivista<sup>46</sup>. La seguridad en los motivos que guían el presente trabajo de investigación, facilita emitir tales aseveraciones, bajo el riesgo de la común crítica disciplinar, a la que sólo resta entender como necesario mecanismo de librepensamiento, unas veces justo y otrora —por su naturaleza humana— completamente mediatizado por diferentes tipos de intereses, también humanos.

En todo caso se trata siempre de una percepción abierta a la discusión, donde quiere hacerse imperar el sentido crítico sobre las cuestiones ideológicas de base. Si bien dentro del ámbito de los posicionamientos teóricos existe una afortunada amplitud ideológica, existen radicalizaciones preocupantes. Y desde mi perspectiva lo son tanto las que descartan la investigación histórica sin un esquema ideológico puro, como las que rayan en un aséptico neopositivismo buscador de datos, amparados éstos en la más moderna tecnología analítica y de tratamiento de los mismos. Pretendo, probablemente más de intención que *de facto*, estar al margen de ambos, cuando sin asumir una posición ideológica concreta reconozco no estar exento de comulgar con posturas enclavadas en nuestro consciente, y subconsciente, acerca de la realidad cotidiana, del desencuentro de las políticas capitalistas con las sociales, o con el consentimiento auto-convencimiento del individuo a justificar reglas de relación común basadas únicamente en sus derechos.

Asumo así un posicionamiento que intenta acogerse al espacio existente entre los estudios de la realidad socioeconómica y la paleo-etnobotánica, quizás rayando en cierta rebeldía de pensamiento, también histórico. No niego que, aunque el ecologismo-cultural haya hecho mella en muchos trabajos de este tipo, no es menos cierto que el materialismo histórico —que sigue imperando en muchos arqueólogos prehistoriadores actuales—, me ha influido, al menos de forma indirecta. Pero el planteamiento seguido en esta

---

<sup>46</sup> Siguiendo a Geertz, sobre el empleo de tales términos intelectuales, en muchas ocasiones empleados de forma peyorativa, también nos parece adecuado negar e incluso menospreciar su empleo, ya que la mayoría de las veces —como ocurre con otros tipos de despropósitos— obedecen a la incapacidad para responder adecuadamente (esto es: asumiendo pacíficamente posturas opuestas a las nuestras) en determinadas condiciones cotidianas y también las relacionadas con la práctica intelectual.



Tesis ha intentado siempre configurar un esquema propio<sup>47</sup>. Únicamente se basa de emplear los restos derivados del medio ambiente vegetal como vehículo de aproximación a una sociedad del pasado (fuentes de información indirecta), o a los individuos que la formaban (fuentes de información directa) para ordenar la complejidad existente desde el registro micro-arqueológico, pero sin intentar la identificación de una estructura social siguiendo esquemas contemporáneos/actuales, aunque sí reconociendo el rastro de la misma en los materiales analizados. Quizás por ello nuestro trabajo, a nivel teórico, se ha detenido en un primer y básico nivel, puesto que la premura corría más de parte de la experimentación y la metodología que de ese criterio. Por ahora.

Creo que lo verdaderamente importante sería encontrar un medio de análisis que permitiera identificar determinados aspectos, como la de definir las características de un comportamiento social sin ideas preconcebidas; así podríamos llegar al hombre/mujer, en su complejidad personal y de grupo, desde un método complejo que huye de la simplificación. Aunque asumo que este objetivo, desde el abordaje teórico-práctico que propongo, puede ser catalogado de *simplista*, es sin embargo sumamente ambicioso, porque creo, firmemente —como ya he manifestado anteriormente— que existen pretensiones que pueden ser, aunque sea de forma parcial, realizables.

Todo ello se pretende abordar desde documentos muy concretos y dispares, como los registros de biomineralizaciones aplicados a la resolución de preguntas-problema que abarcan las características del medio vegetal, o el aprovechamiento de unos recursos y no otros. Obviamente, hemos entendido que se trata de un primer acercamiento, una primera valoración teórico-metodológica que podría emplearse en posteriores y más concretos aspectos temáticos. A riesgo de ser entendida como ambigüedad o indefinición, opto de esta manera por una ideología básica en vías de una completa definición, amparándome no obstante en la percepción de que los posicionamientos teóricos, como otras facetas humanas, deben seguir el paso de los cambios sociales y científicos, culturales y tecnológicos, adaptándose a ellos con su necesaria y natural evolución. En su simpleza creo haber podido hacer de este planteamiento un punto de partida, para dar forma al modesto proyecto de investigación aquí presentado.

---

<sup>47</sup> A estas alturas no se trata de ocultar, ni sentir complejos, por el personal desencuentro con los comportamientos gregarios, pues puede militar también en un pacífico individualismo, buscador incansable de la autosuficiencia y oportuno —aunque para muchos escaso— sentido de la solidaridad. En todo caso, aunque existe un campo de batalla teórico donde se miden las lecturas arqueológicas de uno y otro signo, creo que aun otro le supera en importancia, aquél que nos sitúa en trabajadores de lo social mediante el oficio de arqueólogos. Pese a que seamos críticos con aquellos planteamientos que se consideran más cercanos a objetivo y oficio que otros, generar conocimiento riguroso y crítico se me antoja, por ahora, por encima del despliegue de posicionamientos claramente definidos y sin duda destacables por su potencial, histórico, arqueológico, para ser aplicados como herramienta teórica que permita estructurar aspectos de fundamental relevancia social.

### Algunos aspectos teóricos en el método empleado.

*“Aunque efectivamente en toda esa amalgama teórica que ha sido denominada posmodernismo pueden encontrarse excesos, lo cierto es que, como en el caso de los estudios del paisaje, es posible identificar esfuerzos por trascender los tradicionales límites que los estudios del pasado tienen, permitiendo así enfrentarse a aquellos problemas que preocupan a la sociedad actual, espejo en el que la Arqueología, como disciplina social debe reflejarse.”*

Javier Soler, 2004

La probabilidad de que este trabajo se base en aspectos teórico-prácticos muy personales y básicos es extremadamente alta. Ello se traduce primeramente en no asumir un posicionamiento historiográfico concreto, como ya se habrá observado previamente. Me acojo con ello, para presentar esta Tesis, a la autopercepción como aprendiz esencialmente preocupado en ofrecer pericia en los básicos menesteres encomendados, logrando la aprobación de aquellos que sí desarrollan postulados historiográficos hasta sus últimas consecuencias. Aunque firmemente creo que tal proceder responde más a no acogerme a un marco teórico preciso que a la ausencia del mismo a nivel personal y profesional.

Y es que –desde mi perspectiva– los preceptos teóricos deben estar ante todo basados en los parámetros de flexibilidad y reflexibilidad, la primera para asumir que el análisis de los materiales arqueológicos –como evidencias empíricas– pueden variar la información que esperábamos obtener, y la segunda para reflexionar sobre lo que pretendíamos explicar con ellas. Ambos preceptos, así entendidos, pueden permitirnos explicar, y sobre todo centrarnos, en la resolución de problemas arqueológicos que abordan uno u otro proceso histórico, siempre de la forma menos especulativa posible. De este modo, como destaca Soler (2004) para la Arqueología del Paisaje y tomando la perspectiva posmodernista como ejemplo, *la Arqueología podrá acometer cuestiones de contenido cultural y social actuales cuando esté presta a realizar la difícil tarea de insertar, nuestra disciplina, en la imperante y simplificada trama cultural de la sociedad actual.*

Dado que no sólo asumo la resolución de cuestiones propias de un estudio histórico y arqueológico, sino también parte de un método analítico inserto en una disciplina propia (llámese fitolitología pura o microarqueología en un sentido más amplio), las cuestiones de base siguen siendo complejas. Porque aquí los aspectos que motivan el desarrollo del trabajo son las que dictan también la simplicidad o complejidad del apartado teórico. Por ello recorro, por ahora, a cantidades mínimas de postulados teóricos, y en ellos inserto *la cuestión fitolítica*, como parte de la realidad investigadora que involucra nuestra investigación y de la que partió ésta en sus inicios<sup>48</sup>. Esperando, si la

<sup>48</sup> La perspectiva de acometer una investigación arqueológica, que aquí se presenta bajo la forma sintetizada de una tesis doctoral, en estos términos es totalmente personal, asumiendo con ello la total responsabilidad de ambas, dada la posibilidad de

aproximación que propongo me da pie a ello, optar a defender un precepto teórico dado, aunque en mi interior subyace cierta rebeldía más tornada al eclecticismo ideológico.

El precepto básico, para acometer todo el aparato metodológico presentado, ha debido seguir un modesto principio de “indagación científica previa”, necesario para evaluar qué datos podían aportarnos –al estudio de las poblaciones prehistóricas canarias– ciertas metodologías analíticas que enlazaban el mundo de las plantas y los materiales arqueológicos, desde los más comunes hasta los menos habituales, y por derivación, la posible información generada entre ambos. Dicha información debía, como primera hipótesis, ofrecer datos sólidos sobre la existencia de determinados restos vegetales en dichos materiales arqueológicos. De ser cierta su presencia en los mismos, sería factible entonces su inserción en temas fundamentales, como la explotación de determinados recursos vegetales y la dieta, o incluso sobre el medio ambiente imperante, entendiendo que diferenciar tales conceptos se convertiría en un paso de obligado cumplimiento, al menos de querer emplearlos como parte de una explicación histórica.

Pero para identificar dichos restos vegetales –biomineralizaciones vegetales como los fitolitos– había que abrir una investigación propia, específica y asociada a prácticas disciplinares de las ciencias naturales y la arqueobotánica, y en estas –en el ámbito de Canarias– tampoco se contaba con trabajos previos similares. Por ello, la forma en la que utilizar los posibles datos existentes dilataba –por lo complejo de la materia– la capacidad para ofrecer explicaciones arqueológicas y más aun, las necesariamente enclavadas dentro de un determinado proceso social e histórico. Y en este punto sigue constituyéndose como meta el lograr que el análisis de fitolitos, de microfósiles, alcancen un mayor nivel de implicación en su versión de disciplina inserta en una ciencia social.

Si bien es cierto que existen ejemplos palpables de explicaciones complejas sobre sociedades prehistóricas, basándose en el estudio de tales elementos microscópicos (Albert *et al.*, 1999; Piperno, 2006; entre otros), lo cierto es que el ciclo de investigación es muy amplio y complejo, especialmente porque se requiere de un estudio analítico paralelo sobre la realidad microscópica de los materiales contextuales, tanto de vegetación como de ambiente edáfico y geológico. De tal modo que, desde la recogida de muestras hasta la emisión de resultados explicativos, sobre todo aquellos que deben valorar la “entidad antrópica” del registro microscópico, transcurre un considerable lapso de tiempo, sobre todo hasta lograr que la conjunción de las bases empírico-teóricas para su inserción histórica sean un hecho. En resumen, que para llegar a conclusiones, inferencias y lecturas sobre un proceso histórico dado, el proceso se torna tan lento y dilatado como el que

---

percibirse como impropia de los que se consideran parámetros incuestionables de una investigación de ciencias sociales. Pese a ello, y desde esa perspectiva personal, sigue pareciéndome fundamental sus objetivos, su puesta en marcha y sus resultados, y en suma su aportación de conocimiento, verdadero baluarte de toda investigación siempre que cumpla con los criterios (autoimpuestos en el mejor de los casos) de rigor (hasta donde sea posible alcanzarlo) y honestidad (ésta sí en su grado de máximo desarrollo).

suelen imponer las múltiples tareas de una investigación con base microscópica.

Pese a que existen notables intentos de asociar un estudio semejante a una determinada corriente historiográfica —en concreto al materialismo histórico (Zurro, 2006)— éstos parecen adolecer aun de forzar el ajuste entre datos y teoría, explotando al máximo el apartado metodológico y los datos obtenidos.

Y llegados a ese punto es donde me parecen totalmente acertados —desde su moderación— los planteamientos de Julián Casanova (1991), al opinar que parece contraproducente querer vincular a un determinado posicionamiento intelectual por el hecho de disponer sólidos conocimientos empíricos sobre una determinada materia. Corriendo entonces el riesgo de hacer primar la perspectiva teórica sobre los datos existentes, más cuando estos se hallan aun dispersos y generados por una amplia y variopinta comunidad científica. Por ello la defensa y definición de un posicionamiento teórico ecléctico, con respecto al estudio de una sociedad del pasado, me parece claramente expresada —igualmente por Casanova (1991)— cuando retoma el ejemplo del materialismo histórico, despojándole del cierto monopolio que puede ejercer sobre la historia social:

*“No hace falta adorar a Marx, por ejemplo, para estar de acuerdo en la proposición básica de que las clases sociales, el conflicto de clase y la conciencia de clases existen y desempeñan un papel importante en la historia.”*

Obviamente, como ocurre con todos nosotros cuando buscamos en los libros para comprobar que no estamos solos<sup>49</sup>, ha sido muy reconfortante la lectura de este historiador, especialmente por su visión de la tarea del investigador en Historia, destacando la importancia del empleo del conocimiento, la imaginación y un sistema coherente de pensamiento para comprobar la viabilidad de sus hipótesis. En todo ello percibo varias premisas fundamentales para la generación de conocimiento, como la idea de proponer una forma de pensar generando un modelo explicativo en el proceso investigador, que defina sus posibilidades y limitaciones, donde primen la libertad y la honradez intelectual. Creo que lo que Casanova tiene a bien considerar como *sabiduría*, supone una ardua y noble tarea de obtención y divulgación de conocimiento que debe ir precedida de un responsable ejercicio, para los hacedores de tales conocimientos y *sabidurías*, de tolerancia intelectual<sup>50</sup>.

---

<sup>49</sup> Obviamente entre otros y fundamentales aspectos intelectuales. Por ello me tomo la licencia de emplear los diálogos contenidos en *Tierras de Penumbra* (1993), cinta basada en la relación entre C.S. Lewis y H. Joy.

<sup>50</sup> En el mismo sentido nos expresaremos con motivo de la presentación del aparato metodológico seleccionado para llevar a cabo esta Tesis, dado que tanto en el plano intelectual —historiográfico especialmente— como en el que contempla métodos y técnicas de análisis se siguen produciendo (quizás como consecuencia de las duras condiciones económicas imperantes) escenas y ejemplos de clara imposición de normas, especialmente académica y científica. Sin duda el eclecticismo es aun un posicionamiento complejo de aceptar para la mayoría de investigadoras/es e incluso de considerar adecuado para ese tipo de ambientes.

En el caso que nos ocupa, una investigación que parte del estudio y reflexión sobre elementos microscópicos (fitolitos, microalgas, entre otros), cuya base empírica se encuentra aun sujeta a definición metodológica –aun a pesar de unos amplios antecedentes científicos modernos– parece prematuro basar sobre ellos una percepción marxista de la prehistoria. Que aunque quizás sea viable –como lúcidamente argumenta Zurro (2006)– no tiene porqué lograrse desde un único plano de investigación, tal y como se produce actualmente en dicha disciplina, sino asumiendo las perspectivas de ese variado conjunto de investigadores existentes (antes y ahora) «en fitolitos». En todo caso, para hacerlo, deben existir materiales con registros similares a los obtenidos, mediante experimentación con materiales actuales (muestras patrones de referencia). Aunque en algunos casos dicha práctica se encuentra operativa (Tsarsidou *et al.*, 2007 ; entre otros), habría que ponerlas además en comparación con otras, sobre sustratos naturales (suelos y sedimentos) para evaluar su grado de idoneidad explicativa. En este último caso parece fundamental descartar que el registro microscópico sea únicamente resultado de una concentración de factores no-antrópicos, provocados por el devenir natural de un lugar, no por ello estático en tiempo y espacio sino todo lo contrario.

Como se verá, en la adopción de un modelo teórico, aquí se ha sumado y cruzado otras subrutinas que comprometen –de no solucionarse– una investigación arqueológica de heterogénea base explicativa, en este caso arqueobotánica. Y se abren interrogantes como: ¿es acertado adoptar un determinado corpus metodológico sin un objetivo teórico previo?, y sobre todo: ¿hasta que punto en la lectura histórica final es importante el criterio cuantitativo? o puramente biológico. De la forma más modesta creo que la respuesta –en lo que atañe al presente trabajo– se encuentra en mantener recurrentes los criterios de la flexibilidad y reflexibilidad, defendiendo –sin complejos– la importancia de la visión ecléctica en la investigación. Tomando lo que creemos oportuno de ambos postulados, dejando que teoría, método, criterio cualitativo y cuantitativo mantengan abierta su aplicabilidad. Sin olvidar que es la resolución del problema lo verdaderamente importante, y que el posicionamiento ideológico no lo convierta en un compartimento estanco y predefinido<sup>51</sup>.

---

<sup>51</sup> Pese a la manifiesta insatisfacción teórica que puedan revelar las cuestiones vertidas, en ese sentido, en esta introducción y quizás en toda esta Tesis, lo cual se manifiesta bajo cierta forma irreverente de “negación de todo”, admito que estas cuestiones son de gran valor resolutivo. Y lo son a la hora de hallar respuestas a cuestiones, hechos, procesos que solamente podemos reconstruir en parte, aunque la vanidad como “científico básico” me invite creer que es posible hacerlo casi al completo. Reconozco en base a tal planteamiento que la complejidad teórica puede llevar a la complejidad explicativa. Y en la frontera entre el positivismo y el marxismo, por utilizar dos posturas enfrentadas, se dirime la posibilidad de formular preguntas que podrán quedarse en la descripción de los procesos o llegar a averiguar aspectos concretos de un sistema socioeconómico dado. Aunque la percepción de tal abismal diferencia no me es ajena y me ha sido claramente ejemplificada con el estudio de las sociedades del Formativo andino en Argentina (Dra. A. Korstanje, 2009, Com. Pers.), son aspectos que deben ser tenidos en cuenta también para encontrar nuevas y sin

Comparto no obstante la idea de que el método debe llegar a valorar la realidad del registro arqueológico, microscópico en nuestro caso, intentando que sus aspectos cualitativos (descripción y clasificación) y cuantitativos (concentración real) se encuentren perfectamente definidos. Pero esta tarea no puede tomar como meta final la emisión de asépticos resultados, amparados en la idoneidad del comparativo entre colecciones de referencia y registros arqueológicos, aunque tengamos la certeza de haber hallado el *método de todos los métodos*. El respeto hacia esta perspectiva, como a la que otorga preponderancia de la base teórica como eje rector en la posterior aplicación científica, no me evita plantear, ante ambas, la búsqueda y proposición de una tercera, ecléctica y sosegada vía de aproximación metodológica e interpretativa de nuestro pasado.

Y es que “hacer arqueología” también en algunos casos supone no encontrar lo que no se busca, lo que puede afirmar que sólo una búsqueda por objetivos –que equivale a disponer de una hipótesis suficientemente anclada en un posicionamiento teórico perfectamente definido– puede permitirnos explicar un proceso histórico con perspectivas de generar nuevo conocimiento.

Pero lejos, en este apartado, de buscar la negación de las perspectivas que muchos arqueólogos asumen como realidad fundamental para encarar un estudio histórico, sí que me reafirmo en la percepción personal de una práctica arqueológica –en su fase más teórica– como una figura geométrica, con muchos lados y superficies de amerizaje, siendo, en esa hipotética, insustancial y poliédrica perspectiva –que ya sólo tiene que ver con una parte de la realidad– la que atañe a los posicionamientos ideológicos y teóricos, personales y de grupo. Y es en una de esas superficies a donde pretendo descender con diferentes planteamientos, al respecto de un análisis arqueológico, como el que se esboza, aplica y defiende en esta Tesis doctoral.

#### **Desde “lo teórico” a la microarqueología vegetal sobre Canarias.**

No obstante, creo compartir la perspectiva de una realidad arqueológica donde lo que se encuentra, en una intervención, son evidencias y lo que se hace después con ellas se enclava dentro de las claves prefijadas en el discurso epistemológico, el razonamiento previo y la elección de un esquema teórico flexible, y de su empleo en la configuración de una explicación plausible sobre una pregunta-problema previa. Que preferentemente confirme el planteamiento ideológico de partida o sobre la cual pueda éste aplicarse.

Desde tal obvia y básica perspectiva, la ausencia del mencionado esquema supone para el investigador ser tachado de positivista, es decir que llevado por la ausencia de planteamientos metafísicos en sus postulados y amparado –en un exceso de confianza– en el aparato analítico y experimental desplegado, se convierte en un mero recolector y procesador de datos. Quiero creer que hoy por hoy los positivistas puros son ya escasos –al menos en las ciencias sociales– aunque es cierto que los hubo y puede que los halla, como

---

duda más dificultosas rutas, para seguir un posicionamiento de base que me es más accesible. En todo caso la resolución “del problema” (que en realidad son múltiples como lo son las aplicaciones arqueológicas) será siempre una suma de aportaciones, personales y de grupo.

lógica evolución de los postulados creados por Comte (1842, entre otros trabajos), seguidos por J.S. Mill y definitivamente defendidos extensamente por Rusell<sup>52</sup> y Wittgenstein. En resumen, pretendo entender que probablemente los positivistas actuales son una minoría tal que sus argumentos explicativos no resultan significativos. Salvo que se sancione positivamente la anterior y personal propuesta sobre la propia *disciplina de los fitolitos*, donde sin duda no sólo se utiliza el avance técnico como herramienta de obtención de información, sino que llega a primar sobre anteriores, y totalmente arqueológicos, preceptos teóricos previos.

Si bien es cierto que la tendencia científica global tiende a demostrar *la razón de las cosas* a través de la investigación de laboratorio, ello no debe significar para la Arqueología la imposición de una herramienta metodológica concreta, sino una opción técnica amparada en objetivos sociales, porque aquí también cada investigador debe limitar sus inferencias a los datos de los que dispone. En todo caso, cuando se introduzcan nuevas fuentes de obtención de información no aplicadas hasta entonces —como ocurre en nuestro caso y ocurrirá hasta un mañana indefinido— se debe evitar creer que la obtención de un mayor número de datos significa una explicación más verídica del pasado (Soler, 2004a). Pese a contar con la mejor tecnología “la verdad” sigue siendo algo muy esquivo y sobre todo muy manipulable a nivel humano, tanto para los postulados que pueden definirse como “científicas” como por otros con mayor carga filosófica.

Sí que parece operarse, que entre los historiadores, y los arqueólogos —a diferencia de los investigadores de “ciencias puras”—, se busca más volcar, e influir, sobre la sociedad una concreta percepción del mundo que solucionar problemas empíricos. Pero en este debate, probablemente arraigado en la historiografía actual, no vamos a entrar, pese a que marque la diferencia entre una percepción/producción científica estanca y otra didáctica, promotora del cambio social. Pero partimos siempre de la base de que ninguna investigación histórica es inocente, sino que se nutre de un esquema ideológico muy definido, aunque la forma de expresarlo y de llevarlo a término sea singularmente distinta en cada investigador<sup>53</sup>. Siendo consciente llegado este punto de la dificultad existente para lograr consensos ideológicos en la época actual, ya que en lo que probablemente sea otro *evento histórico de cambio de posturas ideológicas globales*, se está produciendo mecanismos de autoafirmación política, a pequeña y gran escala, que adolecen, en su simplificadas perspectivas, de una manifiesta escasez de miras sociales de amplio espectro, en concreto del global. Aunque paradójicamente quizás todo ello sea la consecuencia lógica del desafortunado, aunque consentido contagio, al proceso intelectual de la globalización de la economía capitalista,

---

<sup>52</sup> Aunque los planteamientos de Rusell influyeran en los de los positivistas lógicos (como los integrantes de lo que se denominó el Círculo de Viena), no cabe duda de que estamos ante uno de los grandes pensadores del siglo XX. Pese a su propuesta del Atomismo Lógico, una forma radical de empirismo, su propia evolución como pensador parece llevarle, al final de su vida, a percibir ese exceso de empirismo desmenuzador de los problemas en elementos aislados. Su obra contiene publicaciones desde 1896 a 1969.

<sup>53</sup> Soler, 2006, Com. Pers.

especialmente en lo que respecta a la adopción de modelos explicativos con afán competitivo, que debe ofrecer siempre la mayor tasa de rentabilidad, en materia de inversión de tiempo, obtención de resultados o impacto mediático.

En este punto creo acertado seguir a Hobsbawn (2000) como avanzado observador de la sociedad del siglo XXI, cuando plantea que el fenómeno cultural, resultante de la realidad económica —y del gradual éxito de la *búsqueda de la felicidad* acuñada por Jefferson— ha generado el modelo económico adoptado por los países desarrollados, modelo que ciertamente aporta logros personales y sociales —que tienden a ser igualmente exportados— pero que resultan difícilmente sostenibles en el tiempo. Quizás sea aquí donde las contradicciones de dicho modelo —y su repercusión cultural e intelectual— sea más comparable al efecto pernicioso de forzar la unificación de patrones de conducta con profunda y dispar naturaleza, y también diferentes en cuanto al abordaje e interpretación de los procesos sociales.

Y es que *globalizar un proceso intelectual*, aun aludiendo a lo positivo de sus resultados mediante la obtención de mayores cotas de efectividad técnica, imprime a los diferentes estados de consciencia cultural una reducción de sus posibilidades, tanto en el desarrollo de sus postulados como de los necesariamente heterogéneos puntos de vista. Parece posible, también en este sentido, adoptar el posicionamiento de Hobsbawn al afirmar que *la globalización no puede ser entendida sin reconocer el fenómeno de sincretismo que le sigue en cada zona*, en cada país, en cada comunidad, donde se adoptan usos y costumbres generales, pero que no impregnan los niveles más profundos de la colectividad, que aunque muta sus formas mantiene valores y no-valores. De tal manera que aun observando la unificación y simplificación de usos y costumbres, la globalización, también en aspectos que involucran a las ciencias —como la adopción de la lengua inglesa como única vía de comunicación dentro de la comunicación científica—, en algunos casos constituye la misma utopía de que, finalmente, el inglés será una lengua de uso general. Punto donde la disciplina de fitolitos también se encuentra aquejada por el intento de unificación impositiva de terminologías y métodos de estudio, algo que ya fuera acertadamente abordado por la Dra. A. Korstanje<sup>54</sup> durante el VII Congreso Internacional de Fitolitos (2008).

Desde esta perspectiva, los historiadores pueden adolecer de similares procesos de globalización y sincretismo en el desarrollo de la disciplina, y dado el caso de que escojan la inflexibilidad —consciente o inconsciente— como patrón de conducta, entonces debe apelarse y hacerse imperar —ajustando la mentalidad propia ante las luchas por el predominio científico— al sentido crítico, y más que hacia el exterior hacia el interior, individual y

---

<sup>54</sup> La respuesta, al debate de unificación terminológica y metodológica, también en el caso de la globalización lingüística, tomando el inglés como lengua a imponer, no puede ser más acertada, especialmente contando con la de sobra conocida riqueza del castellano: "*traslate the ICPN words to Spanish!*" (fragmento extraído de la comunicación "Global policies, periphery and phytoliths studies: archaeology of the discipline from a southern perspective"). Actas del 7º Congreso Internacional de Investigaciones Fitolíticas, Mar del Plata, Argentina. Korstanje, A.. (2008), Mar del Plata, 11-14 diciembre, 2008.



grupal. Se trataría así de aumentar aun más el sentido crítico, que no obstante, es visto –desde los planteamientos positivistas– como uno de los parámetros teóricos que permitirían limitar la influencia de la metafísica en el desarrollo de la labor científica. Dados tales inconvenientes y desde un talante conciliador, apelo una vez más a la reflexión real (ejecutiva) para “desjerarquizar” y descentralizar el proceso de creación de códigos descriptivos comunes, para lo cual se propuso el ICPN 1.0 con loables intenciones, pero parcialmente afectado por intentos de imponer una determinada tendencia academicista de corte anglosajón<sup>55</sup>.

Desde la perspectiva actual tales esquemas, métodos y modos de expresión teóricos parecen claramente polarizados. De una parte, la arraigada visión materialista histórica en la arqueología prehistórica, y de otra el gran corpus posmodernista que intenta, en muchos casos introducir esquemas explicativos nuevos, no tal volcados a la búsqueda de un esquema economicista como el anterior.

Como en otros muchos casos, nuestro trabajo tampoco es inocente, ni se encuentra al margen de una carga ideológica que, extendida e impregnada en todos sus intersticios, ha motivado su desarrollo y oficial finalización. Pero el anclaje ideológico de base no es la principal razón de sus objetivos sino más bien, llevado por la experiencia observada en otros investigadores y especialmente por los elaborados comentarios de Javier Soler<sup>56</sup> sobre las percepciones teóricas en Arqueología<sup>57</sup>, creo que se trata de un componente más de la investigación arqueológica, que también deba reformularse, mutando hacia posturas más eclécticas y reflexivas y... ¿porqué no? también nuevas, al paso de las que la sociedad nos va mostrando como necesarias. Quizás no esté de más el relajamiento de los distintos postulados teóricos existentes, para realizar un ejercicio de reflexión sobre lo que en realidad puede ser –desde disciplinas con una incuestionable responsabilidad social– la aportación real a la mejora de las sociedades actuales, aunque ésta sea bajo la forma de un espíritu crítico global.

Y es que la observación del mundo que nos rodea también nos aporta la percepción de que la realidad y sus problemas son muchas veces injustamente afrontados, especialmente cuando en los medios desplegados para hacerlo se despliega una alta carga ideológica, muchas veces polarizada y antagónica, incluso cuando ésta se encuentra enclavada dentro de las tendencias historiográficas con mayor responsabilidad social<sup>58</sup>. Creo que debe evitarse

---

<sup>55</sup> Aunque también con el beneplácito de grupos de investigaciones radicados en España.

<sup>56</sup> Arqueólogo, Departamento de Prehistoria, Arqueología e Historia Antigua, ULL.

<sup>57</sup> También en base a sus planteamientos historiográficos, plasmados en su Tesina (Soler, J., 2004) y posteriores publicaciones (Soler, 2007; entre otros).

<sup>58</sup> Defiendo aquí la idea de que la investigación debe ir acompañada de un sólido esquema de valores éticos y morales, tanto como para propiciar la relación interna en un entorno reflexivo y tolerante; convirtiéndola en un instrumento de avance personal y social, donde el espíritu crítico esté por encima de otras premisas. La percepción de una Historia Humana, basada en un único posicionamiento podría adolecer de no haber asumido la autocrítica, como primer paso, antes de afrontar estudios sobre las

alcanzar –como en otros aspectos de la realidad cotidiana– el nivel de saturación ideológica que vuelve, también la investigación, algo pernicioso, tanto como para utilizarla como herramienta de ataque y derribo en el seno de los foros académicos<sup>59</sup>.

El modelo teórico de nuestra propuesta podría situarse entre varios posicionamientos pero, en todo caso, no se resume a una postura ecléctica con acento determinista ambiental. Aquella donde el grupo humano, sometido a estudio, se perciba como un puro explotador del medio circundante («la gran despena»), o meros organismos superiores dispuestos a la adaptación a los recursos que se presentan ante sus horizontes culturales. Este planteamiento negaría en parte un posicionamiento ecológico-cultural, pero sin descartar algunos de sus postulados. Una “suerte” de conjunción historiográfica nos hace entonces inclinarnos por la adaptación al medio sí, pero desde unos parámetros estratégicos que sólo un grupo cultural y social definido puede desplegar<sup>60</sup>. Nos ha sido especialmente interesante, en este sentido, los planteamientos aportados por F. Bate<sup>61</sup> al opinar que el esquema ecológico cultural aplicado de forma pura puede verse restringido a una percepción darwinista de la relación, interacción y respuesta humanas con el medio ambiente imperante en uno u otro lugar. Una percepción que por tanto limita sus posibilidades explicativas, no dejando salida posible a la presencia de determinados conjuntos empíricos –arqueológicamente hablando– en contextos de acogida donde se entienden como inusuales, es decir no puramente explicables mediante la *relación hombre-comunidad/medio natural*. Quizá el planteamiento de Bloch (1992) sobre la complejidad humana en su comportamiento y entorno sea aquí muy acertado. Un simple vistazo al comportamiento de las actuales sociedades, en entornos que pueden ser

---

características de los esquemas socioeconómicos del pasado. Y es que muchas veces *lo personal sí cuenta*.

<sup>59</sup> Esta especie de “batalla ideológica” obviamente no es exclusiva de las Ciencias Sociales, aunque sea en el seno de las mismas donde a veces se desarrolla con lujo de alardes y estandartes. En las Ciencias Biológicas igualmente se desatan las mismas tempestades y temperamentos, aunque aquí la violencia parezca más sutil, si cabe más camuflada entre protocolos y técnicas analíticas, con menos carga filosófica, pero que igualmente presenta el lamentable aspecto de los campos de batalla, donde resultan más perjudicados los que no declararon la guerra. Es decir, que el grado intelectual alcanzado no exime, para nada, del despliegue —muchas veces desmedido— del más puro y ancestral *duelo humano*.

<sup>60</sup> Claramente este planteamiento lleva al verdadero objetivo de una ciencia social: la sociedad, en este caso las prehistóricas, y su conocimiento arqueológico pasa por la profundización en las tareas de recuperación de datos mediante todas las prácticas y perspectivas disponibles. Por lo tanto, el objeto de estudio siempre es el grupo humano en tiempo y espacio, definidos desde el estudio de sus actividades, y éstas en relación con los otros grupos dentro de dinámicas sociales de mayor rango y duración, sujetas -en función de la capacidad de detección de las técnicas empleadas- a cambios, o puntos de inflexión, en sus principales estructuras de funcionamiento.

<sup>61</sup> Con ocasión de oírle disertar de forma sintética sobre este tema en persona, 2003, Facultad de Geografía e Historia.

ajenos<sup>62</sup> en un momento dado, pueden convertirse –contra todo pronóstico– en un ejercicio que ilustre cómo un espacio no-antropizado puede convertirse en todo lo contrario, aunque no medien razones lógicas inmediatas. La disciplina forense puede ofrecernos múltiples ejemplos de tales situaciones, aunque no haga falta que se cometan delitos para que esto ocurra.

Y quizás, las propias características del vehículo empírico de estudio –los microfósiles vegetales– y en concreto su estudio experimental, es el que confirma buena parte de las posibilidades de acercamiento a una sociedad del pasado a través de su presencia en uno u otro contexto. Como ocurre con los estudios de semillas, de carbones, de industria lítica y malacofauna, el conocimiento de muestras patrones nos acerca a naturalezas y procesos que otras personas adquirieron, intentado usarlos con distintos objetivos. Con el tratamiento de plantas en un laboratorio, pero sin dejar de olvidar todo lo aprendido en las tareas de campo, nos situamos también en el papel de mujeres y hombres que trocearon ramas de escobón, pinos y palmeras para llevarlos, como leña, a los lugares donde habitaban, permanente o estacionalmente. Y lo hacían porque en su realidad cotidiana aquellos vegetales suponían un combustible que, a su vez, aportaría calor para cuerpos y alimentos, también para la transformación de materias primas. Lo mismo ocurriría con el cuidado de los vegetales cultivados, el celo en plantar semillas de cebada o habas, pero también en procesarlos, introduciéndolos en un molino, donde la más pequeña cantidad de harina sería cuidadosamente recogida.

Esos productos, en su valor etnobotánico, sociocultural y económico, siguen siendo los que tomamos en el campo con la ayuda de un especialista botánico interesado también en ese pasado<sup>63</sup>, e identificamos mediante los términos binomiales que K.v. Linné nos propuso, cumpliendo con la primera parte del protocolo específico que estamos obligados a seguir. Aquel que nos permite ser más rigurosos con el proceso que queremos explicar. Hoy retomamos la recolección de plantas en suelos de montaña, medianías y costas siguiendo la hipótesis de que una determinada planta fue útil en el pasado, sólo que su estudio debe seguir un protocolo complejo, que nos dará la clave para saber si podremos seguir la pista –de una determinada especie o subespecie vegetal– en los sedimentos de un sitio arqueológico o en el residuo del paquete intestinal de un cadáver preservado en el tiempo.

No obstante, me ha parecido muy esclarecedor el planteamiento de F. Bate, sobre que el materialismo histórico puede aportarnos una percepción basada en que las necesidades sociales de grupos humanos les hacen acceder a *contextos usuales e inusuales* en busca de respuestas efectivas para unas necesidades económicas, sociales o culturales muy concretas y definidas<sup>64</sup>.

---

<sup>62</sup> Refiriéndonos a lugares donde por naturaleza no existe una determinada actividad humana pero que en determinadas ocasiones y bajo concretas condiciones es accesible y sensible a ésta.

<sup>63</sup> Proceder que perfectamente queda ilustrado con la actividad profesional del Dr. Arnoldo Santos, tutor indiscutible en el mismo durante la confección de esta Tesis y a la hora de afrontar el estudio de la antigua flora en relación con los antiguos pobladores de Canarias, también a través del análisis de fitolitos.

<sup>64</sup> Comunicación pública en la Facultad de Geografía e Historia (ULL), 18/11/2003.

Desde luego que creo que tal planteamiento es perfectamente aplicable al estudio de la presencia prehistórica, de los aborígenes de Tenerife, en Las Cañadas del Teide, donde probablemente la explotación de los recursos sea la primera y gran y lógica lectura, pero guardando aun la definición total de esas respuestas efectivas, que ya fueran abordadas parcialmente desde diferentes trabajos de investigación (Diego, 1968; Arnay, 1982, 2003, entre otros; Hernández, 2006, Hernández y Galván, 2008; Machado & Galván, 1998; Méndez, 2000).

Obviamente el tratamiento de las evidencias empíricas puede verse así mejorado, en el sentido de que la interpretación y la explicación de un determinado proceso histórico, al superar el umbral de una respuesta sencilla, basada en la pura adaptación al medio, para ahondar, e ir más allá. De esta forma se fuerza nuestra implicación investigadora –sobre todo en materia explicativa– en cuestiones complejas sobre el grado de incongruencia y contradicción de una sociedad en su devenir en tiempo y espacio.

No quisiera olvidarme por tanto de afirmar la inquietud personal en desvelar, mediante el estudio de evidencias microscópicas, pero siempre evidencias empíricas, la trama social que un grupo o individuo humano despliega para subsistir. Los recursos vegetales serán siempre un medio para conocer dicha trama, no un elemento que por estar presente ya supone una explicación en sí mismo<sup>65</sup>. No obstante, dicha presencia puede ser tomada como punto de partida, un indicio que debe guiar la hipótesis previa hasta su comprobación, mediante un corpus metodológico, cualitativo y cuantitativo, bien diseñado y eficiente, esto es: que permita la obtención de datos fiables y contrastables (Cegarra, 2004). Y será entonces, tras la obtención de un modelo metodológico con esas características, cuando se podrá utilizar el registro como una base de datos sobre la que articular cuestiones complejas sobre aquellos mecanismos sociales y culturales que nos preocupen explícitamente, como en nuestro caso ocurre con la idea de que la sociedad humana se desarrolla teniendo siempre, por justificante de sus acciones, su derecho a un tipo concreto de supervivencia a nivel personal, pero sobre todo de unidad familiar y de grupo. Todo ello obviando la posibilidad de “hacer las cosas de otra manera”, y en concreto la que brinda la percepción del resto de individuos, y los avances que ciencia y tecnología brindan para llevarlo a cabo.

El estudio del mundo de los recursos vegetales puede ser otro vehículo para mostrar científicamente que la reflexión es algo implícito al ser humano, pero fácilmente descartable por el mismo cuando lo que prima es la obtención rápida de un determinado objetivo, ese que sólo puede alcanzarse mediante la imposición de la fuerza, ejercida ésta también –en una de sus múltiples formas– desde el poder económico.

Abordar la Prehistoria de Canarias desde la perspectiva de diversos tipos de análisis microscópicos –sobre todo si se piensa que son los primeros en tener una base eminentemente experimental– no resulta tarea fácil, dado que este sencillo y limitado –por personal decisión– posicionamiento teórico-práctico se ve igualmente afectado por las obvias limitaciones que el estudio

---

<sup>65</sup> Obviamente para un estudio paleobotánico ya lo es.

de evidencias microscópicas puede aportar<sup>66</sup>. Ha sido por tanto necesario ajustar unos y otros para valorar su papel en el engranaje investigador de las Islas<sup>67</sup>; entendiéndose como obligatorio reflexionar sobre la profundidad que debíamos y podríamos darle a este trabajo, si el objetivo era complementar los datos y las posibles respuestas explicativas ya obtenidos por el mencionado y nutrido grupo de profesionales de la Arqueología Canaria. Tampoco puede olvidarse que en ésta, como en otras ciencias, el conocimiento científico debe trascender los hechos, es decir los pone en duda, produce otros nuevos y los explica (Cegarra, 2004).

No son pocos los paradigmas existentes al respecto de la Prehistoria de las Islas, unos pendientes de revisión, y algunos —especialmente los relacionados con su poblamiento— están siendo afortunadamente renovados, o superados para enunciar otros más centrados en la dinámica social de las poblaciones prehistóricas, con nuevas investigaciones y cambios en la perspectiva del objeto estudiado. Probablemente —desde mi modesta perspectiva— la vía arqueológica basada en la recuperación exhaustiva de datos analíticos, ofrecerá a la larga, mediante la definición de la realidad económica y social de las culturas aborígenes canarias, un mayor conocimiento de porqué fueron las Islas la base para la implantación de un poblamiento exitoso y duradero —aunque no por ello exento de contradicciones sociales— en un tiempo y marco espacial concretos.

Dejando para el capítulo correspondiente la complejidad de la puesta en marcha de un método acorde a los objetivos buscados<sup>68</sup>, el estudio de evidencias microscópicas —como las amparadas bajo nuestra percepción de la investigación arqueológica experimental—, conviene confirmar que también en esta Tesis subyacen objetivos enmarcados en el abordaje de varios aspectos y procesos históricos, aspecto que creo fundamental para comprender los pasos dados, por más que el apartado metodológico y la aplicabilidad del método parezcan prevalecer sobre los resultados obtenidos. Al fin y al cabo “lo técnico” debe ser un medio...no un fin.

El primero de esos ansiados pero subyacentes objetivos se encuentra directamente relacionado con lo ya planteado: la descripción e interpretación del registro microscópico desde una perspectiva cualitativa y cuantitativa, ciertamente todo un reto investigador, al no encontrarse resueltas numerosas cuestiones sobre la definición de sus características, ni haberse puesto las bases previas para su aplicación en las Islas Canarias. Me refiero en concreto al estudio de las etapas anteriores al cambio de estructuras acaecido durante

---

<sup>66</sup> Como ya mencionamos las perspectivas pasan por contar con *un punto de partida* que, a nuestro entender, puede ser perfectamente el conocimiento adquirido sobre los distintos materiales, arqueológicos pero sobre todo naturales, en las diversas pruebas a los que se les ha sometido.

<sup>67</sup> Los equipos de investigación arqueológica consolidados desde finales de los 80', alrededor de directores como B. Galván, M. Arnay, D. Martín y M.D. Camalich, A. Rodríguez y J.F. Navarro, han colaborado en la generación de varias perspectivas metodológicas y teóricas que sin duda permiten hablar de una etapa fructífera para el estudio de las poblaciones aborígenes de las Islas Canarias.

<sup>68</sup> Ver Capítulo 4: Técnicas Analíticas.

los siglos XV y XVI en las Islas, propiciado por la implantación de un modelo europeo de época bajomedieval primero y definitivamente moderno después.

De este modo, la propuesta de un método de investigación basado en evidencias microscópicas, debía estructurarse desde un principio sin el amparo de un corpus preliminar, o que al menos invitase a descartar las vías de actuación menos rentables, que hablando en términos de obtención de información es aquella apta para su inserción en los temas sobre los que versan otras investigaciones actuales. En este sentido, si la base de nuestro trabajo centra su objetivo en la definición del registro microscópico, lo hace de la manera más estrechamente ligada a los sustratos que los acogen, ya que estos se encuentran también estudiados desde otras perspectivas metodológicas. Por tanto, la ampliación de su conocimiento tiene muchas posibilidades de sumarse a respuestas conjuntas, como las confeccionadas mediante el estudio de otras evidencias arqueológicas tales que el polen, los carbones, las semillas o la propia entidad de los distintos enclaves arqueológicos dentro de las particularidades del medio físico de acogida<sup>69</sup>.

Todo lo cual ha motivado que nuestro esfuerzo se dirigiera hacia la integración del estudio de evidencias microscópicas, en el del funcionamiento del espacio de Las Cañadas como medio receptor de poblaciones aborígenes de Tenerife, con unas necesidades concretas a nivel social, económico y cultural. Sabemos, por medio de las fuentes etnohistóricas y la propia investigación arqueológica, que probablemente en este medio e incluso en pisos bioclimáticos más bajos, la ocupación aborígen debía de ser estacional y que probablemente obedecía a las necesidades ya mencionadas. Y cuya verificación quizá se encuentre también en la percepción de la explotación histórica del mismo medio natural de época aborígen que, aunque variando los métodos y la tecnología, sigue significando acudir a un recurso ya utilizado en el pasado (**Figura 20**).

Por todo ello, ese espacio será ocupado desde determinados momentos –que desconocemos en buena parte– como un recurso ambiental global, que en cierta manera será colonizado por grupos de los que poco sabemos, sobre todo en cuanto a su percepción de dicho proceso de ocupación, aunque

---

<sup>69</sup> Las campañas de prospección selectiva llevadas a cabo por los equipos dirigidos por M. Arnay en la década de 1990 y 2000 en Las Cañadas del Teide (Parques Nacionales, Inventario Arqueológico), han supuesto la recogida de abundante información sobre las características de los yacimientos arqueológicos insertos en esta singular y vasta zona del interior de Tenerife. Desde una perspectiva de amplio espectro arqueológico, las posibilidades de afrontar su estudio abre la puerta a varios planeamientos metodológicos entre los que conviene destacar la Arqueología del Paisaje, de la Subsistencia, o la Arqueología Social llevada a la definición de los parámetros estructurales de las poblaciones que habitaron esta zona en época prehistórica. Igualmente se abre la puerta con esta labor al estudio de la zona desde una perspectiva propia de la Geografía Física y Geomorfológica que aporta datos sobre los posibles cambios ambientales donde puede identificarse, más o menos claramente, la intervención antrópica. En todo ello los estudios paleolimnológicos han resultado ser de gran utilidad, confirmando que aun debe abrirse una etapa de estudios zonales completos que colaborarían en la definición de secuencias paleoambientales más detalladas, entre otros aspectos, que no han podido ser abordadas hasta el momento.

ciertamente se han propuesto las primeras hipótesis al respecto (Machado, 1999, Machado & Galván, 1998; Hernández, 2006). Pero habrá que esperar la ampliación de los estudios arqueológicos (macroscópicos y a escala micro) para definir aun más, si cabe, los patrones mostrados por los ya realizados, si suponen una tónica o simplemente una de las versiones del modelo de ocupación prehistórica de Las Cañadas. Lo cual constituye también un problema teórico-metodológico.



**Figura 20**, Las escorrentías invernales en el Valle de Chafarí revelan la presencia de una carbonera histórica bajo el suelo. Como ocurre con la necesidad de valorar la intensidad de la explotación del medio vegetal, de época aborigen, habrá que hacerlo —con todos los medios posibles— con la etapa posterior.

En todo caso, como sucede con los arqueólogos que se declaran teóricamente adscritos a un posicionamiento concreto, la variabilidad del objeto de estudio —en este caso cada tipo de yacimiento estudiado— no afecta al aparato metodológico ni al marco teórico que lo guía, suponiendo entonces que el registro arqueológico debe responder al cuestionario confeccionado previamente. Por ello nuestro estudio parcial de los niveles arqueológicos de La Cerera tampoco modifica el escueto y modestamente innovador “aparato teórico” que hemos escogido para abordarlo. Pese a que su perspectiva cronológica probablemente difiera de la de Chafarí<sup>70</sup>, así como

---

<sup>70</sup> Desde una hipótesis de trabajo, el yacimiento de Chafarí podría suponer un buen ejemplo de hábitat estacional de los últimos pobladores aborígenes de Las Cañadas del Teide. Al menos desde el punto de vista paleobotánico, las analíticas antracológicas realizadas por C. Machado (Machado y Galván, 1998, Machado, 1999) sitúan los cambios, en la explotación del medio vegetal circundante, entre los siglos XIII y XV de nuestra Era. Lo que indica una ocupación tardía, muy cercana al momento de contacto con las poblaciones europeas, como atestigua igualmente el registro material de los niveles superiores de este yacimiento (elementos metálicos).

de su realidad como asentamiento estable<sup>71</sup>, se consideró oportuno seguir un esquema básico —antes de contar con datos consistentes— y obrar de forma similar, aunque adaptando tanto el aparato analítico y los planteamientos arqueobotánicos previos a una zona de ocupación permanente, donde los cambios deberían percibirse de forma más evidente. Y es que este yacimiento ofrece, al contrario que el de Chafarí, una secuencia estratigráfica muy amplia y compleja, donde se han detectado cambios sustanciales en los materiales y depósitos sedimentarios.

Desde el punto de vista arqueobotánico tales variaciones han sido acometidas desde la paleoantracología y la paleocarpología. En este último caso, en el trabajo doctoral de J. Morales<sup>72</sup> se aborda el estudio de frutos y semillas que definen un modelo agrícola basado en los cereales, complementado por las leguminosas y frutales. Aquí el arqueólogo opta por una clara directriz materialista, que le permite cerrar el ciclo investigador con la emisión de lecturas sobre el papel de los recursos vegetales entre la sociedad prehistórica de Gran Canaria. Entre dichas lecturas resulta especialmente importante la de la intensificación de la explotación de la cebada (*Hordeum vulgare*) y la higuera (*Ficus carica*), en una secuencia situada entre los siglos XIII y XIV d.C. Ambos se orientarían hacia la producción de excedentes superando el ámbito doméstico, insertándose —en función de los antecedentes arqueológicos existentes en Gran Canaria— en un ciclo de producción, almacenamiento y redistribución. Reflejos todos de la existencia de élites dentro de la organización social de la sociedad prehispanica grancanaria, erigidas como gestoras y beneficiarias, de dichos excedentes, y con claros intereses de clase.

En nuestro caso, la complejidad, en el estudio de La Cerera, viene también dada por numerosas cuestiones, entre ellas la definición de cambios en el funcionamiento del enclave, a razón del paso del tiempo y de las necesidades de sus habitantes, aspectos que obviamente se ven favorecidos por lecturas como las propuestas por Morales (2009, entre otros). De tal forma que a las inferencias arqueobotánicas ya existentes, básicamente macroscópicas, se suman —o son prolíficamente complementadas— por el registro de organismos microscópicos, como los derivados del registro fósil de algas silíceas (diatomeas y crisófitas), dada la gran variedad y concentración existente de ambas en casi toda la secuencia estratigráfica del yacimiento. Igualmente, parecía posible asumir lecturas paleoambientales sin desestimar las relacionadas con las propias condiciones de habitabilidad del enclave y que tuvieran en cuenta la conjunción de los datos aportados por este grupo con el propiamente representado por biomineralizaciones silíceas de plantas terrestres.

Desde esta perspectiva, las posibilidades explicativas, a nivel teórico, parecían amplias, dado que se trabaja con dos yacimientos muy diferentes, que deberían indicar comportamientos sociales y económicos muy dispares. Tanto uno como otro se insertan en épocas del poblamiento prehistórico de

---

<sup>71</sup> O al menos que funcionó de modo más constante que el mencionado enclave de Chafarí.

<sup>72</sup> 2007, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.



las Islas, donde las pautas de aprovechamiento del medio debían estar completamente desarrolladas, y donde igualmente existían mecanismos de estructuración interna del grupo que aun deben definirse.

En definitiva, el componente teórico aplicado en esta Tesis contiene un fuerte componente ecléctico, inserto en un —aun más concentrado— motor explicativo, de la propia aplicabilidad del método desarrollado, y sobre todo de su aportación crítica y científica a la Prehistoria de Canarias. En dicho componente existe una considerable lista de sumandos, tantos como los aportados por cada uno de los puntos de vista desplegados por los investigadores de los que he conocido su opinión al respecto<sup>73</sup>. Se trata, la mía, de una aportación completamente parcial que pretende sumarse al conjunto de las existentes en la Prehistoria general y de Canarias. Una modesta aportación que intenta tomar, como expongo en líneas anteriores, lo que cree más oportuno de todos los postulados formulados, dejando que teoría, método, criterio cualitativo y cuantitativo mantengan abierta su aplicabilidad. Sin olvidar que la resolución del problema es lo verdaderamente importante, sin condicionantes impuestos —porque los subconscientes ya podrán inducirnos sin quererlo— que turben lo que podría ser el desempeño de una práctica arqueológica básica, previa si se quiere, aunque no por ello menos crítica e intelectualmente aplicada a la búsqueda de respuestas científica sobre individuos, grupos y sociedades del pasado a sus homónimos de la actualidad.

#### **La investigación de microfósiles en Arqueología: de la Microscopía a la Edafoarqueología, la Micromorfología y hacia la Microarqueología.**

La disciplina arqueológica ha sido relativamente tardía en incorporar, a su práctica habitual de obtener información utilizando disciplinas auxiliares, el estudio de partículas presentes en materiales arqueológicos mediante el empleo de la microscopía analítica. Aunque se tardará siglos en incorporarlos a la investigación arqueológica, los estudios microscópicos comienzan a mediados del siglo XVII, convirtiéndose pronto en una herramienta básica para el avance de las ciencias biológicas. La publicación por Robert Hooke<sup>74</sup> de *Micrographia*, en 1665, contenía los primeros detalles sobre el aspecto microscópico de numerosos materiales, entre ellos los de tejidos vegetales o

---

<sup>73</sup> En esa lista, de heterogéneas aportaciones científicas a la Arqueología, se sitúan todos aquellos con los que he tenido la ocasión de escuchar, y en algunos casos debatir cuestiones relacionadas con los posicionamientos teóricos como M. Arnay, D. Martín, A. Chausa, J. Soler y B. Divasson, M. A. Cabrera, S. Baucells, C. García, A. Gámez, A. Rodríguez, V. Alberto, X. Velasco, J. de Pablos, entre otros. Pero especialmente, fruto son —de mis modestos postulados investigadores— las interminables, y a menudo improvisadas conversaciones con F. Francos, en cualquier montaña, playa o ciudad, esas que gustan ser escenarios de las mismas. De ellas he aprendido que un talante completamente empírico y pragmático de la investigación, y la ciencia, no tiene porque estar desposeído de profundas y honestas concepciones ideológicas de base. Porque lo importante siempre, como en nuestra percepción individual y grupal, será mantener operativo y aplicable no sólo nuestro espíritu crítico, sino inexcusablemente el autocrítico.

<sup>74</sup> Aspectos seguidos en la obra de divulgación de Huxley (2007).

animales, incluso los de los primeros microfósiles observados mediante lentes de magnificación. Este investigador nos dejó, mediante dibujos y grabados de excelente calidad, junto a otros muchos, las primeras imágenes de los pelos urticantes de la ortiga (*Urtica* sp.) y la estructura interna del corcho (Figuras 21 y 22)

Tras él, o incluso paralelamente, otros investigadores pondrán las bases de la Microscopía Analítica como forma de adquirir conocimiento exhaustivo de la realidad que nos rodea, entonces y ahora. Así investigadores como Leeuwenhoek<sup>75</sup> (1675) aportarán elementos fundamentales para el desarrollo de esta disciplina, ésta que hoy se ha vuelto tan compleja como para ser herramienta insustituible, también para la Arqueología.

En materiales pétreos o edáficos serán geólogos y edafólogos quienes observen las primeras estructuras microscópicas de rocas y suelos, tomando en cuenta numerosos atributos (fábrica, color, tamaño de grano, composición, birrefringencia, etc.), que les permiten evaluar las características microscópicas de los mismos. Todo ello en el desarrollo de la Micromorfología, primero disciplina auxiliar para el estudio de suelos y en la actualidad campo de estudio también especializado en las características de suelos y sedimentos arqueológicos a nivel microscópico (Courty, Goldberg & Macphail, 1989; entre otros). En la actualidad –y siguiendo una vía abierta entre los años 70'-80'– se asumen incluso, desde esta disciplina, estudios específicos para evaluar aspectos concretos de la Historia Humana, como el uso del fuego y los primeros asentamientos permanentes, aprovechando siempre las posibilidades de la microscopía óptica (Arpin & Goldberg, 2004; entre otros).



**Figura 21**, (Izqda.): Pelos urticantes de “ortiga” (*Urtica* sp.) tal y como los observó y dibujó R. Hooke en 1665 (tomada de Rogers, 2000). **Figura 22** (Dcha.), Imagen digital de pelos de “Ortigón” (*Urtica morifolia*) fotografiados a 200x tras el tratamiento de laboratorio de tejidos foliares de esta especie. Fotos: J.A.

Otra rama de los estudios microscópicos, que probablemente será la primera en incorporarse al estudio de la flora del pasado –como ocurrirá posteriormente con los fitolitos– es la del polen fósil, que pasa inicialmente por las observaciones realizadas sobre muestras convencionales, según distintas épocas. Según algunos autores (López *et al.*, 2003; entre otros), la

<sup>75</sup> *Ibíd.*

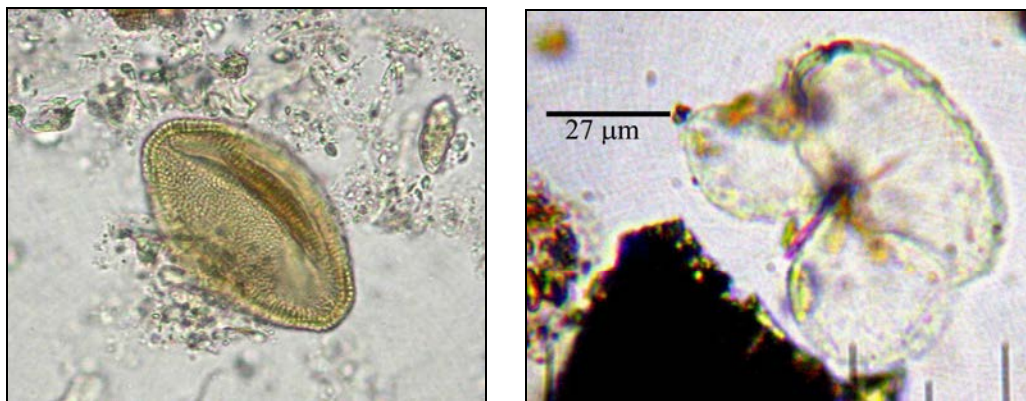
incuestionable importancia del estudio de palinomorfos en los de tipo paleoambiental también tiene su repercusión en la arqueología, que se beneficiará de forma muy lenta y tardía de sus posibilidades.

Igualmente desde los años 20 y 30 del siglo XX se proponen distintos fines arqueológicos para el análisis paleopalínológico, entre ellos la datación relativa de los espectros polínicos existentes en secuencias naturales (turberas, depósitos lacustres), cercanos a distintos yacimientos, intentando su correlación (Bryant & Holloway, 1996). Por esas mismas fechas aparecen los primeros trabajos que estudian el polen fosilizado procedente de yacimientos arqueológicos (Von Post, 1916-18) y que aumentarán rápidamente en complejidad y aplicabilidad hasta la actualidad (**Figuras 23 y 24**). Algo después los estudios de Iversen (1949) vincularán definitivamente la palinología a la arqueología, como una herramienta común y de necesaria aplicación.

Desde el punto de vista de las biomineralizaciones, serán las de origen vegetal, originadas por antiguas plantas como los fitolitos, de los primeros micro-elementos en ser identificados mediante el microscopio óptico. Aquí también los pioneros serán los propios diseñadores de los primeros microscópicos que, como Leeuwenhoek, en 1675 —según cita Arnott (1982)— observará los primeros fitolitos de oxalatos de calcio, aunque no será hasta el siglo XIX cuando se tengan noticias de los de sílice, esta vez de la mano de C.G. Ehremberg. Este geólogo alemán utilizará el término «*phytolitaria*» para referirse al material silicificado proveniente de las plantas que observó en distintos tipos de muestras, entre ellas algunas muy emblemáticas, como las recogidas por Charles Darwin en la cubierta del *Beagle*, en el archipiélago de Cabo Verde (Powers, 1992), al comienzo de su famoso periplo investigador.

Desde estos momentos se tiene claro de que existen partículas microscópicas de origen vegetal, que pese a presentar la misma composición química, poseen morfologías, texturas y naturaleza diferentes. Ehremberg, gran conocedor de las algas diatomeas (**Figuras 25 y 26**) sentará las bases de dicha distinción, circunscrita a éstas con respecto a los silicofitolitos, término que actualmente se emplea exclusivamente para las biomineralizaciones generadas por plantas vasculares.

Desde entonces, y hasta la actualidad, el empleo del microscopio óptico seguirá siendo una herramienta fundamental, siempre versada en la obtención de explicaciones científicas desde observaciones visuales directas (Wallis, 1968; Flint, 1996). La morfología se convierte así en uno de los primeros parámetros para diferenciar y clasificar micro-elementos observados con este instrumento, encontrándose —a principios del siglo XX— ya definidos también otros parámetros, como las propiedades ópticas y la morfometría (medida de los principales ejes de simetría). Los cuales permiten asumir el estudio de muy variados materiales con el propósito de identificar a que planta pertenecen (Wallis, 1968; entre otros).



**Figura 23** (Izqda.), Grano de polen de filiación biológica no-establecida, en residuo intestinal de un cuerpo momificado aborigen de la Cañada del Capricho (Tenerife). **Figura 24** (Drcha.), Polen de pino canario (*Pinus canariensis*) en sedimento de la cueva de habitación del Conjunto Arqueológico de Cascajo (Tenerife). Ambas 600x. J.A.

Tales planteamientos se mantienen –con los lógicos avances técnicos y metodológicos– hasta la actualidad, introduciendo además nuevas herramientas de estudio que siguen basándose en parámetros fundamentales, como los ejes de simetría derivados de la percepción de formas ideales presentadas por muchos elementos microscópicos, así como su clasificación y sistematización nomenclatural (Madella *et al.*, 2005) para el caso de los silicofitolitos. Igualmente la introducción de criterios y herramientas estadísticas informáticas ha supuesto agilizar la obtención de datos, así como la valoración de la fiabilidad de éstos, y en definitiva ampliar las posibilidades explicativas de su aplicación multidisciplinar, logrando una identificación más objetiva de sus características globales.

La micromorfología de suelos será la materia que desde la década de 1930 empleé y desarrolle las técnicas de la microscopía analítica para evaluar muestras edáficas no perturbadas. Según Vallverdú i Poch (2002), el empleo del microscopio de luz polarizante sobre muestras edáficas y arqueológicas permite el reconocimiento de la organización y de los componentes del suelo, completando la experimentación y la observación de campo sobre aspectos relativos a su génesis y funcionamiento, objetivos para los que fue inicialmente pensada y diseñada. Según este mismo autor, en materia de descripción micro-morfológica, en la actualidad se siguen utilizando los patrones estandarizados propuestos en 1985. Su adopción por parte de la arqueología como herramienta auxiliar se realiza también desde esa década, siendo por tanto una aplicación muy reciente (Courty *et al.*, 1989). Aunque desarrollada en un campo diferente, el empleo de patrones morfológicos de tipo microscópico se empleará –según Ascenzi (1980)– a finales del XIX por Jaekel (1891) para el estudio de huesos fósiles, atendiendo a tres secciones de estudio, como los procesos de fosilización, la histología comparativa y la patología esquelética. Desde esas fechas existe un notable desarrollo de la disciplina a la que, a la par de la búsqueda de restos vegetales como el polen o estructuras internas de plantas en coprolitos, se sumaran la de toda una serie de indicadores en materiales, como industrias líticas, cerámicas,

metálicas y finalmente de casi cualquier naturaleza (Brothwell & Higgs, 1980).

Aunque la micromorfología comenzó a emplearse primeramente en el estudio de suelos no perturbados, sedimentos y otros materiales desde un punto de vista microscópico, Courty, MacPhail y Goldberg (1989) enfatizan sobre la recomendable utilización de estas técnicas para encarar problemas relacionados con procesos geológicos y pedológicos, también los enunciados desde la arqueología. Efectivamente, desde una técnica básica como puede ser la observación de secciones finas de estos materiales al microscopio óptico<sup>76</sup>, es posible distinguir las características propias, muchas veces exclusivas, de muestras de muy diferente naturaleza y situación biogeográfica; e identificar en ellas la presencia de indicadores que delatan procesos abiertos o provocados por el hombre (Arpin & Goldberg, 2004).

Para ello la micromorfología engloba un conjunto de técnicas que permiten identificar –desde el estudio de láminas delgadas confeccionadas con suelos y sedimentos sin alterar– parámetros concretos, como su estructura, organización y características de las partículas y compuestos de la matriz original. Desde ahí pueden asumirse, como plantean dichos autores, inferencias sobre el tipo de actividad humana generada en los sustratos arqueológicos, así como los posibles cambios acaecidos a través del tiempo, tanto en cuanto a procesos naturales como de factura antrópica, desde las intrínsecas características microscópicas de los paquetes sedimentarios (Vallverdú i Poch, 2002).

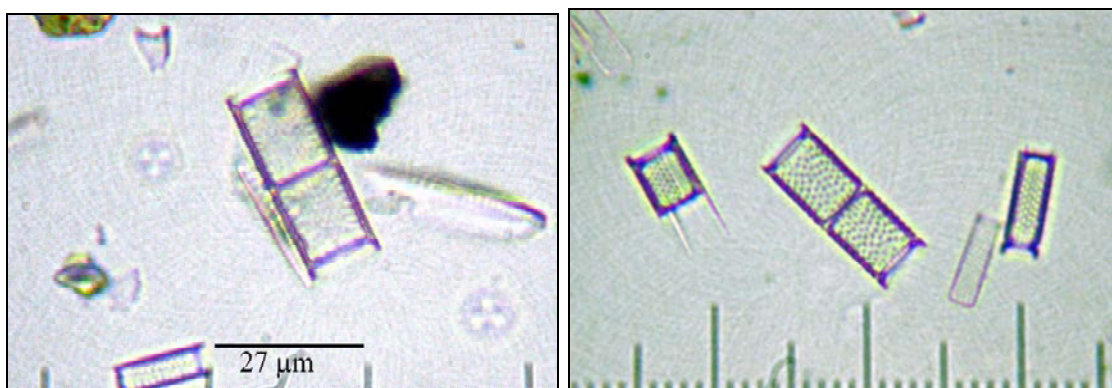
A modo de ejemplo y en el caso de nuestro país, el trabajo con facies sedimentarias procedentes de los yacimientos de Atapuerca y Abric Romaní supone una aplicación reciente de la micromorfología a un estudio prehistórico concreto (Vallverdú i Poch, 2002). En este trabajo la base material de estudio son láminas delgadas, confeccionadas con un buen número de muestras sedimentarias procedentes de diferentes niveles de los yacimientos citados. Aunque Vallverdú i Poch afirme que su intento de caracterización de procesos sedimentarios y postdeposicionales, estudiando únicamente las microfacies sedimentarias, sólo ofrezca resultados parciales, lo importante de su trabajo radica en la posibilidad de asumir, mediante un despliegue teórico-metodológico basado en la experimentación y la observación de características micro-sedimentarias, la identificación de procesos diferenciales como los relacionados con la ocupación antrópica previa a *Homo sapiens sapiens*. Todo ello dentro de la variabilidad propia de aquellos procesos acaecidos, de forma natural, en las zonas donde se detectará posteriormente el inicio de la presencia humana, incluso de especies anteriores a la especie humana actual.

Pero desde el punto de vista de la micromorfología se han introducido en los últimos años trabajos que contemplan no sólo la caracterización de los elementos de esta naturaleza, sino también la presencia de elementos inorgánicos, como silicofitolitos y esferulitas, dentro de los depósitos micro-sedimentarios, como resultado de la alteración antrópica en los niveles

---

<sup>76</sup> No refiero aquí todo el complejo proceso que involucra la preparación de *láminas delgadas*, tipo de preparación básica para un estudio micromorfológico.

estratigráficos de cuevas del neolítico valenciano (Verdasco, 2001). En este caso el estudio no sólo utiliza indicadores propios de la fracción mineral sino otros que, como esferulitas, fitolitos y oxalatos, son tomados por el autor como descriptores de los procesos de alteración sedimentaria detectados durante el proceso analítico de la fracción limos. La puesta en relación de ambos aspectos permite establecer lecturas procesos, de deposición y alteración, en las secuencias estratigráficas propias de esta fase cultural. Es importante señalar la determinación del autor para la obtención de datos desde el registro microscópico, y en concreto para la base que sustenta también buena parte de nuestro trabajo, asumiendo que el estudio microscópico de las fracciones finas puede permitir ampliar la información obtenida hasta el momento desde este tipo de materiales arqueológicos.



**Figura 25** (Izqda.) Detalle y ejemplo de concentración (**Figura 26, Drcha.**) de algas diatomeas del género *Aulacoseira* spp. (posib. *granulata*) en sedimentos ribereños del río Nilo (Aswan, Egipto). La presencia de esta especie es común en sedimentos de agua dulce. Muestras obtenidas por cortesía del Dr. M.A. Molinero. Ambas: 600x. J.A.

Desde una perspectiva específica, pero también basada en la micromorfología de suelos y sedimentos aplicada al estudio de la Historia Humana, Arpin & Goldberg (2004) coinciden con los investigadores citados —y nuestros planteamientos— en que el uso del microscopio óptico permite obtener datos arqueológicos precisos, en su caso desde la observación de la estructura de sedimentos, tratados y preparados en lámina delgada, que evidencian aspectos que pasan desapercibidos en un análisis arqueológico convencional (macroscópico). Su estudio preliminar sobre yacimientos tan antiguos como Zhoukoudian Cave<sup>77</sup> (China) y Dhra' (Mar Muerto, Israel) —probablemente uno de los primeros asentamientos permanentes de los últimos cazadores-recolectores— atestigua que pueden ser reconocidos elementos propios de la estructura de cada sedimento, permitiendo relacionar éstos con específicos procesos formativos. En el caso de Zhoukoudian Cave/Nivel 4 se detectan evidencias de que los componentes, en lo que se pensaba eran acumulaciones de cenizas, responden más a acumulaciones de limos lavados y derivados de procesos de erosión y depósito eólicos, como los que generaron las acumulaciones cuaternarias de loess en

<sup>77</sup> Datado entre 600.000 y 300.000 años.

amplias zonas de la actual República de China. Y en el caso de Dhra' se detectan, –entre otros aspectos– niveles con acumulación de ceniza de hierbas y excrementos animales, así como los restos de lo que podían ser materiales de construcción, basados en elementos confeccionados bajo la técnica de *terra pisé*. Esta denominación se emplea para un tipo de fango con el que se confeccionarían una especie de ladrillos, con los cuales se habría formado la estructura habitacional, con adicción de materiales edáficos del entorno, y donde también se detectaron glumas de granos de cebada. En este sentido, parece lógico plantear que los datos obtenidos mediante la observación microscópica colaboran en la obtención de datos no abordables por otros medios de investigación arqueológica.

En nuestro país, y en el campo de la micromorfología, los primeros trabajos sobre el estudio de fitolitos se centrarán desde la perspectiva de la Paleoedafología, es decir desde el estudio de suelos desarrollados bajo condiciones ambientales no-actuales. En este sentido será Alférez (1971) quién mencione la labor comenzada en los años sesenta por J. Benayas (1963) con el estudio de suelos actuales de las terrazas del río Tajo (Toledo) y a la que se sumara –con diferentes vías de investigación– G. Paneque (1967). Labor continuada hasta 2002-2003 con los trabajos de A. Pinilla y A. Martín (1997) en el estudio de fitolitos en contextos edáficos y arqueológicos. También desde finales de los 90', la labor pionera de Juan-Tresserras (1997) pondrá las bases de la investigación fitolítica, en materia arqueológica, en España. Sus estudios, eminentemente dirigidos hacia la determinación de pautas de alimentación prehistóricas e históricas, permitirán definir algunos aspectos claves en la investigación microfósil, como los tipos de alimentos que dejan su huella, bajo la forma de fitolitos y almidones en el sarro dental, residuos de industrias y sedimentos de poblaciones baleares, navarras y catalanas.

Efectivamente, como hemos comprobado, la Micromorfología puede ofrecer datos que, dado el avance experimentado por la Fitología, ya pueden enclavarse en parcelas de estudio propias. Pese a que los objetivos de investigación puedan ser en un momento dado los mismos en la actualidad, ya no puede sostenerse la idea de que el análisis de microfósiles sea subsidiario de la primera, aunque pueda operarse cierto solapamiento<sup>78</sup>.

Dado que la Micromorfología es una disciplina no empleada en esta Tesis y solamente citada como referente en el estudio microscópico de componentes edáficos y sedimentológicos, no pretendo aquí sino mencionar escuetamente algunos aspectos que involucran los tomados en esta Tesis como parámetros-objetivo, y atender obviamente a que se trata de una disciplina que aporta –desde la complejidad de sus objetivos de estudio– preguntas y respuestas de índole arqueológica. Y puesto que también ha sido nuestro punto de

---

<sup>78</sup> Solapamiento que en todo caso no puede derivar en un intento de controlar la totalidad de la información procedente de un determinado enclave, entendiendo la práctica micromorfológica como disciplina rectora. Obviamente el origen común, tanto en técnicas como en objetivos a la hora de estudiar un sedimento o un suelo, desde la Edafología, ha auspiciado lecturas erróneas sobre lo que son hoy disciplinas que pueden colaborar, pero también distanciarse entre sí, haciendo de ello una pura cuestión de verdadero espíritu interdisciplinar.

partida<sup>79</sup> al menos teórico y luego parcialmente metodológico, debo citar de nuevo el trabajo –ya clásico– desarrollado por Courty, Goldberg y Macphail (1989), donde se contempla el estudio de fitolitos como restos inorgánicos de plantas, los cuales pueden colaborar en la identificación de las características antropogénicas de tales sustratos. Aunque estos autores asumen los límites, en cuanto a las posibilidades de reconocimiento taxonómico, de los conjuntos de fitolitos –al menos mediante el empleo de la microscopía óptica– también lo hacen al respecto de poder ser observados en láminas delgadas, en su orientación original, pudiendo insertarse –desde su conocida procedencia vegetal– en la valoración del grado de antropización de un medio.

Y es precisamente en el contexto medioambiental donde se centra la extensión de un trabajo versado en el estudio del componente biomineral de suelos y sedimentos. Era muy explícito Cornwall (en Brothwell & Higgs, 1980) cuando apuntaba, de la siguiente forma, la necesidad de que el estudio microscópico ampliará su estudio no sólo a todo tipo de materiales sedimentarios sino al contexto geológico y geográfico de los mismos:

*“Los depósitos en glaciares, en ríos y en lagos, los sedimentos marinos y desérticos, lo rellenos de cuevas, las cenizas volcánicas, las arenas de las dunas y –especialmente en el continente europeo– los suelos fósiles representados por barro o arcilla loess proporcionan al estudioso de depósitos y suelos arqueológicos una enorme variedad de materiales, principalmente minerales, con los que puede visualizar el medio de tiempos remotos, los que a menudo diferían enormemente del medio actual. Además del estudio de los granos de arena o de las pequeñísimas secciones de suelo que caen bajo el círculo reducido de su objetivo microscópico necesita obtener una visión más amplia, desde el punto de vista geológico y geográfico...”*

Efectivamente hemos comprobado repetidamente la necesidad de trascender, en el estudio microscópico de una muestra, su contexto local, zonal y regional. Especialmente porque son parte de un “todo” que contiene detalles favorecedores de la comprensión del mundo microscópico, aquel que pasa a ser, de una representación no-perceptible de una realidad no-global y de una parte del suelo/sedimento de un río, llano, glacial o bosque, una información clara, concreta y sensible de todos esos entornos. Siguiendo esa necesidad de ampliar, la percepción del mundo microscópico, al mundo macroscópico al que pertenece, hemos ampliado no sólo la cantidad de muestras analizadas sino también la diversidad de su naturaleza y localización.

Así, desde suelos de laurisilva, llanos endorreicos y sedimentos arqueológicos de Canarias, se ha pasado a prospectar, muestrear y recoger datos de entornos de alta montaña, bosques caducifolios, marismas y marjales de contextos biogeográficos de latitudes y altitudes más elevadas. Buscando ese componente de ***amplitud cualitativa percibida*** –que me

---

<sup>79</sup> Agradezco aquí las indicaciones iniciales aportadas por el Prof. Dr. A. Rodríguez (Dpto. de Edafología y Geología, ULL) en materia de aspectos micromorfológicos y de microfósiles.



ofreciera múltiples perspectivas de un mismo medio microscópico— se muestrearon plantas, suelos y sedimentos de zonas que, sin ser Las Cañadas del Teide o las medianías de Gran Canaria, respondían a diversos procesos formativos y sobre todo a características microscópicas que podían permitirme la interpretación siempre compleja, siempre fructífera, de una muestra de esos materiales analizada al microscopio óptico. Ese viaje auto-impuesto por los requerimientos de las tareas de inspección microscópica, nos llevó a vislumbrar el alcance real de sus cometidos en los mundos de la Prehistoria, europea y africana a través de los muestreos y recogida de información por costas, llanuras, riberas, marismas, bosques, lagos de montaña y glaciares, entendiendo que en todos ellos se encuentran las claves para concatenar la información que guardan, encriptada, fitolitos y microalgas con respecto a esos mundos, deshabitados y luego poblados de la Prehistoria y la Historia.

### **Los paleosuelos y la Prehistoria no-habitada de las Islas Canarias.**

Hemos ejemplificado con algunos materiales, como los paleosuelos rubefactados (almagres) presentes en las Islas, la posibilidad de enfocar un estudio fitolítico dentro de una práctica micromorfológica y, obviamente, las diferencias son sustanciales; la complejidad relacionada con las lecturas enclavadas en una u otra disciplina son patentes durante su observación (**Figura 27 y 28**). El estudio “fitolítico puro” no contempla los numerosos aspectos que un estudio paleoedáfico y micromorfológico puede abordar, restringiéndose a la identificación de fitolitos y otros microfósiles vegetales, extraídos de un conjunto de elementos minerales de diferente textura, composición y morfología, descartando la información proporcionada por la distribución y organización interna dentro de muestras no alteradas por tratamientos de limpieza, desagregación y concentración de fracciones.

En la propuesta de observación microscópica que abordamos en esta Tesis, y desde una perspectiva de análisis de fitolitos, la matriz que los engloba es fundamental, tanto como en el caso de otros elementos biogénicos presentes en las muestras y que colaboran —como las microalgas— en la elaboración de explicaciones globales, sin que ello limite las obtenidas con el análisis del registro de fitolitos. Como resulta obvio pensar, esta perspectiva —aunque supone un enriquecimiento notable para un estudio arqueológico— obliga a un esfuerzo formativo extra para el arqueólogo, si lo que busca éste es mantener el control de todo el proceso investigador, como ya mencionaban y proponían Brothwell y Higgs (1963). No obstante, creemos, como también dichos autores, que la inserción de un estudio semejante en una verdadera colaboración e interacción interdisciplinar puede sentar la base de nuevas perspectivas y vías de investigación<sup>80</sup>. En todo caso, a tenor de la amplitud de

---

<sup>80</sup> Aunque comprenda la importancia de la Micromorfología en los estudios arqueológicos y paleoambientales actuales y pasados, no comparto la idea de percibirla como la disciplina aglutinadora de todas las particularidades existentes en el estudio microscópico de sedimentos y suelos. Dado el nivel de especialización actual en disciplinas como la micromorfología, la palinología o el mismo análisis de fitolitos, entre otros microfósiles de origen vegetal, parecería pretencioso plantear que la micromorfología funciona como *disciplina-directriz* del resto de las mencionadas.

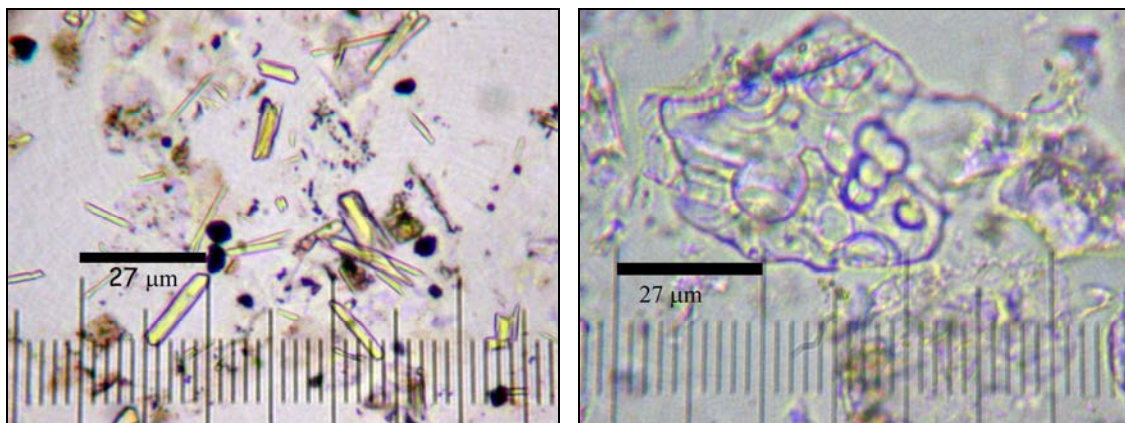
trabajos existentes en materia de microfósiles en contextos arqueológicos, convendría aclarar que la diferenciación con la disciplina micromorfológica ya es una realidad. Siempre entendiendo que estamos ante un campo de actuación que si bien puede solapar sus resultados con aquella, al aplicarse en el estudio de algunos materiales comunes, cuenta con métodos y objetivos propios, claramente independientes —aunque entrelazables— con los obtenidos mediante las tareas propias de esa disciplina.

El estudio microscópico óptico de los paleosuelos rubefactados (almagres), desde las disciplinas mencionadas, sólo es posible estableciendo su conjunción, aunque las tres deban disponer de mecanismos analíticos suficientes como para discriminar elementos minerales de los biogénicos. En el estado actual de la cuestión esto es perfectamente realizable —al menos desde un nivel básico de identificación—, también desde un mismo análisis microscópico, siempre que se empleen las escasas —aunque fundamentales— herramientas bibliográficas adecuadas.

Tal y como se ha observado, los paleosuelos son materiales muy especiales que nos remontan directamente a secuencias ambientales muy distantes de las actuales, constituyéndose como “paquetes informativos sellados”, con importantes datos insertos en estado original, que pueden ser extraídos para la emisión de inferencias sobre los distintos procesos naturales que colaboraron en su formación (Carvajal, Benayas y Herrera, 1988; entre otros). Y que, además hacen referencia expresa a condiciones del medio diferentes a la actuales (**Figura 24**), algo que en Prehistoria supone un punto de aproximación indispensable para el abordaje de cuestiones fundamentales, como el desarrollo de la vida vegetal y su posible relación con la existencia o ausencia de actividades humanas. Igualmente, la posibilidad de establecer secuencias cronológicas relativas, en base a las características de su registro microfósil en relación con distintos estadios de evolución vegetal y animal, ha supuesto que el estudio de paleosuelos sea una de las vías de investigación —también en cuanto al estudio de fitolitos— abiertas tras la Segunda Guerra Mundial. Será entonces cuando los edafólogos apliquen su análisis en la reconstrucción paleoambiental para la identificación y datación de suelos (Mullholland & Rapp, 1992).

---

Aunque obviamente entienda como lícito el lógico interés de los micromorfólogos por ampliar la explotación de las posibilidades de su disciplina. En este sentido, y especialmente el que atañe a la conjunción de las disponibles para generar conocimiento arqueológico, cada una de ellas debe asumir la posibilidad —e incluso idoneidad— de colaboración interdisciplinar con las demás, pero no un planteamiento de imposición de reglas explicativas, basadas en este caso en los postulados propios de una disciplina micromorfológica moderna, sobre las demás. Desde la perspectiva de un análisis de microfósiles actual, donde la experimentación con plantas y sustratos edáficos juega un papel preponderante y donde interviene el desarrollo de una investigación arqueobotánica compleja que contempla numerosos aspectos enclavados en la paleobotánica, paleoetnobotánica y paleoedafología, la micromorfología es una disciplina aglutinadora, con grandes posibilidades explicativas, pero que debe diferenciarse del primero, dotado ya de suficiente grado de complejidad, teórica y metodológica, como para ser entendido como *original y propio corpus disciplinar*.



**Figura 27** (Drcha.): Piroxenos de augita (Fuente de Joco, Tenerife);  
**Figura 28** (Izqda.): Morfología correspondiente a un vidrio volcánico ácido (Llano de Ucanca, Las Cañadas del Teide). Ambas: 600x. Fotog.: J.A.

Pero además, el estudio de los almagres ha supuesto poder aplicar nuestra propuesta de trabajo a algunos de los materiales más antiguos de las Islas, incluso más que los derivados de las secuencias de ocupación humana de las mismas. Se trata por tanto, desde mi perspectiva, de un ejercicio de apnea<sup>81</sup> en ambientes naturales donde no debe esperarse huella humana alguna, un buceo en secuencias muy antiguas de Canarias, donde se formaron materiales que, como los paleosuelos rubefactados, quizás guardaron celosamente elementos microscópicos del entorno, como silicofitolitos de flora de más o menos conocidas especies vegetales, que se habrían desarrollado en esos suelos antes de ser cubiertos por una colada incandescente. Es lo que he propuesto denominar *Prehistoria no-habitada* de las Islas, cuando existía un ambiente aun no-antropizado, verdaderamente nativo, donde la mayor especie superior introducida se convertirá —en unos pocos miles de años—, en la más numerosa, pero que no llegará hasta mediados del primer milenio a.C. Desde mi perspectiva los datos aportados por estos materiales son fundamentales por indicar, a nivel microscópico, las características de un suelo no afectado aun por procesos antrópicos, sino únicamente por los dinámicos ciclos de construcción-destrucción que han afectado a los edificios insulares. Por lo que creo que su valor informativo es incalculable, al menos a nivel paleoambiental y experimental.

Por todo ello se ha dedicado, a los paleosuelos, un pequeño apartado en el que se definen algunas de sus características, en especial aquellas recogidas mediante los protocolos de análisis empleados en su estudio, protocolos diseñados gracias al conocimiento previo de los mismos, pero sobre todo a las preguntas realizadas sobre ellos, a propósito de su potencialidad explicativa sobre la paleoflora de las Islas<sup>82</sup>. El estudio de

<sup>81</sup> En este caso conteniendo la respiración al menos inicialmente, pero sobre todo de forma metafórica al mantener la expectativa creada en torno a qué tipo de evidencias microscópicas iban finalmente permitirnos obtener nueva información para construir algunas inferencias sobre aspectos paleoambientales y arqueobotánicos.

<sup>82</sup> A. Santos, 2006, Com. Pers.

algunos paleosuelos localizados en la Isla de Tenerife<sup>83</sup> permitió poner en marcha muestreos específicos, así como insertarlos en la metodología de trabajo propuesta para el estudio de suelos y sedimentos desde parámetros contextuales (características texturales y microscópicas de la matriz edáfica), pudiendo comparar estos, y su registro microscópico, para confeccionar y emitir algunas inferencias sobre su naturaleza, así como sobre distintos procesos naturales asociados a etapas geológicas anteriores a la llegada humana a las Islas. Los primeros ejemplos de microfósiles localizados en este tipo de materiales fueron algunos ejemplos de diatomeas (**Figura 29**) y silicofitolitos, aunque en muy baja proporción con respecto al resto de partículas minerales observadas. Pero sin dudas, tanto desde el estudio de su morfología como en la disposición que les caracterizaba dentro del sustrato sin alterar, se contienen datos que podrían permitirnos entender los procesos, geológicos y edáficos, que colaboraron en su formación (Pinilla & Bustillo, 1997).

La prospección de la zona de Santa Cruz de Tenerife-La Laguna fue en este aspecto muy fructífera, al permitir contar con un perfil artificial (excavación realizada para una construcción) con un paleosuelo rubefactado bien estratificado (*Perfil Deca-1*). La conjunción de su estudio con el de suelos de la zona de La Laguna (Los Rodeos, *Perfil Coromoto*) y Las Mercedes (*Perfil Las Lajas*) —donde se localiza un paleosuelo no-rubefactado— aportaron datos sobre registros microfósiles insertos en procesos geológicos y edáficos muy importantes, aunque no siempre tan fácilmente interpretables como para permitirnos inferencias claras sobre el paleoambiente insular.

Se trata en todo caso de paleosuelos pertenecientes a épocas donde el propio paisaje era muy diferente al actual, hecho claramente constatable tanto en los perfiles *Deca-1* (**Figura 30**) como *Los Roques* (**Figura 31**), donde los buzamientos, de los diferentes estratos, indican que la inclinación de las laderas y los materiales geológicos no tienen nada que ver con los niveles donde se asientan, entre 10-15 e incluso 40 metros más arriba, las infraestructuras y construcciones actuales. Otra cosa es que en esas mismas muestras, y siguiendo protocolos específicos, se persiga el objetivo de identificar partículas biominerales que, en ambos casos —más en el segundo que en el primero— son de escasa relevancia microfósil. No obstante, la presencia en el almagre de El Cedro (borde occidental de Las Cañadas del Teide) de especies concretas de diatomeas, permitió establecer un criterio diferenciador con respecto al almagre de Joco (Dorsal de Pedro Gil), sustrato de similar naturaleza pero donde estos microfósiles apenas están presentes.

Igualmente el estudio de otros dos paleosuelos situados a cotas superiores, como el existente en la denominada *Fuente de Joco*, en plena *Dorsal de Pedro Gil* y el situado sobre la Galería de El Cedro, en Las Cañadas del Teide, permitieron evaluar sus características de forma comparativa.

---

<sup>83</sup> Ver Capítulo Resultados 5-V.



**Figura 29**, Diatomea pennada, en el almagre de la Fuente de El Cedro (Las Cañadas del Teide, Tenerife). 600x. Foto: J.A.

Un último ejemplo, el paleosuelo localizado en la Playa de Los Roques (Puerto de La Cruz, Tenerife), ciertamente emblemático por estar relacionado con la zona que permitió a D. Telesforo Bravo estudiar el material de brecha (*Mortalón*) sobre el que habría de sustentar su teoría sobre los desplazamientos gravitacionales en Tenerife, nos permitió aplicar un método más específico, especialmente el que atiende a un estudio de campo pormenorizado, comenzando con la recogida de muestras, por profundidades, en la totalidad del perfil del paleosuelo (**Figura 31**). Su estudio microscópico (fitolitos y microalgas) ha permitido obtener algunos resultados que permiten abordar el paleoambiente de algunas de las zonas de actuación. Aunque deban completarse aun los mismos asumiendo estudios estratigráficos completos, e introduciendo la fundamental colaboración de métodos de datación absoluta.

Durante las labores de muestreo y estudio analítico de estas muestras se confiaba en lograr profundizar —a través del posible registro en microfósiles contenido en las mismas— en las cronologías más antiguas con las que se contaba en nuestra investigación, aun sin ser éstas las de cronología más antigua del Archipiélago. Contando con la certeza de que la formación contenida en estos paleosuelos, como entidad edáfica y geológica, tras ser sellados por las respectivas coladas incandescentes, contendrían en su interior posibles restos de vegetación, una vegetación desarrollada en superficie, en un paisaje diferente al que incluso observarían las posteriores poblaciones aborígenes.

Además de su valor paleoambiental, se tomaba en consideración, a nivel arqueológico, su explotación como recurso por parte de los aborígenes, al menos para la confección de cerámica<sup>84</sup>, por tales poblaciones, de las

<sup>84</sup> Si incluimos a Gran Canaria, sí que cierto el uso del almagre en las Islas. En el caso concreto de Tenerife es más discutible. En este caso lo que se utiliza es un barro muy licuado como tratamiento final de la superficie, de la misma naturaleza que la pasta matriz, lo cual es lo más frecuente. El origen volcánico de los componentes de los barros de Canarias (ricos en hierro) dan de por sí coloraciones rojizas tras la cocción.

propiedades de este material rubefactado, entendiendo que la formación, de dicho paleosuelo, se produciría bastante antes de la llegada de los primeros pobladores de las Islas, hallándose totalmente a disposición de los mismos<sup>85</sup>. Tales planteamientos únicamente derivan de considerar otros anteriores como los propuestos por Biek (1963) y posteriormente por Butzer (1982), cuando lo hacían sobre la idoneidad del estudio de suelos, inmediatos o contextuales a un yacimiento, para evaluar no sólo las características compartidas —o de claras diferencias entre el sustrato natural y el antropizado—, sino además la relación indirecta ejercida en el primero por las actividades humanas.

Obviamente al asumir tales planteamientos como acertados, podemos orientar el estudio de suelos —siguiendo objetivos arqueológicos— hacia el estudio experimental de los mismos, para lo cual se debe operar del mismo modo que con los vegetales que deben permitirnos adquirir conocimiento sobre su producción biomineral, de polen o semillas. Por ello el muestreo de campo, recogiendo todos los datos posibles del entorno, sobre perfiles edáficos, reconociendo primeramente los distintos estratos geológicos y horizontes constituyentes del suelo, debe realizarse de forma exhaustiva, extrayendo muestras cada pocos centímetros, con lo cual dotamos, al posterior estudio del registro microfósil, de un carácter de *alta definición*.

#### **Sedimentos de zonas húmedas: ¿un encuentro con el paleoambiente postglacial?.**

Un último tipo de materiales que me adelanto a mencionar, ya que como se verá ha resultado absolutamente imprescindible como “conocimiento de referencia ambiental” y del que se ha pretendido dejar constancia a lo largo de esta tesis, es el de los sedimentos de zonas húmedas o puntos húmedos. Se trata simplemente —sin serlo sus características de formación y de contenido— de sedimentos en algunos casos designados como suelos subacuáticos (Kubiena, 1953), sin que exista consenso al respecto<sup>86</sup>. Se trata en todo caso de sustratos que, en algún momento, estuvieron encharcados (puntualmente en la antigüedad o la actualidad) y por tanto situados bajo columnas o láminas de agua de diferente profundidad.

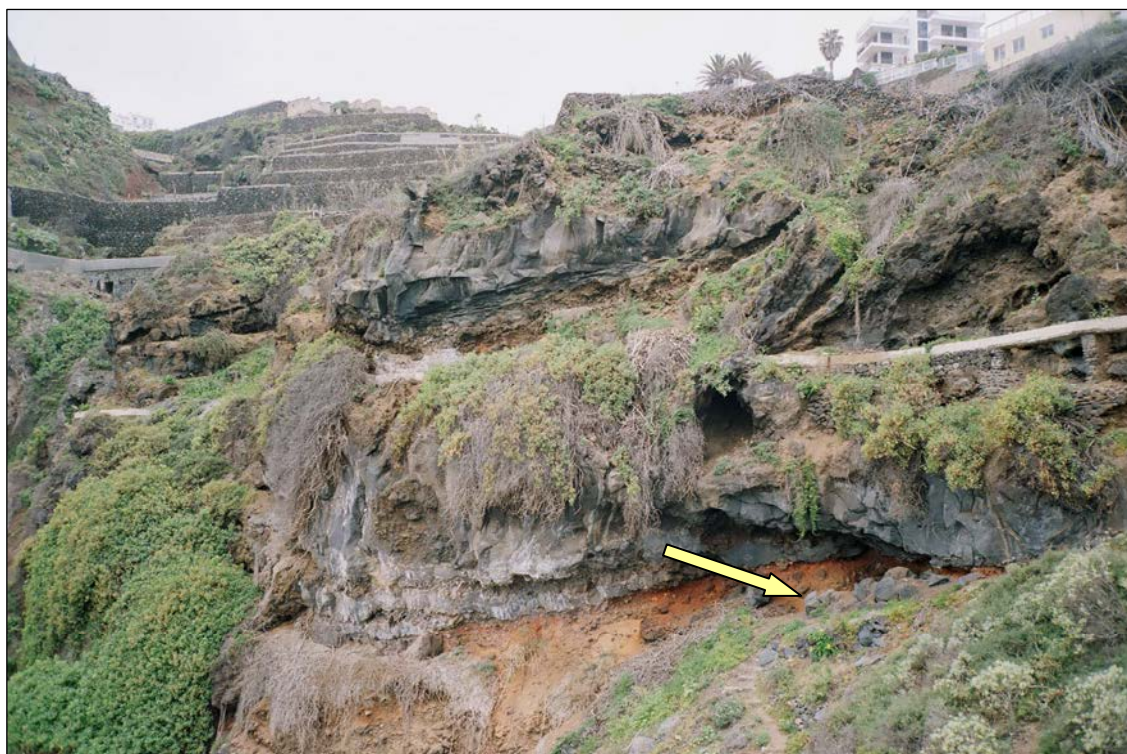
Estos materiales suponen el reflejo de condiciones ambientales muy concretas, que supusieron el depósito de partículas (minerales y biominerales) que derivan, a su vez, de la existencia de condiciones de sedimentación (ambientes y microambientes sedimentarios) en cuencas de mayor o menor entidad biogeográfica. Desde esa particularidad, se trata del fruto de procesos erosivos, de transporte y sedimentación de muy variada naturaleza, donde cabe destacar además los restos de organismos asociados a la presencia de agua, bajo la forma de fitolitos de la flora local y microalgas de desarrollo

---

<sup>85</sup> En muchos casos, además, la presencia de un almagre puede estar vinculada al agua, siguiendo un modelo de surgencia muy común en Canarias. Y que puede observarse en cualquier corte natural del terreno, cuando existe —sobre los niveles de paleosuelo rubefactado— una/s potente/s colada/s basálticas suprayacentes. No es difícil pensar en la asociación existente entre la explotación de estas zonas, con diferentes fines, por parte de los aborígenes canarios.

<sup>86</sup> A. Rodríguez; J.L. Mora, 2009, Com. Pers.

interno. Lo que determina la formación de secuencias con materiales de especial importancia para un estudio limnológico, paleontológico e incluso edáfico. Estos materiales guardan a su vez, desde la perspectiva microfósil –en sentido amplio– la relevancia de poder contener secuencias estratigráficas o micro-estratigráficas inalteradas. Especialmente en aquellos ambientes, como lagos y lagunas de cierta profundidad, donde no existe una alteración sustancial de las columnas de sedimentos por acción de escorrentías de alta o moderada energía, aportada por los cauces de la red hidrográfica zonal.



**Figura 31**, Situación de la zona muestreada del paleosuelo de Los Roques, sobre el que pueden observarse sucesivas acumulaciones de materiales eruptivos y posteriores y similares secuencias geológicas. J.A.

Obviamente en Canarias en la actualidad es complejo llegar a la conclusión de que estas áreas existieron, aunque no resulte hacerlo entendiendo que puedan haber mutado su apariencia anterior –de espacios lagunares– en cuencas hoy completamente desecadas. O como ocurre en la zona de Maspalomas (**Figura 32**) se trata de ambientes que desaparecieron al compás de las transformaciones del medio natural de época moderna.

Como proponemos en varios capítulos de los desarrollados, su identificación y correlación con procesos históricos de la Prehistoria son un objetivo factible de alcanzar mediante las técnicas y lecturas aportadas por los registros microfósiles y de su contexto inmediato. En este contexto, su importancia radica en permitirnos conocer cómo era el ambiente antes de la llegada humana, la cual utilizó, modificó y finalmente destruyó los ecosistemas que mayor diversidad biológica presentaban, especialmente en zonas donde la escasez de lluvias y el ambiente semiárido es la tónica dominante del paisaje.

Obviamente ciertas formas geográficas como lagos y lagunas, de profundidades superiores a 1 m., no parecen haber existido en las Islas, aunque se trata esta de una afirmación sin pruebas que lo atestigüen. Pero como se comprenderá, la detección de ecosistemas similares en cualquier contexto continental o insular, reviste de la importancia de estar ante aquellos que no sólo presentan alto valor biológico y ecológico en la actualidad, sino también en el pasado, lo cual los vincularía a concretas secuencias de ocupación antrópica, como recurso o como lugar de asentamiento.

A nivel histórico existe constancia de espacios lagunares en varias zonas de Canarias, como la costa sur de Gran Canaria (Jiménez, 1999), el interior de la misma Isla (Jiménez, 2006; Criado & Hansen, 2006; entre otros) y también el caso concreto de la antigua laguna que dará nombre a la ciudad de San Cristóbal de La Laguna, en el interior de Tenerife (Criado, 2002). Este mencionado espacio, encharcado de forma natural, junto con las lagunas existentes en la localidad de Arucas, sería de los ejemplos de mayores dimensiones que podamos entender como propios de la prehistoria de Canarias<sup>87</sup>. Por el momento en ninguno de ellos se han realizado investigaciones arqueológicas concretas, que podrían comenzar con la realización de sondeos y el análisis pormenorizado de evidencias macroscópicas y microscópicas vegetales. Sería muy relevante contar con los resultados emanados de tales estudios, especialmente para hacer partícipe a la Investigación Arqueológica de Canarias de lecturas paleoambientales sobre las Islas, dado que se evitaría la emisión de aquellas que involucran –sin pruebas fehacientes de ello– secuencias antrópicas de corte puramente depredador y destructivo. Sin introducir ninguna evidencia ni interpretación arqueológica que lo avale.

Pero también existen diversas morfologías y tipologías de zonas húmedas, si cabe de menor entidad que las anteriores, como charcos, escorrentías de montaña e incluso afloramientos hídricos (fuentes) que sin embargo revisten gran importancia para la historia natural y humana de las Islas, y que deben ser asociados a la Historia y Arqueología del Agua, en unas islas donde siempre serán –por su escasez– un bien preciado y un objetivo arqueológico de excepción. No cabe duda de que en torno a estos singulares puntos se entretejieron complejas historias cotidianas, que hoy difícilmente pueden recuperarse cuando se intenta profundizar más allá de fotografías, documentos y crónicas. Pero la arqueología actual, heredera de las técnicas de antaño y plataforma de las que vendrán, puede aproximarse parcialmente a la historia, de esos lugares, entre otras técnicas mediante al análisis microscópico. Granulometría, contenido en materia orgánica y registros microfósiles pueden ser aquí, como en el resto de materiales arqueológicos, una forma de acercarnos a esos sitios que una vez fueron frecuentados y probablemente cuidados, como corresponde con recursos fundamentales para la subsistencia.

---

<sup>87</sup> Al menos de agua dulce, ya que si bien existen otros en la geografía de Canarias, estos se encuentran en la costa y mayoritariamente se asocian al proceso de inundación intermareal. En otros casos, como la laguna de Barlovento (La Palma) o la que pudo ser la de Laguna Grande (La Gomera), desconocemos sus características en un pasado más o menos reciente.





**Figura 32,** Marismas y marjales del Charco/Laguna de Maspalomas, con desarrollo parcial de un carrizal de *Phragmites australis*.

Llegamos así a la extensión, en términos metodológicos, de la microscopía hasta el estudio de materiales muy antiguos, insertos en la naturaleza misma de las Islas —como lo son en otros lugares del planeta— y por tanto definidores de condiciones cambiantes, dinámicas, tanto como para propiciar el desarrollo de unos organismos u otros. La importancia que damos a la microscopía permite entonces hablar también de su aplicación al estudio de muy diversos materiales, donde los procesos antrópicos pueden detectarse desde el registro de microfósiles de origen vegetal. Y cuya amplitud —en concepto de especificidad de tipos de partículas biominerales y lecturas paleoambientales a ellas asociadas— permiten ratificar ese término y disciplina al que podemos designar como *Microarqueología*<sup>88</sup> (Afonso, 2008b).

En los capítulos que siguen he pretendido esbozar la aplicación práctica de los planteamientos descritos en esta *Introducción y Aspectos Previos*, confiando que el resultado pueda mostrar y confirmar cómo la obtención de información, sobre microfósiles vegetales y su contexto, funciona como vía propia de investigación, que nos permita conocer más y mejor el ambiente natural que precedió, acompañó y siguió a las gentes de la Prehistoria.

---

<sup>88</sup> Un término que perfectamente podría aglutinar todas las disciplinas que hacen *Arqueología al microscopio*, y donde igualmente situamos la nuestra. En todo caso una extensión de todo el complejo proceso que es hoy la Arqueología del siglo XXI, y por tanto una labor que se nutre, y a la vez lo hace, con el trabajo realizado por todos los investigadores que canalizan sus esfuerzos en obtener, procesar e interpretar la información contenida en muy diferentes materiales arqueológicos. Esta aportación, la que aquí se presenta, pretende ser una más de esas facetas que dan sentido a la disciplina, colaborando en constituirla como una de las fundamentales en la obtención y estructuración de conocimiento científico.

### Aplicando el método a una parte de la Prehistoria de Canarias.

Como continuación a lo expresado en el apartado introductorio, en las siguientes páginas se aborda brevemente la posibilidad de aplicar los planteamientos de partida al ámbito de la Prehistoria de Canarias, entendiéndolo que ello puede hacerse desde el estudio de algunos tipos de materiales, ya someramente descritos, pertenecientes tanto al medioambiente de las Islas como a concretos materiales arqueológicos. Aquí ya esbozo la posible complejidad de aplicar lo expuesto como planteamientos y objetivos<sup>89</sup>, situándolos en el plano de la realidad biológica y arqueológica de Canarias.

Y es que abordar parte del pasado, de parte de las Islas Canarias, mediante el análisis de microfósiles biominerales –como los que aquí contemplamos– supone acotar previamente no sólo los instrumentos teóricos y metodológicos que deben guiar las tareas analíticas, sino sobre todo las preguntas-problema a resolver.

Desde el trabajo con plantas y suelos actuales y mediante el registro microscópico en ellos contenidos, se puede asumir la aproximación a parte del mundo prehistórico de las Islas, pero también a un medio ambiente de excepción, pocas veces encarados ambos con técnicas analíticas similares, y muchas con la afortunada pero también limitada, información proporcionada por las fuentes etnohistóricas canarias. En esta Tesis se ha prescindido casi totalmente del potencial de éstas, optando por seguir otra ruta informativa y explicativa –de marcado carácter experimental– entendiéndolo que ya existen trabajos anteriores, y posiblemente posteriores, que valoren y utilicen suficientemente dicho potencial.

El modelo explicativo que puede lograrse constituir de este modo lo será siempre con una aportación indirecta de dichas fuentes. En concreto aquella que ha marcado también nuestro subconsciente a la hora de buscar nuevas vías de investigación para explorar, corroborar o descartar aquellos modelos –ya confeccionados– y que también se han servido, en distinto grado de profundidad, de los datos aportados por las fuentes etnohistóricas.

No obstante, el análisis microscópico y especialmente el de microfósiles vegetales –entendido como una herramienta más de la práctica arqueológica– puede seguir en cierto modo el camino marcado por la información existente, ya sea etnohistórica, etnográfica y arqueológica. Y lo hace especialmente para la formulación de preguntas pero también en la matización de las respuestas. El pasado prehistórico –o protohistórico según distintas perspectivas– de las Islas Canarias, se desarrolla en un medio oceánico plagado de intensas variables biogeográficas y crono-estratigráficas. Todas ellas, especialmente las que tienen que ver con un medio vegetal rico en diversidad y distintamente repartido por su geografía, colaboraron –con matices que a la Arqueología le toca definir– en que, desde hace unos 2500 años, comenzarán a desarrollarse en Canarias secuencias culturales muy

---

<sup>89</sup> Quizás el apartado de más excelsas intenciones intelectuales, al que las tareas analíticas siempre sitúan en su sitio, como inquietudes que sólo la posterior investigación limitará o potenciará.

diferentes entre sí, cambiantes y en muchos aspectos aun poco desconocidas.

Cuando las primeras mujeres y hombres arriban a estas Islas traen equipajes socio-tecnológicos de los que aún desconocemos los detalles, pero que sin duda fueron suficientes para lograr un poblamiento con éxito (González *et al.*, 1995; entre otros), entendiendo como tal el lograr aquellas condiciones que permitieron el sostenimiento económico de la población inicial y la continuidad de las posteriores. Pese a que en ellas los desequilibrios sociales y económicos fueron sin duda una constante, cuestión ya abordada desde lecturas materialistas en la Arqueología de las Islas, al menos desde la década de los 80' hasta la actualidad (Morales, 2009; Hernández, 2006; entre otros).

En esas desconocidas, aunque distintamente formuladas y descritas, secuencias de ocupación espacio-temporales, se emprendieron estrategias de subsistencia donde los medios vegetales y edáficos de las Islas funcionaron como recursos fundamentales. Primero permitiendo superar las primeras etapas colonizadoras, luego haciéndolo con la consolidación de modelos económicos que garantizaron la sostenibilidad de las poblaciones establecidas en cada isla, en cada una de sus zonas, habitadas o transitadas. Hasta finales del siglo XIV d.C. no comienza a operarse, en dichas culturas, un cambio de estructuras socioeconómicas semejante al que se producirá con la implantación de los modelos traídos por los conquistadores europeos<sup>90</sup>. Luego, durante todo el siglo XV su consolidación trastocará usos y costumbres, imponiéndose —entre otras muchas— nuevas reglas de explotación del medio natural. Es muy probable que en ellas se aprovecharan muchos conocimientos adquiridos durante la etapa aborigen y que pasaron, no sin verdaderos traumas sociales —con nombres y rostros desconocidos— a formar parte de nuevos idearios de vida, con secuencias de cambio que únicamente pueden ser conocidas mediante la investigación histórica, y en concreto empleando la disciplina arqueológica como dinámica herramienta de trabajo.

El estudio de tales secuencias requiere, por lo amplio de su conjunto, de una delimitación de ámbitos de actuación, tanto en la determinación de la herramienta de análisis como del espacio sujeto a examen. Microfósiles como los fitolitos, almidones y microalgas son algunos de los vehículos de estudio que pueden permitir realizar, tras su recuperación, clasificación y valoración, lecturas sobre cuestiones históricas muy concretas, como las pautas alimenticias y las enfermedades derivadas de éstas, pero también de los recursos vegetales, nativos o introducidos, empleados a distintas escalas de aprovechamiento. Asumiendo nuestros propios límites, analíticos e interpretativos, no pretendemos confeccionar, con la primera aproximación a su estudio, una lectura concreta sobre la estructuración social de las poblaciones prehistóricas canarias, dejando ésta para investigadores arqueológicos e históricos más avezados en tales cuestiones, que sin duda pueden aplicarse sobre tales temas, desarrollando todas las posibilidades de sus muy estructurados posicionamientos historiográficos.

---

<sup>90</sup> Al menos que conozcamos mediante las fuentes de información existentes.

No obstante, nuestra propuesta busca también evaluar y definir dichos límites explicativos. Igualmente la rotunda presencia del medio vegetal, presente de diversas maneras en los materiales analizados, nos aporta información sobre sus características, configurando secuencias paleobotánicas específicas, relacionables o no con las emanadas del registro arqueológico. Creemos que esta relación es fundamental para la comprensión de la génesis de los enclaves arqueológicos mencionados, proporcionándonos algunos datos sobre las características de los mismos y por ende, del propio sistema sociocultural desarrollado en las zonas ocupadas o transitadas.

Los materiales arqueológicos de Las Cañadas del Teide<sup>91</sup> se encuentran, en numerosos casos, aún repartidos por la amplia geografía de este emblemático espacio natural, existiendo evidencias que ya han sido recuperadas, estudiadas en parte o totalmente (**Figuras 33 y 34**). La labor desarrollada por investigadores como Diego Cuscoy (1968), Arnay (2000; entre otros) y Machado & Galván (1998), entre otros, pusieron y ponen de manifiesto su gran potencial arqueológico, mostrándonos la distribución y especificidad de sus materiales y estructuras arqueológicas.

Pese a que se trata de un amplio conocimiento adquirido, es de suponer que existen aun otras muchas evidencias que aún no se han descubierto, así como nuevas inferencias que confirmen o modifiquen las ya existentes. Las identificadas, en su mayoría, corresponden a enclaves que manifiestan actividad en torno a puntos con o sin estructuras asociadas, y en general aun puede seguirse un rastro arqueológico en superficie que resulta esclarecedor –para propios y extraños– sobre la presencia de otros grupos humanos que transitaron y habitaron Las Cañadas del Teide antes que nosotros.

Son varios los tipos de yacimientos existentes en esta amplia zona, como industrias diseminadas, en lo que hemos designado como “áreas de actividad” o dando forma a esos esquivos yacimientos conocidos como “escondrijos”, pero también enterramientos, individuales o colectivos, así como algunos sitios arqueológicos –como fondos de cabañas y pequeñas covachas– con paquetes estratigráficos caracterizados por su escasa potencia. Entre todos configuran un gran conjunto de evidencias, fruto de aquel tránsito, habitación y enterramiento, que hoy puede detectarse, en algunos casos, con sólo prestar atención al terreno por donde se camina. Menos evidentes son los sitios donde se realizaban todas las actividades propias de una permanencia prolongada, como las propias de descanso, alimentación y procesado de materias primas. Pese a que existe una clara reutilización histórica, e incluso reciente, de muchos de ellos, que probablemente ha contribuido a su identificación actual, en otros casos –como ocurre probablemente los de cronología más antigua–, el paso del tiempo y la colonización del medio vegetal, además de los procesos propios naturales basados en un alto

---

<sup>91</sup> En su mayoría se trata de fragmentos de cerámica y lascas de obsidiana que no podrán ser analizados mediante los métodos descritos en este trabajo, dado que su gran mayoría se trata de materiales sin residuo adherido. Únicamente en el caso de las cerámicas se observa residuo en sus bordes, paredes o fondo y de las lascas si presentaran concreciones habría posibilidad de poner en marcha un estudio de funcionalidad en base a la presencia de microfósiles en dichos residuos.

dinamismo ambiental, ha favorecido su mimetización en el seno de llanos endorreicos, coladas y demás elementos del paisaje local.



**Figuras 33 y 34**, Materiales prehistóricos localizados en superficie durante labores de prospección arqueológica en Las Cañadas del Teide (2003-2007). J.A.

No obstante, dentro de la gran extensión arqueológica, que son también Las Cañadas del Teide, existen enclaves concretos que sirvieron como resguardo de todas estas actividades, sobre los que ha sido posible desplegar una estrategia moderna de investigación arqueológica e incluso aplicar, sobre los materiales detectados, varias técnicas de obtención de datos fundamentales, como la datación paleomagnética (Soler *et al.*, 1992), el estudio de las técnicas y definición de territorios asociados a la obtención de industria lítica (Hernández, 2006b) y el análisis paleoantracológico (Machado & Galván, 1998).

Este es el caso del yacimiento de Chafarí, localizado en una pequeña depresión conocida como Valle de Chafarí del que toma su nombre, situado debajo de las estribaciones del conjunto Teide-Pico Viejo en su vertiente suroeste. Un enclave arqueológico rodeado de lavas pahoe-hoe, cuencas endorreicas y matorral de cumbre disperso, cuya aridez y monotonía paisajística es rota por la emblemática –aunque a veces poco perceptible– presencia del Barranco de la Arena, un elemento biogeográfico que ya ha sido puesto en relación con el periodo de ocupación aborigen de este asentamiento (Hernández, 2006b).

Sobre algunas de las características del Barranco de La Arena centramos nuestra atención desde una perspectiva paleobotánica, intentando evaluar su papel en el tiempo, primero como “espacio-testigo” y “espacio-imagen” de la construcción volcánica de la zona suroeste del edificio Teide-Pico Viejo. Y luego del proceso destructor –quizá modelador y constante sean términos más apropiados– de la acción del agua, que aquí guarda igualmente el binomio de modificador de materiales y estructuras geológicas, con el de formador de paquetes sedimentarios, edáficos y vida. Dinamismo del cual conocían mucho los guanches que lo transitaban año a año durante muchas generaciones.

Y es este medio ambiente particular el que ha proporcionado, desde su estudio actual, los materiales de referencia necesarios para acometer la obtención de respuestas explicativas más complejas. Mientras, la observación de suelos y plantas deriva en la obtención de una imagen patrón para evaluar los registros propios de sedimentos antropizados, son los que aportan la evidencia directa —a nivel microfósil—, sobre su posible afinidad con procesos socioculturales de la prehistoria de la Isla, y entre todos su papel en los procesos que afectaron al yacimiento. Ha sido fundamental —en la tarea de definir secuencias de ocupación humana en un entorno como Las Cañadas—, contar con un conjunto de muestras contextuales, extraídas de zonas inmediatas, o no, a las de manifiesta ocupación antrópica prehistórica, ya que permiten observar elementos del paisaje, y del micro-paisaje, como portadores de información desde sus propias características, las mismas que luego serán empleadas comparativamente para poder apreciar las propias de un ambiente humanizado (**Figura 35**).

Por ello, en Las Cañadas, pero sobre todo en los alrededores del Barranco de La Arena, y otras cuencas hidrográficas que citaremos más adelante, se ha centrado buena parte de los trabajos de campo, porque es allí donde pudo existir uno de los puntos de partida para el establecimiento del asentamiento de Chafarí. Las posibilidades de estudiar una zona inserta en un espacio natural protegido, como el de Las Cañadas del Teide<sup>92</sup>, han sido muy amplias, ya que se trata de un medio donde casi no es necesario detenerse para reconocer los primeros vestigios de actividad humana y donde, en algunos casos, aun es posible intuirlos<sup>93</sup>.

Obviamente, a medida que se estudian aspectos relacionados con secuencias históricas más recientes, las evidencias se hacen más perceptibles, pero nunca bajo los parámetros que se han operado en áreas con desarrollo urbano. Para llevar a acabo el estudio de fitolitos, microalgas y almidones que nos ocupa, y antes de realizarlo sobre materiales arqueológicos y edáficos, ha sido necesario poner en marcha un dilatado proceso de investigación con numerosos entresijos teóricos y metodológicos. En ellos, la definición de grupos vegetales de especial incidencia etnobotánica, su tratamiento específico como plantas actuales similares a las explotadas en la Prehistoria y el de sustratos naturales, ha supuesto un paso previo fundamental. Sin el cual no sería posible tratar de identificar microfósiles vegetales de forma acertada. Aún así la dificultad sigue siendo muy alta, en virtud de una serie de procesos que actúan como sesgos importantes de la información obtenida. Igualmente, tal y como se ha podido

---

<sup>92</sup> Siempre planteadas en el intercambio de opiniones y observaciones con la Dra. M. Arnay.

<sup>93</sup> Dicha percepción podría estar condicionada por una tendencia bastante extendida de observar Las Cañadas como un entorno “no modificado” desde tiempos inmemoriales. Tendencia a la que, a veces, es difícil abstraerse, pero que debe ser superada cuando se trata de estudiar secuencias y procesos de actividad humana en la misma. Si bien el predominio del «paisaje geológico» es el que podría motivar la sensación de inmutabilidad —algo obvio pues la escala de este nos supera con rotunda frialdad—, no podemos olvidar que incluso éste se ha modificado desde la llegada de los grupos humanos, prehistóricos e históricos, que deambularon por el mismo.

comprobar, no es fácil dotarse de una colección de referencia representativa de las biomineralizaciones existentes en las plantas actuales, y menos hacerlo con aquellas de las que se desconoce su participación real en la vida de las poblaciones prehistóricas insulares.

Y cuando dicha colección parece completa, siempre existe un factor sorpresa que limita nuestra capacidad de explicación, con la aparición de morfotipos microfósiles completamente desconocidos. Este hecho ha ocurrido constantemente durante el estudio de suelos y sedimentos de Las Cañadas, y he de reconocer que ha servido de acicate para revisar materiales y métodos así, como para la realización de nuevas pruebas, con metodologías cuya adopción se había retrasado o descartado. A ello hay que sumar la posible alteración producida por los procesos tafonómicos, que pueden llegar a desdibujar —muchas veces siguiendo aleatorios mecanismos más propios del azar— los atributos morfológicos y de ornamentación que nos sirven como parámetros de identificación y clasificación taxonómica. En muchos casos, este hecho obliga a ofrecer lecturas parciales, aunque siempre sustentadas en la fundamental información aportada por las prácticas experimentales y el detallado examen microscópico de todas las muestras relacionadas que han sido analizadas.

En otros casos nos encontramos con ausencia casi total de biomineralizaciones de diagnóstico, en plantas emblemáticas, que esperábamos fueran la clave de algunos interrogantes arqueobotánicos, esto ocurrió —entre otras— con la *retama del Teide* (*Spartocytisus supranubius*), una planta profundamente relacionada —aunque no de forma exclusiva— con la explotación humana de Las Cañadas del Teide. Aunque entendemos que tanto confirmar, como en este caso... negar, también ha sido uno de los modestos logros de nuestra investigación. Porque, pese a la problemática derivada de someterla a continuas pruebas analíticas, sin obtener los resultados buscados (detección de silicofitolitos de diagnóstico), finalmente algunos aspectos micro-botánicos de esta planta pudieron ser desvelados<sup>94</sup> (Figuras 36, 37, 38).

Y es que ha sido fundamental el tratamiento, y examen, previo de las partículas biominerales contenidas en las plantas actuales, para disponer de un patrón comparativo que permitiese reconocerlas en suelos, sedimentos y materiales arqueológicos de variado signo. Es por ello, que siguiendo directrices propias de la arqueología experimental, se procedió al estudio de la flora local de las Islas, poniendo en marcha un complejo mecanismo verdaderamente interdisciplinar, donde ha primado la colaboración de numerosos investigadores, especializados en cuestiones de tipo arqueobotánico, botánico y paleontológico, entre otros.

En ese sentido el apartado metodológico es el que ha requerido de una mayor inversión de esfuerzo, ya que no existían en Canarias antecedentes prácticos en su aplicación. Las técnicas de análisis de fitolitos comienzan con

---

<sup>94</sup> En concreto la baja concentración de silicificaciones por gramo de muestra de tejido vegetal, la inexistencia de morfologías originales de diagnóstico (formas y ornamentaciones no convencionales) y especialmente la presencia, en los tejidos de los tallos fotosintéticos de biomineralizaciones de fosfato cálcico.

el de plantas actuales, que han sido tratadas con varios métodos tal y como se describe en el capítulo correspondiente (Técnicas Analíticas, Cap. 4). Donde debe señalarse que, comprobando la ganancia gradual de experiencia, se ha deseado haber realizado, como en la actualidad, muchas de las analíticas encaminadas a la realización de esta Tesis. De igual modo el estudio de sedimentos arqueológicos y suelos, que básicamente requieren de los mismos tratamientos de laboratorio, han ocupado buena parte de las tareas analíticas, dificultando en muchos casos la obtención de resultados, la problemática al respecto de la eliminación de las arcillas es buena muestra de ello<sup>95</sup>.



**Figura 35**, El ambiente actual de la zona alta de Chafarí, en la zona conocida como los *Asientos de Pedro Méndez*, una confluencia de paisaje volcánico, materiales aluviales y vegetación de matorral de montaña en extensión. J.A.

En todo caso el estudio de estos materiales nos ha mostrado las verdaderas posibilidades del método seleccionado para la extracción de fitolitos y otros microfósiles de base altamente silicificada (microalgas diatomeas, crisófitas y espículas de esponjas). A nivel de potencialidades el método finalmente empleado, basado en parte en el protocolo de Pinilla y Bustillo (1997), Albert *et al.* (1999) y en mayor parte en el descrito por Bárcena y Flores (1990) y versión final de Bárcena (1994) ha permitido evaluar en primer lugar el componente biogénico de sedimentos y suelos, ya que la no eliminación de partículas de arenas hasta un tamaño máximo de 700  $\mu\text{m}$  y de los limos totales (50-2  $\mu\text{m}$ ) permite conocer la verdadera concentración de microfósiles silíceos en el conjunto de estas fracciones granulométricas<sup>96</sup>.

---

<sup>95</sup> Ver Capítulo de Métodos y Prácticas Analíticas, Tratamiento de Suelos y Sedimentos.

<sup>96</sup> Y en realidad en el peso total de partida de la muestra analizada, ya que la estimación de los pesos de todas las fracciones, también la de las arcillas, y tras el cómputo de los microfósiles totales por gramo de muestra puede realizarse el cálculo sobre dichos microfósiles en la muestra bruta.



Aunque el objetivo de lograr preparaciones microscópicas con una calidad suficiente como para garantizar estimaciones cualitativas (rasgos morfométricos) como cuantitativas (concentraciones de microfósiles por grupos definidos de los mismos) parece haberse logrado, éste ha requerido de procedimientos que en algunos casos pueden resultar lesivos para determinados grupos de microfósiles, como las valvas de diatomeas y los esqueletos silíceos. En todo caso las preparaciones microscópicas confeccionadas como se describe en el apartado correspondiente<sup>97</sup>, han permitido estimaciones sobre los conjuntos microfósiles de muestras de muy dispar naturaleza, sobre los cuales –al estar confeccionadas éstas con los mismos parámetros de superficie y volumen de alícuota– han podido realizarse además estudios comparativos. Desde esa perspectiva el método es muy efectivo con sedimentos arqueológicos y no tanto con suelos, donde las concentraciones de microfósiles –salvo en el caso de sustratos de zonas inundadas– suelen ser menores. Pero en general el método empleado confirma cuando en un determinado material sedimentario, edáfico, paleoedáfico o geológico existen fitolitos y microalgas. Y por tanto cumple perfectamente con el cometido de servirnos de evaluación de su presencia así como de interpretación de la misma, tanto en secuencias de procesos naturales como aquellos donde ha intervenido la actividad antrópica.

Por su parte, las plantas analizadas, como se expuso en el trabajo predoctoral previo a esta Tesis<sup>98</sup>, han permitido obtener una idea básica de las características de las biomineralizaciones producidas por cada una de ellas, aportándonos un punto de partida para comenzar a rastrear su presencia en contextos arqueológicos; también en materiales tan comunes para los arqueólogos como los sedimentos donde, en su humildad microscópica pero completamente investidos de entidad arqueológica, adquieren el rango de *microfósiles*<sup>99</sup>.

El hecho de que no existiera, hasta la fecha de inicio de nuestra investigación de fitolitos (Afonso, 2004,) ningún dato sobre el estudio de la flora de Canarias con este objetivo, obligó a poner en marcha prospecciones, muestreos, tratamientos y observaciones de muestras. La amplitud de esta tarea ha motivado que únicamente se presenten datos y lecturas asociadas parciales, tanto en cuanto a la Colección de Referencia (Fitoliteca-1) como a las posibles identificaciones realizadas durante el estudio de muestras arqueológicas. No obstante, como ocurre con la flora de alta montaña de

---

<sup>97</sup> Ver Capítulo 4, Técnicas analíticas.

<sup>98</sup> Afonso, 2004a, *Aportaciones del análisis de fitolitos...*2004, Facultad de Geografía e Historia, Universidad de La Laguna, Tesina.

<sup>99</sup> Pese a que el término no se ajusta a la realidad material de partículas como los silicofitolitos y microalgas de esqueleto y quistes silicificados, ya que estos no han sufrido un procesos de fosilización, hemos optado por mantenerlo para designar el conjunto de los cuales tomamos por corpus empírico de la labor de valorarlos en contextos arqueológicos. En todo caso entiendo que puede asumirse un planteamiento que vislumbre, a estas partículas, como parte incuestionable de antiguos organismos vivos, pero también parte sólida y preservada en el tiempo de los mismos. Algo que los asemeja, al menos desde tal punto de vista, al concepto de fósil a escala macroscópica.

Tenerife, la aproximación preliminar que suponen las tareas contenidas en el apartado metodológico experimental de esta Tesis, ha permitido dotarnos del conocimiento microbotánico básico (fitolitos) para acometer la posible identificación de plantas pertenecientes a este piso bioclimático. De tal forma que pueden emitirse las primeras lecturas sobre las potencialidades y limitaciones de las mismas.

Analizar los materiales de Las Cañadas y del yacimiento de Chafarí ha requerido previamente del análisis de un grupo importante de plantas, suelos, sedimentos y residuos provenientes de la zona<sup>100</sup>, como forma de conocer, lo más completamente posible, el contexto real de esta amplia zona de la alta montaña tinerfeña, con el objetivo de poder llegar a valorar las características de sustratos no-antropizados, o al menos no de forma evidente. En el caso del estudio microscópico de suelos, ello nos ha permitido introducirnos en su pasado más remoto, en condiciones ambientales posiblemente diferentes, porque todos esos materiales tienen la particularidad de haber sido generados en unas condiciones ambientales específicas, y en su variedad pueden ofrecer valiosos datos sobre aspectos muy diversos, unos medioambientales y otros claramente relacionados con antiguas actividades antrópicas. Con este heterogéneo conjunto muestral se ha configurado una metodología analítica que intenta atender a todas las variables arqueológicas posibles, como para realizar lecturas concretas sobre el hábitat, el medio ambiente imperante, la dieta, los recursos vegetales, las características edáficas del terreno de intervención, o los procesos tafonómicos que pueden estar relacionados con la conservación del registro arqueobotánico.

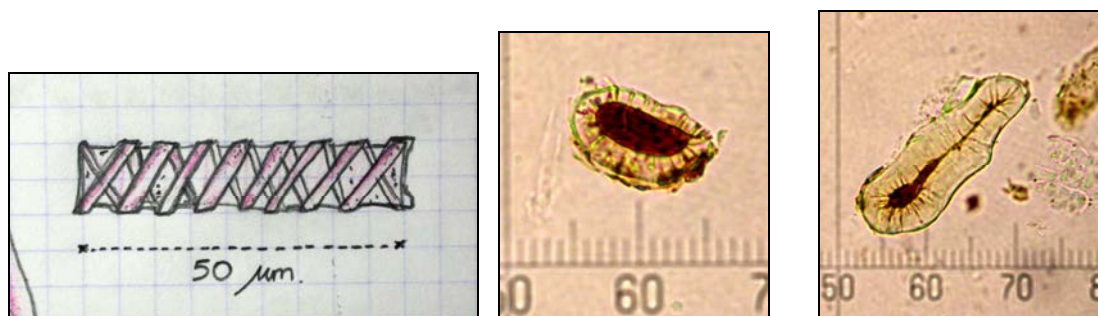
Su objetivo final, el de esta herramienta –que persigue ser de alta resolución– es llegar a plantear un modelo explicativo coherente y complementario sobre la Prehistoria de Canarias, aunque con lentos y firmes pasos guiados por los profesionales de cada una de las materias que lo integran. Sobre materiales tan dispares se han empleado técnicas pertenecientes a una de las disciplinas con mayor tradición investigadora: la Microscopía Analítica. Tomándola como herramienta de análisis rutinario es posible, como intuían sus artífices –dígase Lewenhoek, Hoocke<sup>101</sup>, entre otros– y confirmaran muchos investigadores posteriores (Flint, 1996; Wallis, 1968; González Escalera, 2001; entre otros), obtener datos sobre la estructura más básica e íntima de las cosas, e incluso de todo el mundo que nos rodea. Como ya adelantara Leo Biek (1963), y posteriormente ampliarán Brothwell & Higgs (1980), también en el ámbito de la investigación arqueológica es posible emplearla para obtener datos precisos sobre aspectos microscópicos de los materiales más heterogéneos, algo que hemos podido comprobar a cada paso de nuestra investigación (Afonso, 2004, Tesina, 2006).

---

<sup>100</sup> Pertenecientes a industrias cerámicas y restos bioantropológicos recuperados en la zona, depositados en entidades museísticas como el Museo Arqueológico del Puerto de La Cruz. También se han analizado los residuos extraídos de restos humanos que se encuentran en estudio el Departamento de Prehistoria, Antropología e Historia Antigua (ULL).

<sup>101</sup> Que sentaron las bases de la Microscopía óptica, con sus propios diseños técnicos e investigaciones asociadas a los mismos (Huxley, 2007).

Luego se hace necesario establecer relaciones, comparar, medir y cuantificar, logrando matizar, y a veces descartar, la hipótesis de partida, aunque al final, como en todo trabajo de investigación, podemos llegar a emitir nuestra impresión sobre posibles y complejas relaciones existentes entre “nuestros singulares documentos” y los procesos históricos que se pretende abordar. Es entonces, cuando finaliza un amplio ciclo investigador basado en el muestreo selectivo, el tratamiento analítico pormenorizado y la inspección microscópica detallada, cuando la disciplina ofrece sus frutos en forma de resultados, aunque no siempre se encuentra lo que se busca.



**Figura 36** (Izqda.), Dibujo de elemento microscópico presente en la raíz de *Spartocytisus supranubius* y que puede clasificarse dentro del grupo de los fitolitos presentes en el xilema de la planta. **Figura 37** (Centro) y **Figura 38** (Dcha.), células lignificadas (esclereidas) en la vaina de la misma planta. 400x. J.A.

Obviamente, como se expone en estas líneas, ha sido necesario elaborar un esquema inicial donde se contemplara una hipótesis de partida, en este caso la posibilidad de identificar, mediante el estudio de la estructura interna de estas relaciones, el papel explicativo de fitolitos, microalgas y almidones en los procesos naturales y humanos acaecidos sobre los materiales estudiados. La conjunción del estudio, de tales grupos de partículas biogénicas, responde a la posibilidad de superar manifiestas limitaciones del registro de fitolitos como único referente microscópico, con fines arqueobotánicos y paleobotánicos, al que ya hace alusión —aunque en contextos biogeográficos muy diferentes a los de Canarias— Korstanje (2003), refiriéndose a las limitaciones de la flora andina en cuanto a producción de fitolitos.

Del mismo modo, una vez conocida, de forma experimental parcial, la vegetación de la alta montaña de Tenerife se evidenció, aun más, que tal limitación debía ser tenida en cuenta a nivel analítico, si lo que se buscaba era algo más que una valoración de los registros microfósiles insertos en contextos arqueológicos y edáficos de la zona. El *análisis múltiple de microfósiles* propuesto por Coil *et al* (2003) y Korstanje (2003) se constituye aquí, al igual que en la zona andina, como una vía analítica factible y plenamente recomendable. Sobre todo para poder evaluar, en conceptos de frecuencias totales, qué microfósiles aparecían en una determinada muestra, qué relación existía entre los diferentes tipos localizados y cuál podría ser su significado con respecto a los procesos socioeconómicos de la etapa prehistórica de Canarias.

Durante las primeras analíticas de suelos de Las Cañadas, siguiendo este principio, se confirmó su idoneidad, basada en la posibilidad de valorar determinadas condiciones ambientales y de depósito, en función de la frecuencia de aparición de los conjuntos *silicofitolitos-diatomeas-quistes de crisofitas*, como los que ya habían sido detectados en los sedimentos arqueológicos de La Cerera (Gran Canaria) (Figura 39). Ese conjunto, que se revela como más consistente que otros también presentes como los microfragmentos de carbón, cobra mayor importancia cuando se trata de analizar sedimentos formados en gran parte por ceniza, caso de la estructura de combustión de Ch-N-3, donde la presencia de microalgas debía ser minoritaria y la de fitolitos, especialmente los asociados a tejidos leñosos (en este caso de leguminosas y gimnospermas), ser protagonista de la misma.

Por todo ello, buscamos –con esta aproximación metodológica parcial– responder a preguntas muy concretas, cuyos pormenores, desarrollo y posible respuesta se encuentra a lo largo de estas páginas. Los resultados del análisis de plantas, suelos, sedimentos y residuos han proporcionado la posibilidad de evaluar la herramienta de trabajo, aportando un nuevo punto de vista, a través del estudio microscópico de diversos materiales, sobre tres aspectos básicos: 1) lograr articular una metodología unificada de análisis que permita valorar las características del registro microscópico de los materiales analizados, 2) organizar la información proporcionada por el mismo y 3) intentar ponerla en relación con lecturas de tipo arqueológico y paleoambiental. De lograrse una óptima obtención de datos, cualitativos y cuantitativos, interesa entonces relacionarlos con su devenir, y modo de actuar, de grupos humanos articulando su subsistencia y devenir cotidiano, en distintos ambientes. Aquí se ha tomado como ejemplo los que habitaron, u ocuparon la alta montaña tinerfeña, sin olvidar que se trata sólo de una parte de un todo que será preciso, en un futuro, interrogar con nuevos planteamientos y nuevas metodologías.

### **Hacia los contextos diferenciales en la prehistoria de Canarias, habitada y por habitar.**

El estudio de otros enclaves, y medios naturales, nos ha llevado a encontrar, valorar y entender la enorme variabilidad micro-arqueológica de las Islas. El trabajo con un yacimiento de ocupación permanente ofrece una riqueza microfósil de excepción, muy diferente a los que se configuran como puesto avanzado en medios naturales hostiles –para grupos humanos aborígenes– como podría ser la zona de alta montaña de Tenerife, las Cañadas del Teide<sup>102</sup>. Por ello hemos tenido a bien analizar otro enclave tan dispar y lejano de ellas como La Cerera, en Arucas (Gran Canaria). Este sitio arqueológico comenzó aportado, desde su registro microfósil, una realidad plagada de detalles microscópicos, que los diferencian, pero a la vez los relacionan, en algunas informaciones aún encriptadas, al menos para nuestro reducido bagaje analítico e interpretativo. Ha sido el trabajo con estos materiales los que han motivado nuevas cuestiones que, para ser resueltas, obligaron a continuas revisiones del ya realizado.

---

<sup>102</sup> Ejemplificado en el paradigmático yacimiento de Chafarí Norte 3.

Así se ha puesto de manifiesto que abordar el estudio de las relaciones hombre-medio vegetal en la Prehistoria de las Islas, desde el exclusivo uso del análisis de microfósiles, es algo muy complejo, pero menos que indagar y relatar sobre su papel en la sociedad aborígen. Como se muestra en los apartados de cada uno de ellos, los registros de La Cerera son muy diferentes a los existentes en Chafarí, la complejidad del primero motivó una reestructuración de los métodos de actuación, al indicar que una concentración tan elevada de silicofitolitos, algas diatomeas y quistes de crisofitas debían estar en relación con las propias características formativas y postdeposicionales del yacimiento. Dotado éste de una secuencia de ocupación muy amplia, dilatada en el tiempo, que planteó la posibilidad de servir como modelo comparativo al enclavado en Las Cañadas del Teide.

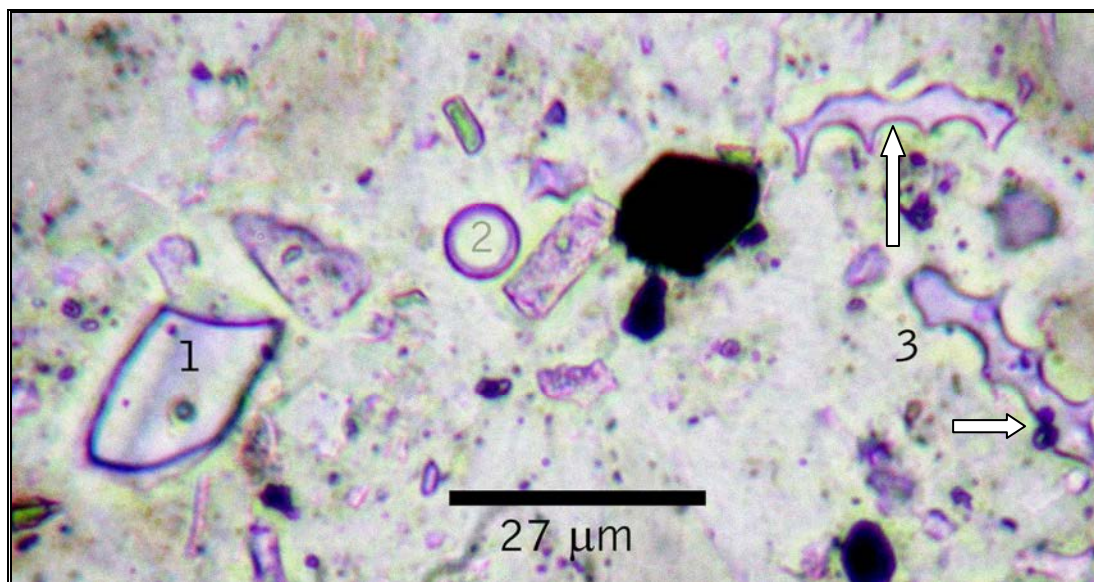
Como ya se ha mencionado de forma amplia y detallada (González *et al.*, 2009), las gentes de la prehistoria de La Cerera podrían haber disfrutado —a nivel de recursos naturales— de una situación biogeográfica privilegiada. Con acceso a la costa pero aun más a las medianías, con una amplia gama de plantas, suelos y puntos de agua, proporcionada por la conjunción del bosque termófilo y el Monteverde en una zona de suaves valles y colinas, donde poder desplegar un conjunto de actividades económicas estrechamente vinculadas a su captación y/o explotación (Morales, 2009; Machado, 2009). Entre otros aspectos microscópicos, el registro estratigráfico del sitio arqueológico de La Cerera parece proporcionar indicios de una afectación hídrica —o de alta humedad— que desconcierta, más aun cuando junto a abundantes evidencias microscópicas de plantas (fitolitos), tanto de plantas introducidas y cultivadas como nativas —y no necesariamente de ambientes húmedos como la palmera<sup>103</sup>—, aparecen restos inequívocos de microalgas (**Figura 39 y 40**). Obviamente tales indicios obligaron a atender a las posibles causas de las condiciones de humedad que generaron el ambiente propicio para su desarrollo, fuese éste interno o externo al yacimiento. Para lo cual, si buscábamos respuestas globales, se debían poner en marcha mecanismos específicos de indagación en ese campo, con muestreos, análisis e interpretaciones de resultados que nos permitieran, igualmente, conocer si tales condiciones de humedad fueron generalizadas, o si por el contrario acusaron cambios en el tiempo.

La revisión de nuestro trabajo, tras observar la particularidad del registro microfósil de La Cerera, ha motivado que lo presentemos como un ejemplo netamente diferente al de Chafarí, ilustrando perfectamente como podía funcionar un yacimiento en un contexto prehistórico insular, completamente ajeno al anterior. Donde sin duda existió una estrategia volcada hacia una economía de producción frumentaria, con todas las repercusiones económico-sociales que ello implica.

---

<sup>103</sup> No puede decirse que este tipo de palmera, como otras, se desarrolle fuera de sustratos donde no exista cierta humedad edáfica, pese a que su hábitat suelen ser zonas costeras y de medianías, sino todo lo contrario. Por lo general su área de crecimiento siempre se encontrará, en su mayoría, cercana a cauces de barrancos o depresiones fértiles del terreno. Aunque como ocurre en los grandes palmerales dispersos de la isla de La Gomera, se desarrollan en laderas completas de zonas de medianías.

El espacio que rodea La Cerera tampoco es comparable con Chafarí, allí se ha operado tal transformación moderna del terreno que impide reconstruir, de forma visual, cómo pudo ser al inicio de la Era, salvo en lo que respecta a las principales unidades del paisaje, incluidos los espacios lagunares que ofrecen una idea de lo que fue en época aborigen.

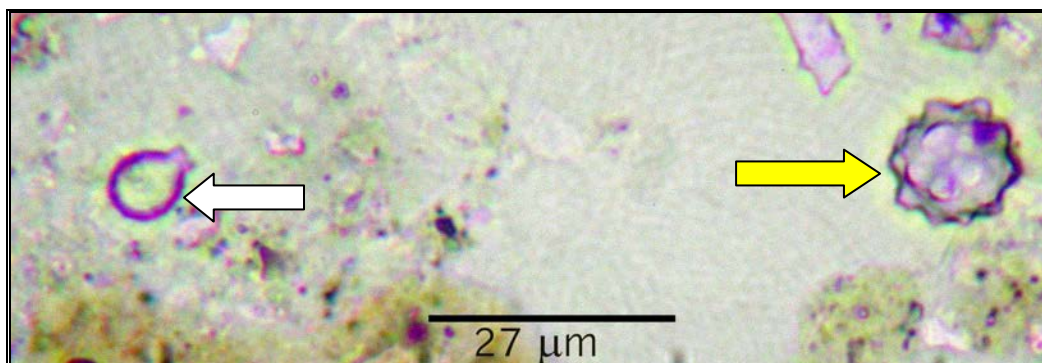


**Figura 39**, Parte de los conjuntos microfósiles presentes en los sedimentos de La Cerera (CE-2.5), formados en este caso por fragmento de silicofitolito trapezoidal sinuoso (1), quiste de crisofita (2), fragmentos de silicofitolitos de células largas equinadas/dendriformes (3) y microcarbones (partículas en negro). 600x. J.A.

No obstante, su estudio aun es posible, sobre todo observando el desarrollo urbanístico del enclave actual, donde existen zonas con mayor antropización o incluso otras, como los espacios lagunares aun existentes, y que probablemente tuvieron, con más que seguras variaciones con respecto a las actuales, trascendencia histórica<sup>104</sup>. Igualmente, la vocación interdisciplinar de este trabajo, sigue otros trabajos realizados sobre La Cerera y Arucas que permiten contar con datos científicos al menos sobre el primero (González *et al.*, 2009). Las prospecciones realizadas en esta zona permitieron detectar elementos etnobotánicos residuales, propios del cambio de estructuras operado con los asentamientos de época moderna en la zona de Arucas, como los últimos cañaverales de caña de azúcar (los «cañamieles» de las fuentes etnohistóricas), implantados aprovechando la fertilidad de la vega de Arucas.

<sup>104</sup> Dichas zonas de lagunas han sido sugeridas como muy probables por varios autores y retomadas en trabajos posteriores, como el de Morales (2006), y sobre las que cabe plantear su más que deseable estudio mediante técnicas de perforación y recuperación de muestras sedimentarias, para la realización de un análisis, entre otros posibles, de microfósiles de origen vegetal.

Efectivamente, Arucas dispone de una amplia y fértil zona que, aunque ha mutado mucho su apariencia desde época aborigen, sigue permitiendo comprobar el aspecto de haber sido cómoda para asentamientos humanos, con un clima templado y completo acceso a recursos naturales de varios pisos bioclimáticos, tanto como perpetuar dichos asentamientos. Y arriba, sobre esta fértil vega se intuye, a escaso centenar de metros –por debajo de su singular montaña<sup>105</sup>– la zona del yacimiento aborigen de La Cerera. Un tipo de yacimiento modesto<sup>106</sup>, probablemente asociado a asentamientos prehistóricos de mayor complejidad estructural, y sin duda a un singular entorno natural. Lo cierto es que a juzgar por la secuencia histórica de Arucas, de cuya noticia se hacen eco numerosas fuentes etnohistóricas, históricas y arqueológicas (González *et al.*, 2009), la ocupación de la zona será temprana e intensa, con episodios de intensa explotación del medio por parte de sus habitantes prehistóricos, pero también de enfrentamientos con los europeos. Luego, tras el cambio de estructuras socioeconómicas y culturales, ya en época moderna, la vega sufrirá un proceso de intensificación de cultivos y asentamientos humanos, que la llevará a ser uno de los principales núcleos urbanos y productores de Gran Canaria.



**Figura 40**, Dos microfósiles vegetales presentes en el sedimento de La Cerera (CE-2.5) como un quiste ovalado con collar de un alga crisofita (blanco) y un silicofitolito globular equinado de palmácea (amarillo), en la misma preparación de sedimento arqueológico. 600x. J.A.

Obviamente tanto la historia natural como humana de Arucas revierte en claras posibilidades para realizar análisis de microfósiles vegetales, y en especial los provenientes de una secuencia estratigráfica como la de La Cerera, lo cual significa, ni más ni menos, la posibilidad de indagar en ese complejo pasado, aportando nuevos datos al conocimiento arqueológico del lugar y sus gentes.

<sup>105</sup> Cono de cinder resultado de la actividad volcánica del III Ciclo magmático de Gran Canaria y que ha emitido materiales como lavas, conos de *tefra* y otros como *maares* basaníticos (Morales, tesis doctoral, ULPGC, 2006).

<sup>106</sup> Únicamente en cuanto a su estructuración en un espacio de cueva de escasas dimensiones, pero cuya potencia estratigráfica indica un alto grado de actividad antrópica, derivada probablemente de una intensa ocupación humana en el exterior de la misma, donde se situarían estructuras habitacionales que no se han preservado.

Con todo ello y de cómo afrontar un estudio microscópico –un estudio micro-arqueológico– buscando huellas de la presencia y actividad humana en lugares y momentos como los descritos, y para ofrecer respuestas históricas, versa esta Tesis doctoral. Para lograrlo ha sido necesario manejar nuevas herramientas –al menos para el contexto de las Islas– porque en otros ambientes académicos ya disponían de otras, de magnífica factura e increíble capacidad explicativa, que aunque fueron tomadas como indispensable referencia, finalmente no resolvían las preguntas formuladas, en concreto al respecto de los microfósiles y su contexto de acogida.



**Figura 41** (Izqda.), Observación al microscopio óptico (Dpto. Prehistoria, ULL). **Figura 42** (Drcha.), Tratamiento de sedimentos arqueológicos y suelos mediante decantación (Laboratorio de Edafología y Geología, ULL). J.A.

No obstante, se han asumido una serie de técnicas y por derivación una serie de inferencias y lecturas, que quizás concuerden con lo que Renfrew & Bahn (1993) contemplaban como “...propia de determinados especialistas” y no tanto con “verdaderos arqueólogos”, a los que percibían entonces más ocupados de macrorrestos, entre ellos los de naturaleza vegetal. La propuesta que aquí se designa y aplica, no pretende estar de acuerdo con todo lo propuesto por estos autores, que en todo caso parecen haberse pronunciado –al respecto del análisis microbotánico– en momentos no muy lejanos, donde aun la/s disciplina/s a la que se refiere esta Tesis doctoral se encontraba en situación de absoluta polarización, esto es: fuera del alcance de los arqueólogos y más cerca de profesionales de las ciencia medioambientales (Biología, Ecología, etc.). Dicha polarización es la que se ha intentado disminuir, aprendiendo técnicas y adquiriendo conceptos de ambas *orillas científicas* (**Figuras 41 y 42**).

Y es a nivel de materiales analizados, donde se ha comprobado la idoneidad de una colaboración interdisciplinar real, permitiendo obtener la fundamental experiencia analítica –basada en continuas observaciones microscópicas– sobre muestras muy dispares. Lo cual la ha consolidado como verdadero cuaderno de enseñanzas, y no sólo de forma práctica sino también teórica, permitiendo definir posibilidades y limitaciones del método empleado, al ser aplicado éste sobre materiales muy diferentes, con fines temáticos pertenecientes a las fases cronológicas básicas de parte de la Historia de las Islas Canarias. Posteriormente, como ya he ejemplificado con



el abordaje de los paleosuelos rubefactados, se hizo necesario acudir a los “registros naturales de la Islas”, donde se guardan evidencias de antiguas plantas y sin duda la mejor enseñanza sobre las evidencias (los elementos microscópicos de intervención) sobre las que se basa la línea de investigación que sigue esta Tesis. Acudir a perfiles edáficos, formaciones vegetales y análisis de laboratorio y microscopía no era posible sin el continuo intercambio de impresiones con arqueólogos, edafólogos y botánicos, lo cual ha permitido testear dificultades, resultados y posibles inferencias, también sobre nuestra labor, desde los datos obtenidos.

Solamente tras asumir que para llevar a cabo un estudio de microfósiles vegetales en contextos arqueológicos (las muestras-problema) se debe adquirir antes una formación que no sólo lo aportan las plantas –fácilmente obtenibles en la naturaleza (muestras patrones)– sino que se halla inserta en suelos y sedimentos que deben ser tratados para extraer sus datos, que se encuentran materializados en forma de registros muy dispares, desmadrados por procesos tafonómicos en el tiempo. Solamente entonces, como bien ejemplifica el estudio preliminar de suelos tan antiguos como el del Perfil Coromoto (**Figura 43, 44 y 45**), se llega a la conclusión de que lo que vemos al microscopio puede ser interpretado y valorado dentro de su secuencia natural e histórica.

Asumiendo completamente el riesgo, y compromiso, de esta inusual escalada hacia la propia configuración personal y profesional, he pretendido –amparado por la confianza de todos mis tutores y compañeros de profesión– ofrecer una versión simple pero honesta de la investigación microarqueológica. Sería poco acertado, por mi parte, auto-investirme del rango de arqueólogo, ante la pléyade de compañeros curtidos en tantas jornadas de excavación, donde quiera que éstas se desarrollaran. No obstante, la percepción personal –de mi propia inquietud– será siempre la de un apasionado de la Investigación Arqueológica y de la Prehistoria<sup>107</sup>, afirmando –en base a dicha modesta percepción– que existen muchas formas de abordar ambas disciplinas.

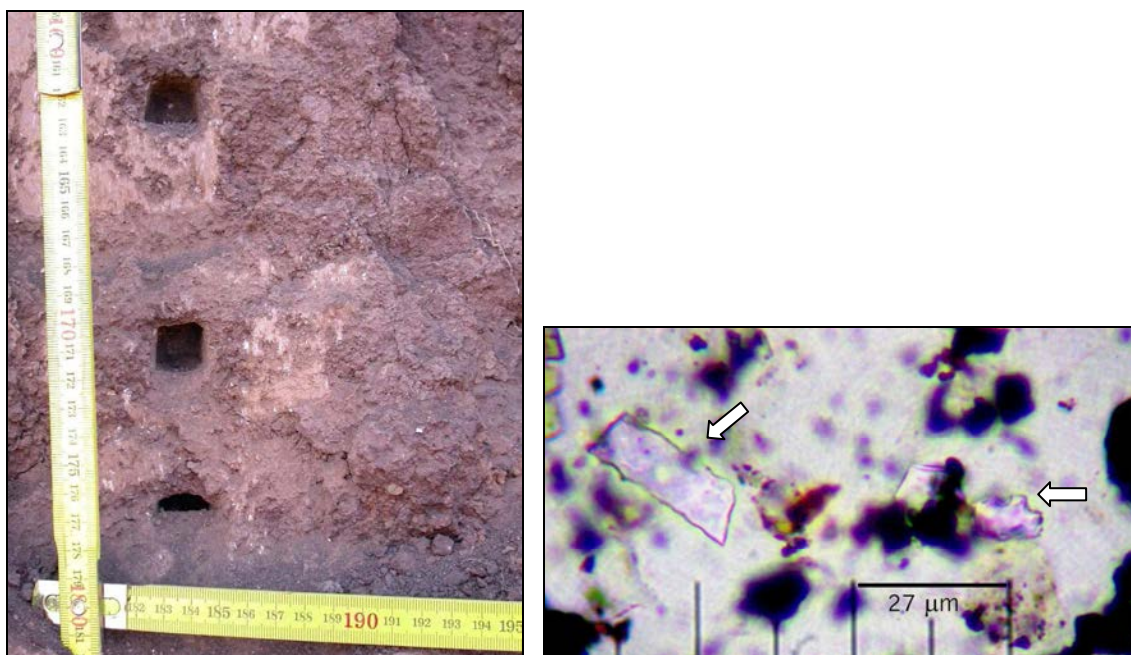
El mayor logro, de este compromiso<sup>108</sup> interdisciplinar, sería que esta herramienta de trabajo permitiera alcanzar los objetivos de la mayoría de mis compañeros y colegas, los de una disciplina arqueológica honesta y digna. No sólo puesta al servicio de la sociedad sino también implicada en intentar mejorarla, desde la generación y divulgación de conocimiento científico, aportando datos e ideas que motiven la autocrítica y la reflexión, personal y en comunidad.

---

<sup>107</sup> Siguiendo no sólo un criterio de pura curiosidad, sino la idea de que el ser humano tiene la obligación de conocer quién es en realidad, cuales son sus responsabilidades y de lo que es capaz de hacer. Lejos quiere esta idea de estar de *la distorsión interesada* o aquella que modifica la realidad en nuestro beneficio, individual o de grupo. La crítica individual puede ser la clave, y el conocimiento de lo que *hemos sido* siempre me ha parecido un obligado ejercicio para la reflexión.

<sup>108</sup> Que es quizá también el de realizar una Tesis: una cuestión de compromiso personal-profesional para con el conocimiento científico (Dr. J.L. Mora, Com. Pers.).

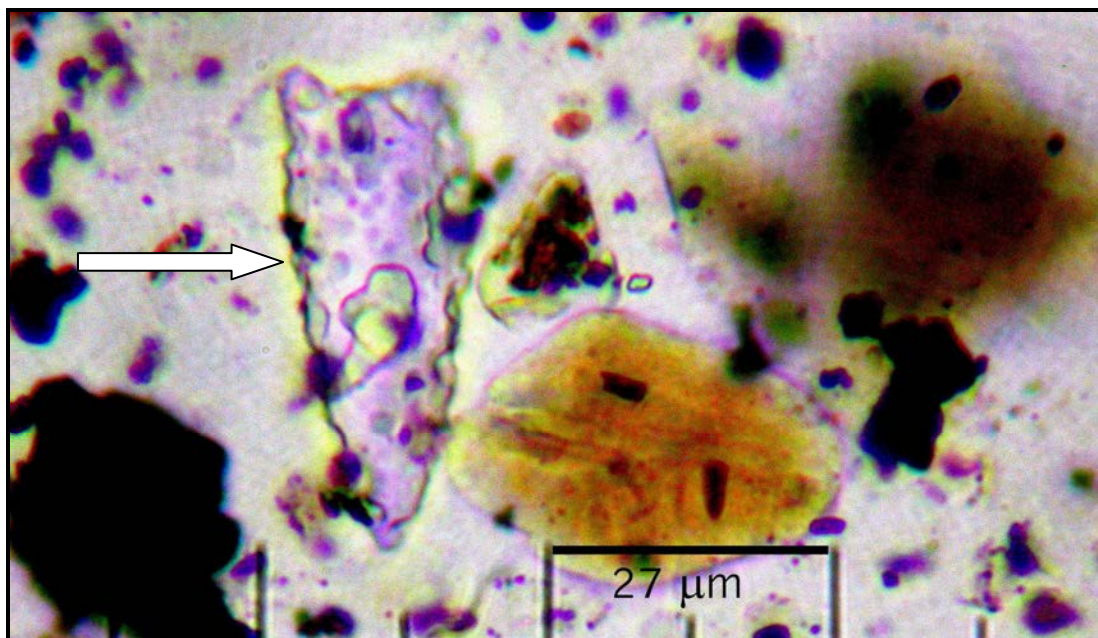
Con todo, sí que debo señalar que, para lograr unos resultados interpretativos óptimos, no debe cesar la labor de análisis experimental, apartado donde la disciplina arqueológica tiene aun un importante papel que desarrollar. El trabajo aquí presentado se nutre en buena parte de prácticas experimentales, siendo sus resultados los que han permitido abordar las distintas cuestiones que en él se exponen. Desde una perspectiva arqueológica los métodos empleados y los objetivos que han motivado su selección y aplicación, pueden considerarse de amplio espectro puesto que permiten valorar tanto microfósiles en contextos arqueológicos como naturales, implementando por ello la posibilidad de realizar lecturas sobre contextos no-antropizados y antropizados, dependiendo de las posibilidades de cada intervención arqueológica o edáfica en actuar en extensión.



**Figura 43** El *Perfil Coromoto* tras las perforaciones realizadas para la extracción de muestras de suelo. **Figura 44** (Drcha.), Parte de lo que nos encontramos “dentro” al mirarlas al microscopio óptico: numerosos microcarbones (negro opaco) y los primeros fragmentos de lo que podían ser fitolitos de sílice (flechas en blanco). 600x. J.A.

Aunque con las limitaciones propias del método seleccionado –que contempla la importancia de analizar parte del sustrato mineral donde se contienen microfósiles vegetal– puede decirse que su funcionamiento ha sido el adecuado para realizar una primera aproximación a los registros de este tipo de partículas en contextos de la Prehistoria de Canarias, así como de algunos contextos continentales (Península Ibérica, Islas Británicas, Escandinavia y en menor medida África), ya que en la mayoría de ellos ha sido posible detectar fitolitos y microalgas. Así como conocer algunas de las características intrínsecas del material, como su contenido en materia orgánica, carbonatos y fracciones granulométricas. Las muestras analizadas, tanto de origen vegetal como arqueológico, edáfico y geológico nos han ofrecido así una perspectiva preliminar de cómo pueden servirnos, también

con fines microscópicos, su contenido en partículas biogénicas, que analizadas en detalle (análisis morfométrico aislado) y en conjunto (concentraciones por preparación o por gramo), permitiendo valorar o al menos disponer de datos para hacerlo en el contexto, arqueológico, edáfico o geológico, sobre el que precisemos nuevas lecturas e interpretaciones (Figura 45).



**Figura 45**, Silicofitolito de apéndice epidérmico *Poaceae*, gravemente afectado por un proceso de disolución de la sílice que lo constituye, y que evidencia la afectación de procesos tafonómicos adversos, en este caso vinculados a condiciones alcalinas y/o circulación hídrica. El Perfil Coromoto (muestra PC-70 cm.) comenzaba a mostrarnos parte de su historia, ofreciéndonos información encriptada pero real, bajo la forma de partículas biominerales (fitolitos), minerales (limos y arenas) y microcarbones. 600x. J.A.

En algunos casos –que empleo como apartados eminentemente positivos de esta Tesis– los resultados conjuntos, sobre un mismo tipo de fitolitos o de microalgas, en plantas o contextos que los producen (respectivamente) y sustratos como suelos y sedimentos, han funcionado como verdaderos paradigmas explicativos, sobre los que es posible formular cuestiones complejas (también complejas de responder) y de alto poder de definición, sobre aspectos arqueológicos (explotación crono-espacial del medio vegetal) y paleoambientales (cambios en las potencialidades reales del medio).

En otros, el vacío de información ha sido interpretado como ausencia real de registros microfósiles y no como error metodológico, algo que sólo un adecuado conjunto muestral –analizado mediante el mismo protocolo– puede permitir afirmar. En aquellos casos donde han sido posibles estudios morfométricos (en número de ejemplares suficiente) y cuantitativos adecuados, todo parece indicar que es posible comprender parte de los procesos (históricos y naturales) donde se enclavan, mediante los datos e

informaciones que nos aporta su estudio. En todo caso sirva éste como preámbulo para imaginar muchas cosas buenas, sobre el futuro de la Prehistoria en general, y de su Investigación Arqueológica en Canarias en particular.

### Objetivos de la tesis:

Tal y como se ha expuesto, resumimos a continuación los objetivos de esta Tesis doctoral, cuya justificación y desarrollo se ha mostrado en las líneas anteriores.

Se trata siempre de objetivos relacionados con parámetros metodológicos –de valoración microarqueológica– orientados y desplegados como una aproximación básica a las posibilidades y limitaciones del análisis de fitolitos, así como de otros microfósiles (microalgas, almidones, espículas de esponjas), entendiendo que éstos pueden estar presentes en diferentes tipos de materiales vinculados a procesos de la Prehistoria en general y de Canarias en particular, en aquellos donde las plantas estuvieron, de un modo u otro presentes.

La estructuración de dichos objetivos, atendiendo al amplio corpus muestral y el aparato metodológico aplicado, ha sido la siguiente:

1. Diseño y aplicación de un corpus metodológico estandarizado, de análisis arqueológico y paleoambiental e intervención directa, basado en el estudio específico de microfósiles de origen vegetal (fitolitos, almidones y microalgas silíceas) y animales primitivos (espículas de esponjas). Con inclusión del estudio conjunto de algunas de las propiedades edáficas y sedimentológicas de las muestras analizadas, como forma de ampliar el conocimiento del ambiente microarqueológico y microedáfico que alberga los conjuntos microfósiles. Dicha metodología consta de la conjunción de un análisis cualitativo y cuantitativo, basada en la extracción y estudio microscópico de los microfósiles mencionados y de su contexto edáfico, por lo que se propone denominarlo como *Método Contextual de Análisis Microfósil (MCAM)*, para diferenciarlo de otros métodos, empleados con semejantes fines analíticos, que no contemplan el estudio de la matriz portante de dichos microfósiles.

2. Evaluación del registro de microfósiles vegetales, de base silicificada (fitolitos, microalgas y otros) en plantas, suelos, sedimentos y sedimentos arqueológicos de Canarias para su puesta en relación con las características ambientales, cronológicas y culturales de los sustratos de acogida. Con ampliación –por motivos metodológicos– a sedimentos de concretas zonas continentales (Península Ibérica, África, Noruega y Escocia).

2.1 Creación y valoración de la Colección Experimental de Referencia (**CER-Fitoliteca1**), realizada previamente sobre plantas y suelos presentes en las Islas Canarias, en su aplicación –como medio empírico y comparativo– al conocimiento analítico y microscópico de los materiales analizados. Su contenido supone la base para generar, mediante datos morfométricos y cuantitativos, el necesario conocimiento científico sobre plantas y suelos actuales, permitiendo –desde el registro de microfósiles detectados en cada muestra analizada mediante la metodología MCAM– la emisión de lecturas arqueobotánicas y paleoambientales sobre determinados aspectos de la

Prehistoria en general y la de Canarias en particular. Presentación de las primeras Fichas de Contenido Biomineral, sobre plantas de Canarias y contextos medioambientales de interés arqueobotánico, como preámbulo de un futuro *Catálogo de Fitólitos de la Flora del Archipiélago Canario*.

2.2 Aplicación de los conocimientos adquiridos, a nivel cualitativo y cuantitativo, a los materiales arqueológicos y edáficos tomados como ejemplos y *preguntas-problema* experimentales. Resultados obtenidos con el análisis de materiales de referencia: suelos de selección sistematizada, sedimentos arqueológicos de las áreas de actuación específica, y de yacimientos prehistóricos canarios tomados como definidores de especiales características micro-arqueológicas. Paralelamente, y siguiendo el objetivo de poder indagar en la antigüedad relativa de un determinado sustrato, en base a su contenido en microfósiles vegetales, el análisis de paleosuelos rubefactados (almagres) supone conocer su potencialidad en este sentido, sobre todo a la hora de valorar la antigüedad de la flora de Canarias y las diferencias existentes entre antiguos suelos naturales –donde no debiera existir ningún rasgo microfósil de aporte antrópico– con otros donde sí se aprecian dichos rasgos.

2.3 Estudio de las características de los materiales analizados. Grupos microfósiles detectados, clasificación y cuantificación. Cambios detectados en los registros. Informe sobre las posibilidades reales, de los registros de datos, en la resolución de cuestiones insertas en las preguntas formuladas sobre los conjuntos de muestras analizados.

3. Analizar los registros de datos en función de su procedencia arqueológica, edáfica o sedimentaria. Caracterización de contextos arqueológicos y edáficos (lo antropizado y lo no-antropizado) de las Islas Canarias, con posible significación de la explotación humana (prehistórica e histórica) de los recursos vegetales en los enclaves señalados. El paleoambiente de Las Cañadas del Teide y La Cerera desde el registro microfósil y el análisis sedimentológico parcial. Paleoambiente desde el análisis de paleosuelos (almagres) y sedimentos acuáticos. Aproximación a la Paleodieta de las poblaciones prehistóricas canarias desde el análisis de residuos intestinales.

4. Ofrecer una valoración del método de análisis empleado, en la generación de datos cualitativos, confección y presentación de primeros datos cuantitativos. Discusión sobre la potencialidad explicativa y aplicabilidad del estudio vegetal y edáfico de referencia, así como las posibilidades de los registros microfósiles en su aplicación al estudio de determinados procesos históricos y ambientales.

- Capítulo 2: ● Contexto medioambiental y arqueológico de intervención.  
● Materiales.

Contenidos:

- Aproximación al contexto medioambiental de intervención: Prospecciones botánicas para el análisis de fitolitos.
- La flora de Las Cañadas del Teide: diversidad florística y esquematización previa para el estudio de fitolitos locales.
- Conjunto muestral analizado.

## CAPÍTULO 2

### CONTEXTO MEDIOAMBIENTAL Y ARQUEOLÓGICO DE INTERVENCIÓN.

#### **Aproximación al contexto medioambiental de intervención: prospecciones botánicas y analíticas de fitolitos.**

Según los trabajos e indicaciones de Juan-Tresserras (1997a), la investigación fitolítica debe estar fundamentada en sólidos y detallados estudios de vegetación regional. Por ello se hace necesario conocer previamente los referentes microscópicos que desarrollan las plantas actuales, para luego formular preguntas concretas, y respuestas lo más precisas posible, sobre los registros arqueológicos sometidos a examen. Siguiendo estos planteamientos pusimos en marcha métodos analíticos y de campo iban a revelarse cargados de numerosos derroteros metodológicos, pero que especialmente me iban a permitir tomar contacto con el objeto empírico de estudio: las plantas, cuya recolección, tratamiento y observación microscópica debía aportar el fundamental conocimiento previo, antes del abordaje del objeto de estudio final: su papel en determinados escenarios, secuencias y procesos históricos.

Para su utilización como muestras patrones, las plantas requieren ineludiblemente de su correcta identificación botánica, señalando mediante el sistema binominal/binomial propuesto por Linné (1735), el nombre del taxón al que pertenece. Aparte de intentar contar con algunos fundamentos básicos en materia botánica, se debe trabajar conjuntamente con un especialista que no sólo supervise el proceso de localización e identificación de las plantas, sino también colabore en la confección de una estrategia de elección, de aquellas especies enclavadas dentro del área de actuación de las poblaciones históricas que se pretende estudiar, en este caso toda la Isla de Tenerife. Para ello resultó muy orientativo contar con el esquema básico de formaciones vegetales potenciales que supuestamente fueron aprovechadas por las poblaciones de la zona. Igualmente la aportación de este especialista botánico<sup>1</sup> puede permitir, una vez obtenidos los resultados analíticos, valorar el papel de los vegetales presentes en el proceso histórico estudiado así como la confección de las posibles inferencias arqueobotánicas derivadas de ello.

El primero de los pasos y el más complejo fue diseñar una estrategia de tareas de campo que tuviera en cuenta las especies vegetales con las que se pretendía trabajar. Las opciones de estos trabajos pasaban por disponer, en un plazo relativamente breve de tiempo, de la mayor parte de familias vegetales presentes en la Isla, permitiendo poner en práctica una campaña de analíticas sistemáticas tendentes a la familiarización con los contenidos biominerales de la flora insular.

Las recolecciones se realizaron mediante salidas de campo a las principales zonas con asociaciones vegetales características de determinados pisos bioclimáticos, como la laurisilva, el tabaibal-cardonal o los ambientes xéricos de la costa norte. Igualmente en la medida de lo posible se recolectaron especies presentes en el Jardín de Aclimatación de La Orotava, sito en el

---

<sup>1</sup> En nuestro caso el Dr. A. Santos, Jefe de la Unidad Botánica del Jardín de Aclimatación de La Orotava, sito en el Puerto de La Cruz (Tenerife), ha prestado su inestimable apoyo para acometer estas tareas.

Puerto de La Cruz, lo que permitió analizar, entre otras muchas, todas las partes aéreas de la palmera canaria (*Phoenix canariensis*), así como otras palmáceas presentes en el norte de África como *P. dactylifera* y *Chamaerops humilis*. Dotándonos con ello de materiales que permitieran evidenciar las posibles diferencias entre los fitolitos desarrollados por varios tipos de palmeras que, dicho sea de paso, ofrece unos de los más característicos y abundantes registros de fitolitos de la flora de Canarias y continente africano.

El resultado de esta campaña de recolecciones fue un laborioso proceso de tratamientos de laboratorio, principalmente calcinaciones, de material vegetal en cadena, para obtener en el menor tiempo posible una visión general de las características microbotánicas, a nivel fitolítico, de la Flora Insular. Siguiendo las pautas propias de la disciplina botánica se procedió a la confección de un Herbario de Referencia con las plantas recolectadas, que se encuentra depositado en el Jardín de Aclimatación de la Orotava (ORT). De esta forma existe la posibilidad de que las plantas que han servido para realizar los trabajos analíticos puedan ser convenientemente consultadas, o bien llevar a cabo nuevas pruebas o comprobaciones.

Tal y como hemos señalado la recolección de ejemplares de flora canaria tiene varios objetivos, siendo fundamental es disponer de una evidencia directa sobre la formación de biomineralizaciones en las plantas locales, permitiendo aplicarlas a los aspectos arqueológicos y paleoambientales buscados. Por otro lado suponen una toma de contacto fundamental con el medio vegetal para poder discernir el grado de interacción que ha existido entre las poblaciones que lo han explotado en distintas secuencias de tiempo y espacio. En este caso debíamos acometer una estrategia de estudio de la flora presente en las Islas que no desestimase ninguna posibilidad, ya que si bien las fuentes etnohistóricas y etnográficas consideran muchas plantas canarias como aprovechables, desde el punto de vista humano y animal, en la mayoría de los casos se desconoce su utilización en el mundo aborigen (Santos, 1991) o al menos no existen, por distintos motivos, pruebas materiales de su existencia. Basándonos en la idea de una gran disponibilidad de recursos vegetales que, con variaciones zonales, configuran la oferta de la Isla, asumimos que debíamos proceder a analizar todas las especies posibles siguiendo dos cuestiones previas: conocer el potencial de las plantas con aprovechamiento conocido o intuitivo pero sin desestimar la búsqueda de otras que, por estar presentes en Tenerife, había que conocer para evidenciar su posible utilización en el pasado.

Entre ambos objetivos digamos que el más fácil de acometer fue el de la búsqueda de referentes de plantas cuyo aprovechamiento ya era mencionado en las fuentes etnohistóricas, o en trabajos arqueobotánicos anteriores. Pero conocer si una especie endémica o autóctona estaba dentro de la estructura de explotación vegetal de las sociedades prehistóricas canarias, sin ser mencionada en las citadas fuentes, es algo más complicado. Por ello optamos por recolectar y analizar todos aquellos taxones de los cuales existe alguna indicación previa, pero también otros de los cuales se desconoce su posible utilización, caso de numerosos endemismos presentes en varias zonas de la Isla como Las Cañadas del Teide.

Como si se tratase de un estudio centrado en el análisis arqueobotánico de un sitio arqueológico concreto, procedimos a identificar, recolectar y procesar



aquellas especies que podían haber tenido valor para las poblaciones prehistóricas tinerfeñas. El trabajo partió del estudio de especies actuales que se encontraban dentro de la denominada vegetación potencial<sup>2</sup> (Rivas-Martínez, 1987) de cada zona bioclimática, siguiendo franjas altitudinales desde la costa a la cumbre.

La **vegetación correspondiente al litoral**, ocupada por un estrecho cinturón costero de plantas halófilas está formada por pequeños matorrales y arbustos, donde encontramos especies como la “lechuga de mar” (*Astydamia latifolia*) o la “siempreviva de mar” (*Limonium pectinatum*) de los cuales, dados sus principios activos, algunas podrían haber sido usadas por parte de la población aborigen (Santos, 1991). En esta zona también se encuentran, sobre suelos poco profundos, o incluso sustratos rocosos, las comunidades de “tolda” (*Euphorbia aphylla*) que aun se encuentra en estudio como el resto de representantes de la familia *Euphorbiaceae*, ya que existen algunos trabajos donde se citan las características de sus contenidos fitolíticos (Piperno 1985, 1988; Scott-Cummings, 1992).

Ligadas a zonas de fondos de barranco, con suficiente humedad edáfica, pero siempre en la franja litoral, se recolectaron diversos taxones de “carrizo” (*Phragmites australis* sp.), especie *Poaceae* que se reveló prontamente como todo un paradigma vegetal, dada su extensión —como formación monoespecífica propia de marismas atlánticas— no ya sólo de Canarias, donde en la actualidad se encuentra escasamente representada, sino en contextos similares de la Península Ibérica (Rías desde Euskadi a Galicia), Norte de Escocia (Tarbet) y costa de la zona central de Noruega (Måløy).

Dados los excelentes resultados obtenidos con los taxones de *P. australis* procedentes de contextos biogeográficos aparentemente tan dispares a los de Canarias, se realizaron posteriores recolecciones de esta misma especie en otras zonas de las Canarias. Siguiendo las directrices de un estudio experimental en profundidad, se trataba con ello de ampliar el número de taxones estudiados, ejemplificando lo ideal de ésta práctica para afianzar el estudio de concretas tipologías de fitolitos. De este modo se obtuvieron ejemplares de Valle Gran Rey (La Gomera), Maspalomas (Arguineguin, Gran Canaria) y Jardín Botánico Viera y Clavijo o Jardín Canario (Tafira Alta, Gran Canaria). Recolecciones que permitieron contar con un total de 10 taxones de la misma planta, aunque una de las conclusiones botánicas al respecto fue que estábamos, en algunos casos, ante variedades de la misma especie<sup>3</sup>.

---

<sup>2</sup> Rivas-Martínez (1987) la define como la comunidad estable que existiría en un área dada como consecuencia de la sucesión geobotánica progresiva si el hombre dejase de influir y alterar los ecosistemas vegetales. En el caso de Canarias se ha planteado que sería la vegetación existente en las Isla/s antes de la conquista de las mismas, pero parece más oportuno señalar —dado que no se contempla la acción aborigen— que se trataría de la vegetación como comunidad estable, existente en un área, de forma previa a la acción antrópica.

<sup>3</sup> En opinión del Dr. A. Santos la variabilidad, de ciertas características taxonómicas de los taxones de *Phragmites australis* recolectados, obedece precisamente a que pertenecen a subespecies propias de los diferentes contextos medioambientales de los que fueron recolectados. Ya que en algunos casos provenían de localizaciones mucho más septentrionales con respecto a Canarias, algo que ya pudimos comprobar con los

La siguiente banda es la que incluye la distribución de los **tabaibales dulces**, llamada así por la abundancia de este tipo de “tabaiba” (*Euphorbia balsamifera*) pero también de “cardones” (*Euphorbia canariensis*), que presentan su típico porte de plantas crasas, de bajo porte (1 a 3 m.), sobre zonas soleadas y sustratos poco evolucionados y escasez de precipitaciones. No obstante y como señala Santos (1991) en la misma banda altitudinal, con ciertas variaciones en cuanto al sustrato y las precipitaciones, pueden encontrarse formaciones arbustivas de bajo porte con ausencia de tabaibas y cardones. Así encontraríamos especies leñosas como “acebuches” (*Olea europea ssp. guanchica*) o “sabinas” (*Juniperus turbinata ssp. canariensis*) e incluso palmeras (*Phoenix ssp.*) y “dragos” (*Dracaena ssp.*) que suelen darse en una franja de vegetación algo superior. Entre ambas, la variedad florística no es ni mucho menos reducida ya que también pueden encontrarse especies arbustivas como “verodes” (*Senecio sp.*), “tabaibas amargas”, “cornicales” (*Periploca laevigata*) y “leña santa” (*Neochamaelea pulvurulenta*), entre los cuales algunos poseen diversas propiedades de interés etnobotánico. En esta zona, que no suele superar los 100 m.s.n.m. dependiendo de la vertiente en la que nos encontremos, también pueden desarrollarse pastizales con algunas gramíneas propias de laderas áridas, que presentan por ello un considerable potencial como indicadores paleoambientales, caso del “cerrillo” (*Hiparrhenia hirta*). Una gramínea de la subfamilia *Panicoideae*, y por tanto sujeta a los concretos requisitos medioambientales propios de la misma (Twiss, 1992).

Por encima de los 100 m.s.n.m., y aproximadamente hasta los 400, se encuentra la siguiente banda, que presenta algunas diferencias sustanciales con la anterior, pudiendo estar poblada por **bosques esclerófilos de baja altura**, con árboles de hojas duras y reducida superficie como “sabinas” (*Juniperus turbinata*); “almácigo” (*Pistacia atlantica*); “acebuche” (*Olea europaea ssp.*), “aderno” (*Heberdenia bahamensis*), “mocán” (*Visnea mocanera*) o el “peralillo” (*Maytenus canariensis*) entre otros. En esta zona y contactando con la vegetación mencionada pueden desarrollarse ya palmerales, más o menos densos, de “palmera canaria” (*Phoenix canariensis*) y “drago” (*Dracaena draco*). Entre ellos y según vertientes pueden encontrarse especies arbustivas que por sus principios activos o nutrientes esenciales, pudieron tener un aprovechamiento humano, como el “granadillo” (*Hipericum canariense*), “espinero” (*Rhamnus crenulata*), “malva de risco” (*Lavatera acerifolia*) o el “orobal” (*Whitania aristata*). La banda altitudinal en este caso se encuentra dentro de la zona costera menos baja, entre los 100 y 400 metros. Aquí los pastizales de gramíneas vivaces dominados por “cerrillo” (*Hiparrhenia hirta*) pueden ocupar extensiones importantes, si se elimina el matorral o bosque potencial.

Los **bosques de laurisilva** son la vegetación propia de la siguiente banda altitudinal. Con su característica formación densa, sombría y de alta

---

grandes ejemplares de *P. australis* de la desembocadura del Río Orio (Zarautz, Guipúzcoa), que se asemejaban —a primera vista— más con *Arundo donax*. Igualmente éstas variedades se diferenciaban notablemente de las recolectadas en latitudes mucho más altas, incluso del norte de la Península Ibérica, como ocurrió con el escaso desarrollo (en talla) observado en los taxones de Noruega (Måløy) y Escocia (Tarbet), en el primero de los casos presente en la latitud 62° N.

humedad, suele desarrollarse a partir de los 400-500 m.s.n.m. hasta los 1.200 m, sobre todo en las vertientes septentrionales de las islas con mayor altitud. Este es el caso de Tenerife, Gran Canaria, La Palma, La Gomera y El Hierro que, en estas zonas, se ven afectadas por el mar de nubes propiciado por los vientos alisios y la humedad que este genera en forma de “lluvia de niebla” (Martín, 2001). Dependiendo de la zona, pero sobre todo de las condiciones meteorológicas y edafológicas, esta formación en el pasado pudo alcanzar cotas más bajas, con bosques más xéricos que en la actualidad manifestando una composición florística con nuevas especies a las ya mencionadas, y aportando a nivel antrópico, una notable variedad de recursos vegetales. Dentro de la misma se encuentran, dando volumen arbóreo al monte, el “laurel” o “loro” (*Laurus novocanariensis*), “viñátigos” (*Persea indica*), “tilos” (*Ocotea foetens*), “fayas” (*Myrica faya*), “brezos” (*Erica arborea*), “barbusanos” (*Apollonias barbujana*), “hija” (*Prunus lusitanica*), o “naranjero salvaje” (*Ilex platiphylla*) pero también diversos arbustos y algunas especies herbáceas.

En esta zona resultaba también determinante el estudio de varias especies de helechos, adaptados a las concretas condiciones de humedad de la zona afectada por los alisios. Es el caso de el helecho común o “helechera” (*Pteridium aquilinum*), la “pijara” (*Woodwardia radicans*) y *Blechnum spicant*, que suponen un grupo vegetal de excepción, encabezado por la primera especie, que no sólo presenta importancia ambiental sino –como pretendemos esbozar en esta Tesis– un claro referente paleoambiental y arqueobotánico. Lo cual configura, circunscrito al paisaje del Monteverde, todo un variado mundo vegetal que debió jugar un importante papel en las estructuras socioeconómicas de las sociedades históricas de Islas. Y aunque existen numerosas lagunas de información al respecto, sobre todo en cuanto a datos reales sobre su aprovechamiento, su estudio también puede abordarse ahora desde la identificación de partículas microscópicas como las que gradualmente estamos definiendo.

El siguiente piso de vegetación es el que ocupa, con un neto porte arbóreo, **el monte de pino canario** (*Pinus canariensis*), única especie de pino silvestre endémica de las Islas. Su extensión suele observarse por encima de los 1.200 m.s.n.m. en las vertientes septentrionales y en torno a los 500 m.s.n.m. en las de sotavento, situándose su límite por encima de los 2.000 m.s.n.m. coincidiendo con una notable acentuación de la xerofilia. Su potencial económico es sin duda alto ya que la variedad de productos que ofrece abarca desde una madera de calidad, que en el interior guarda una excelencia vegetal como la “tea”, resinas e incluso frutos secos en forma de abundantes semillas (piñones). No obstante y según zonas, el pinar se encuentra diversificado por la presencia de otras plantas, no tan numerosas pero tampoco con escaso interés, como las formas arbustivas de “codesos” (*Adenocarpus foliosus*) y “escobones” (*Chamaecytisus proliferus*).

Ligados a cursos de agua, más o menos importantes y constantes, pueden encontrarse una serie de plantas con altos requerimientos hídricos o propias de ambientes húmedos como algunos representantes de juncáceas (*Juncus acutus* y *Holoschoemus vulgaris*) y ciperáceas (*Cyperus teneriffae* y *Carex sp.*). En este último caso, se trata de una familia muy importante a nivel de información fitolítica ya que sus morfotipos silíceos característicos, conocidos

como “conos apuntados” (*sedge cones*) pueden considerarse, en sus variaciones, como portadores de propiedades de diagnóstico taxonómico (Ollendorf 1992). En puntos concretos, especialmente en barrancos con escorrentías, podemos encontrar saucedas, más o menos densas, de “saucedo canario” (*Salix canariensis*) que en algunos casos se pueden situar en enclaves muy especiales y localizados de la banda de mayor altura, como es la que ocupan Las Cañadas del Teide (Barranco del Riachuelo) manifestando su amplio rango de adaptación, que abarca perfectamente, con estas condiciones, de la costa a 2000 m.s.n.m.

Un apartado específico es el que corresponde a la **vegetación rupícola** que ocupa fisuras y grietas en varias de las bandas de vegetación aquí señaladas como líquenes y musgos. Su uso<sup>4</sup> por las poblaciones históricas insulares está lejos de estar totalmente esclarecido, existiendo algunos casos concretos que señalan su utilización con fines medicinales o incluso alimenticios<sup>5</sup>. En nuestro caso el grupo de las criptógamas (plantas sin flores y reproducción por esporas) como los líquenes y los hongos no ha sido aún analizado en detalle, si bien es cierto que en los casos observados se ha comprobado que tanto unos como otros presentan, a nivel de biomineralizaciones, un predominio claro de fitolitos de oxalato cálcico<sup>6</sup>.

La última de las zonas sometidas a muestreos de vegetación es la que supera el pinar y se encuentra enclavada por encima de los 2000 m.s.n.m., correspondiendo a la **formación vegetal propia de la alta montaña canaria** presente en Tenerife y La Palma. En nuestro caso el estudio de las especies presentes en la misma poseía/posee un valor añadido, ya que nuestra intención era aplicar, como base de este trabajo doctoral, todas las posibilidades de la práctica arqueobotánica, que estamos definiendo, en los materiales allí existentes. En este sentido deben tenerse en cuenta las peculiaridades del medio vegetal zonal, que presenta una variedad bioclimática derivada de la existencia de distintos ambientes y que han generado una vegetación sumamente adaptada a las condiciones adversas y exclusivas de la alta montaña canaria (Wildpret y Martín, 2000). La unión de la vertiente botánica y la arqueológica en este caso, busca definir el grado de actuación ejercido sobre el medio pero también otras que involucran la heterogeneidad de la intervención, con prácticas económicas que involucran la recolección y la producción. Para ello debe contarse con la abundante información arqueológica obtenida desde mediados del siglo XX y que puede permitir reorientar las respuestas a algunas cuestiones ya abordadas anteriormente (Diego, 1968; Arnay, 1982, 1984, 2000; Arnay *et al.* 1985a, 1985b; Machado y Galván, 1998).

En este caso si bien se mantuvo la práctica de recolecciones sistemáticas, se debió asumir la obligación de realizarlas atendiendo a las características de una zona amparada por una legislación y grado de protección específicos. Por ello se requirió del apoyo de las autoridades del Parque Nacional del Teide, para llevar a cabo los muestreos de vegetación presente en la zona. El resultado de las mismas fue la recolección de plantas vivas tomadas en su

---

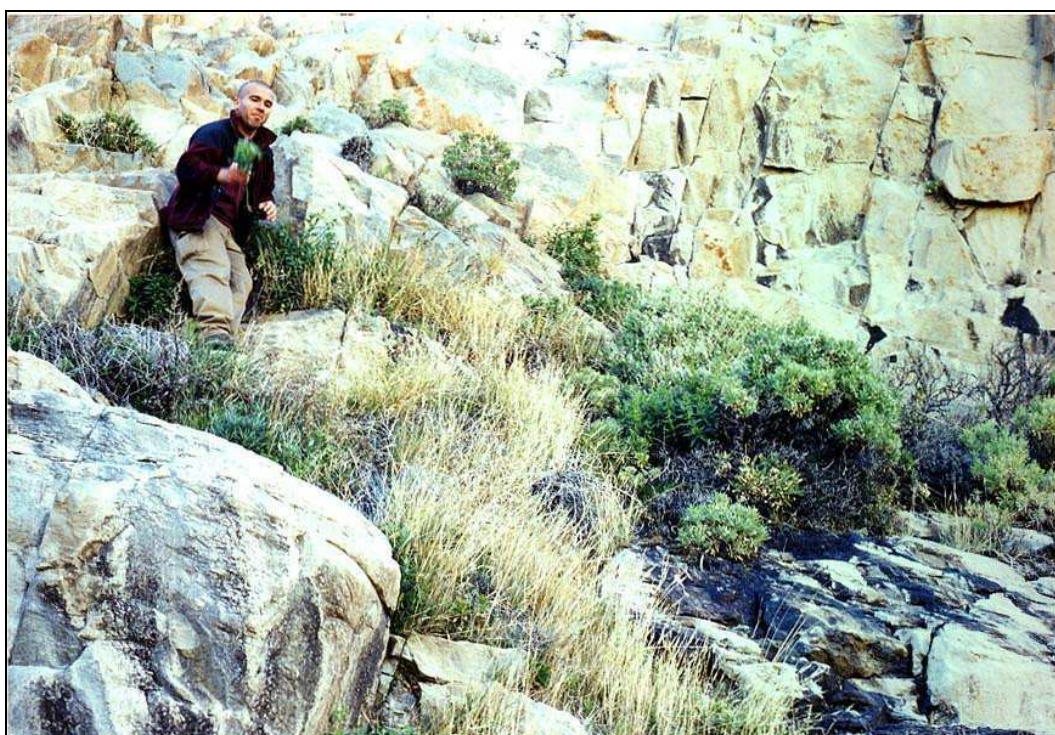
<sup>4</sup> Se tiene constancia del uso medicinal de algunos tipos de briófitos en otros contextos biogeográficos (Gabriel & Galán, 202).

<sup>5</sup> Dr. A. Santos, 2003, Com. Pers.

<sup>6</sup> Dra. A. Pinilla, 2002, Com. Personal.

ambiente natural pero también en el Jardín Botánico de esta institución (Portillo de la Villa). Para lo cual fue fundamental contar con el asesoramiento directo del personal científico del Parque<sup>7</sup> que nos permitió llevar a acabo una labor de recolección sobre las especies mayoritarias existentes dentro del Circo de las Cañadas.

Se recolectaron incluso especies con una biomasa potencial muy escasa pero profunda significación medioambiental, como la “violeta del Teide” (*Viola cheirantifolia*), entre una gran variedad de leguminosas, gramíneas, boragináceas, compuestas, etc. que hicieron un cómputo de unos 50 taxa, procedentes de los variados ambientes existentes dentro de la zona (**Figura 46**). En definitiva se trató de una recolección significativa de plantas, en su mayoría endémicas, de la que –en virtud de ejemplificar con ello la aplicabilidad del estudio– ofrecemos, más adelante, información específica al respecto<sup>8</sup>.



**Figura 46.** Recolección de taxones vegetales en Las Cañadas, con la indispensable ayuda del personal del Parque Nacional del Teide. Foto: J.A.

---

<sup>7</sup> Agradecemos a A. Bañares su colaboración en este proyecto así como a la Unidad de Rescate Genético en la persona de E. Carqué y su equipo, el trato dispensado y todas las precisas informaciones aportadas sobre la flora de Las Cañadas.

<sup>8</sup> Cabe destacar que gracias al asesoramiento de D. E. Carqué contamos también con una colección carpológica de semillas, utilizadas en la reproducción de especies vegetales de la zona, e incluso de aquellas amenazadas de extinción. Esto no sólo nos permite contar con las muestras patrones a nivel fitolítico y de almidones sino asumir posibles trabajos que contemplen el estudio vegetal de esta zona con objetivos arqueobotánicos y paleoambientales, logrando su inserción en el resto de lecturas obtenidas en la investigación de la zona.

Mención especial requiere, a nuestro entender, la labor desempeñada para dotarnos de unas muestras patrones provenientes de aquellas especies cultivadas con conocido valor económico, tanto en época aborígen como histórica. Labor que tropezaba con la escasa disponibilidad actual de especies de este tipo en los campos canarios, algo que sin embargo se convirtió en una experiencia única, al permitirnos tomar contacto con algunas personas y familias empeñadas, según sus propias palabras, en que: “*la semilla no se pierda*”. Este fue el caso de algunos agricultores-ganaderos de Los Rodeos (**Figura 47**) y La Esperanza que aún cultivan centeno, avena negra, cebada y trigo. Debo destacar que no sólo se brindaron gustosos a la recolección de sus plantas, sino a explicarnos algunos pormenores sobre las características de los requerimientos, particularidades y anécdotas de todo el proceso agrícola de las mismas. Gracias a esta ayuda pudimos contar con los morfotipos propios de tales especies e iniciar su búsqueda en aquellos materiales arqueológicos que podían contener rastro de captación, depósito o acumulación de las mismas.

La necesidad de contar con muestras patrones de almidones motivó la creación de una mínima colección de referencia que nos permitiera conocer los principales morfotipos existentes. En este sentido hemos contado con una parte de la colección carpológica de D. J. Gil para llevar a cabo el tratamiento, identificación y fotografiado de los almidones presentes en algunos de los cereales y leguminosas existentes en Canarias. La ampliación de esta colección resultó es un paso necesario para poder contar con una referencia directa de las prácticas alimenticias de época histórica y prehistórica, ya que los almidones son suficientemente característicos, dada su variación morfológica, para usarse como indicadores taxonómicos (Banks & Greenwood 1975; Czja 1978; Dean 1978; Esau 1985; Juan 1997a).



**Figura 47**, Campos cultivados con centeno (*Secale cereale*) en la actualidad. Los Rodeos (La Laguna).

Las prácticas experimentales tropezaron así con la necesidad de obtener todas las partes de las plantas productoras de almidones, que también es el caso del “helecho común” o “helecho macho” (*Pteridium aquilinum*).

Siguiendo las indicaciones ofrecidas por algunas fuentes etnobotánicas<sup>9</sup> procedimos a desenterrar la raíz rizomatosa de esta planta comprobando no sólo la considerable profundidad a la que pueden encontrarse (>40 cm.), sino la considerable extensión que puede llegar a alcanzar bajo el terreno. Tras la extracción de una sección del rizoma se procedió al lavado, secado y cortado de la pieza. Los tratamientos fueron básicamente el de molturado, para la obtención de harinas con distintos grado de textura, realizado en molino de ágata mecánico, y el ataque con reactivos. En ambos casos se obtuvo cantidad suficiente de muestra como para poder emitir algunas reflexiones sobre las posibilidades explicativas, a nivel microscópico, de las partículas contenidas en dicha planta, especialmente en cuanto a las de naturaleza altamente silicificada. Tarea que, como se expresa en varios apartados, significó poder trabajar con información sumamente valiosa a nivel arqueobotánico.

Finalmente, las prospecciones y recolecciones se mantuvieron hasta completar los objetivos de dotarnos con representantes de las principales familias botánicas, ampliándolas hasta fechas recientes, cuando se requirieron mayores cantidades de muestra, o bien por tratarse de especies que como *Viola cheirantifolia* tenían una especial relevancia botánica, o arqueobotánica como ocurre con *Pinus canariensis* o *Spartocytisus supranubius*. De los cuales se debieron tomar importantes volúmenes de muestra para ratificar los resultados obtenidos con los que comenzamos a trabajar, de muy pocos gramos de peso.

La flora de Las Cañadas del Teide: diversidad florística y esquematización previa para el estudio de fitolitos locales.

*“El clima desempeña un papel importante para determinar la proporción numérica de los individuos de una especie, y las épocas periódicas de frío o sequedad parecen ser el más eficaz de todos los obstáculos para contrarrestar ese incremento.”*

Charles Darwin, *El origen de las especies* (ed. 2002)

Bajo la forma de propuesta de análisis biomineral, con fines de identificación e interpretación microfósil, ejemplifico —con el caso de Las Cañadas— la posibilidad de aplicar el conocimiento adquirido con el estudio de las plantas presentes en esta zona de Tenerife, a determinadas cuestiones arqueobotánicas y paleoambientales, cuya resolución también puede ser abordada desde el estudio de fitolitos, tomados éstos como evidencias de antiguas formaciones vegetales. Existe en todo ello un aspecto que debe ser destacado: la posibilidad de relacionar el estudio de las biomineralizaciones presentes en cada planta, con la información existente sobre sus especificidades ecológicas, botánicas e incluso paleoecológicas. En esa conjunción, donde no puede obviarse ningún aspecto referente a su conocimiento integral actual, podemos introducir las cuestiones formuladas desde la Arqueología. Pero sin olvidar —pese a que la Prehistoria de Canarias deba matizarse como *reciente*— que no son ajenas a ellas, al menos

---

<sup>9</sup> En concreto la contenida en los trabajos de Jacob Morales (2009, entre otros)

contextualmente, los procesos que involucraron la implantación de unos determinados tipos de vegetación. Ya que, en este sentido consideramos que el análisis de conjuntos de fitolitos permite establecer vínculos explicativos con la flora de antes, durante y después de determinados procesos históricos. Una vez éstos hayan sido analizados y puestos en relación con el tipo de sustrato y características de una determinada secuencia espaciotemporal.

Sin duda la flora de Las Cañadas se desarrolló al compás de sendos cambios paleoambientales, que solamente ahora empezamos a distinguir, sin olvidar que de su resultado surgirán las formaciones vegetales sobre las que se conformaran posteriores estrategias de explotación antrópica y que, a su vez, se retrotraen al propio proceso de control territorial desplegado, también en la cumbre de Tenerife, desde época prehistórica.

En Las Cañadas del Teide, las comunidades vegetales han protagonizado un proceso de adaptación que desconocemos, y lo hicieron sobre un medio cambiante en extremo, geológicamente muy activo, por ello muy selectivo y extremo cambiante. Tras esos procesos, de los cuales desconocemos muchos pormenores, se inició una etapa que probablemente aun se mantiene, caracterizada por una estabilidad sólo equiparable a la climática, si es que ésta es tal. Por ello, porque las plantas significan uno de los primeros estadios biológicos en colonizar un lugar (unos lugares) y porque su presencia obedece siempre a unas concretas condiciones ambientales, —para nosotros hoy paleoambientales puesto que nos retrotraemos como mínimo 200.000 ka—, se hace necesaria una aproximación a aquellas propiedades —de sus organismos— que permanecen en el tiempo. Y que hoy sabemos pueden ser sus células reproductivas o palinomorfos (polen y esporas) y por supuesto sus biomineralizaciones, que ya podemos denominar —dado el consenso actual al respecto— como fitolitos, tal y como designara Ehremberg, haciendo referencia a elementos silicificados de plantas terrestres<sup>10</sup>.

Como en otros campos de la Ciencia, la aproximación directa a una comunidad vegetal, mediante prácticas analíticas, supone un paso fundamental para conocer sus características y su funcionamiento en tiempo y espacio. Ya que en ella existen aspectos sustanciales que pueden limitar o potenciar su inserción en lecturas paleoambientales, como aquellas relacionadas con la presencia, actividad y pormenores de una sociedad humana del pasado. Es así como el análisis de fitolitos, basándose primeramente en lo fundamental de su propia naturaleza y significado vegetal, debe abordarse inicialmente mediante la labor de campo (recolección de plantas actuales), a la que siguen los tratamientos y analíticas experimentales para, finalmente —tras valorar su compleja entidad microscópica— conocerlos suficientemente como objeto empírico, pudiendo ser utilizados en cuestiones paleo y arqueobotánicas concretas. Siendo éste último el que utiliza, el conocimiento adquirido a nivel experimental con las

---

<sup>10</sup> Como ya hemos mencionado, desde las primeras propuestas de clasificación de fitolitos se dejaba claro que otras biomineralizaciones, y en concreto las que toman formas de valvas de diatomeas o quistes de crisófitas (también las espículas de esponjas) quedaban fuera de lo que define el término "fitolito" (Rapp & Mullholland, 1992; entre otros), que queda restringido en la actualidad a las biomineralizaciones de plantas terrestres.



plantas, para aproximarse al comportamiento de sociedades prehistóricas en un determinado ambiente natural de acogida.

De ahí parte la necesidad de *conocer para reconocer*, que se ha tornado obligatoria tarea metodológica y que, por derivación, nos indica acudir a las características reales de la flora local, estudiando su producción biomineral, lo que posteriormente denominaremos *fitolitos* en contextos naturales y antropizados (suelos y sedimentos). Para ello ha sido necesario indagar previamente en el medio natural de aquellas zonas donde posteriormente se realizarán analíticas de fitolitos en contextos arqueológicos. Y por ello en Las Cañadas del Teide se operó como en otros contextos biogeográficos insulares, tal que las zonas costeras o el bosque de laurisilva, y en particular en el ámbito de aquellas especies vegetales que pueden protagonizar la denominada *vegetación potencial* de cada piso bioclimático<sup>11</sup>. Pero en este caso contando con la ventaja de estar ante un espacio natural protegido, sobre el que existe una amplia secuencia de estudios multidisciplinares que permiten conocer su especial génesis geológica e incluso antrópica, así como sus particularidades biológicas. Quedando pendiente por configurar una secuencia de desarrollo biológico, que en concreto en el plano vegetal resultaría fundamental para hacerlo con las oscilaciones climáticas hasta la actualidad. Y desde ahí abordar la cuestión paleoambiental, entendiendo que ésta forma parte de las lecturas que entrañan la ocupación humana de Las Cañadas del Teide, donde “todo” parece no haber cambiado, pero como ocurre en otros contextos, tanto la naturaleza como las sociedades humanas de la Prehistoria, los cambios más imperceptibles tienen repercusiones que deben ser estudiadas en detalle. Sólo así se cumplirá el objetivo de arqueólogos e investigadores de la Prehistoria de definir científicamente las secuencias de un determinado proceso histórico, y por supuesto la de sus protagonistas.

La diversidad de organismos vegetales de Canarias<sup>12</sup> aconsejó que el estudio preliminar de los contenidos biominerales de los mismos debía seguir una compleja labor de documentación, de campo y gabinete, que nos permitiera contar con una idea sobre los conjuntos de fitolitos producidos por las plantas presentes en el Archipiélago. Como se comprenderá, realizar tal cometido presentaba serias dificultades, dado que requería desplegar tareas interdisciplinares que se complementaran entre sí. Y que puede sintetizarse con los siguientes puntos:

- 1.- Prospección de zonas con comunidades vegetales definidas.
- 2.- Recolección vegetal atendiendo a los criterios de representatividad vegetal.
- 3.- Identificación taxonómica y creación de pliegos de herbario.
- 4.- Tratamientos de laboratorio.
- 5.- Obtención de residuos analizables al microscopio óptico/electrónico.
- 6.- Montaje de preparaciones temporales y permanentes (Colección de

---

<sup>11</sup> Pese a que el término, derivado del trabajo de Humboldt (1975) pueda definirlos de una forma un tanto estanca.

<sup>12</sup> Ampliamente abordada en trabajos de catalogación de organismos vegetales, como el de Izquierdo, I., J.L. Martín, N. Zurita & M. Arechavaleta (eds.). 2004. Lista de especies silvestres de Canarias (*hongos, plantas y animales terrestres*). *Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias*. 500 pp.

Referencia)

- 7.- Observación microscópica: registro de características morfométricas.
- 8.- Descripción y clasificación de morfotipos en función del conocimiento existente (Propuestas de Nomenclatura y Clasificación).

Como se comprenderá el tiempo de ejecución del ciclo completo de estudio, realizado planta por planta, convierte la obtención de resultados y su utilización con fines arqueobotánicos y paleontológicos en una tarea que debe posponerse continuamente, hasta disponer de la certeza de que se han realizado pruebas consistentes (cantidad de muestra y preparaciones observadas) como para contar con un criterio fiable de identificación microarqueológica. Para el caso de Las Cañadas, con una flora que supera las 200 especies, la labor era también ingente. Tanto como para que este apartado suponga más un estudio preliminar que de aplicación directa a preguntas arqueobotánicas y paleobotánicas globales, aunque eso sí, aporta ya las primeras impresiones analíticas al respecto de los conjuntos de fitolitos que produce la flora de Las Cañadas del Teide. Lo cual creemos supone en sí un soporte empírico que permitirá obtener respuestas precisas sobre cuestiones concretas del pasado biológico e histórico de esta singular zona de Tenerife.

Obviamente su ejecución, a tenor de todo lo comentado, supuso —supone pues se trata de una labor inacabada—, una ingente labor previa para llegar al objetivo de ofrecer una primera interpretación sobre parte de la realidad prehistórica de Las Cañadas, pero en este caso partiendo exclusivamente del potencial y limitación de los conjuntos de fitolitos presentes —pero también ausentes<sup>13</sup>— en el registro de sedimentos y otros materiales arqueológicos (residuos humanos y de industrias) de la zona.

Al igual que en el resto de ecosistemas estudiados, se optó por una esquematización de los primeros pasos necesarios para su estudio, en el sentido de seleccionar especies pertenecientes a los géneros y familias más representativos de los mismos, o que sin serlo reunieran características etnobotánicas y arqueobotánicas importantes para este tipo de estudios. En Las Cañadas del Teide también se operó de este modo, pero asumiendo que solamente el trabajo con todos los taxones descritos para la zona (Wildpret & Martín, 2000) permitiría elaborar un completo mapa de las biomineralizaciones producidas por la flora local actual.

Obviamente, derivado del objetivo arqueobotánico de esta tarea existían formaciones vegetales que centraban nuestro interés, como la comunidad de *Spartocytisetum supranubii*, perteneciente la Serie climatófila supra-oromediterránea pluviestacional tinerfeña seca de la retama del Teide (*Spartocytisus supranubii*) *Spartocytiseto supranubii signetum*. Formación que alcanza su máximo desarrollo en torno a los 2.000 m.s.n.m. y tiene su límite

---

<sup>13</sup> Cuando se llevan analizados diversos sustratos de una zona, con múltiples observaciones microscópicas y constantes repeticiones y revisiones, se llega a la certeza de que el método empleado —cuando no varía sus pasos— permite valorar que las ausencias de microfósiles pueden ser una realidad en determinadas muestras. Ausencia que supone un valor en sí, pese a que siempre la mejor opción —porque es la que permite desplegar el conocimiento existente y el experimental— es hallar alguno de ellos.

altitudinal hacia los 3.250 m.s.n.m. Asociada a dicha serie, el estudio de especies de brasicáceas como *Descurainia* sp. y *Erysimum scoparium* o de compuestas como *Argyranthemum tenerifae*, era una tarea que se asumió como fundamental.

Pero también se tomaron en consideración otras especies, hoy menos habituales en el paisaje, pero muy notables hasta hace pocas décadas, como *Adenocarpus viscosus* y sobre todo *Chamaecytisus proliferus*, que junto a la primera y a *Spartocytisus supranubius* conforman la triada botánica de leguminosas de la alta montaña de Tenerife, cuyo estudio resulta igualmente fundamental, en base a los resultados arqueobotánicos existentes (Machado & Galván, 1998; Machado, 1999) para llevar a cabo posteriores análisis de fitolitos en contextos arqueológicos y edáficos.

En todo ello, pese a la importancia de ser la familia botánica más representada en catálogo florístico más reciente (Wildpret y Martín, 2000), las gramíneas (*Poaceae*) no son tenidas en cuenta —en la disciplina botánica con respecto a Las Cañadas— más allá de la atención prestada a los endemismos que pertenecen a esta familia. O bien puntualizando que constituyen un grupo cosmopolita, mayoritariamente invasivo, cuya presencia y diversidad se relaciona más con procesos de indeseada introducción antrópica<sup>14</sup> —en un medio considerado *cuasi* primigenio— más que con los fundamentales mecanismos colonizadores asociados a procesos geológicos. Aquellos que gradualmente permitirán el desarrollo de sustratos edáficos y organismos vegetales superiores. Parece quedar claro que el objetivo, tanto científico como administrativo (patrimonial), es que prevalezca la originalidad de formaciones vegetales tenidas como primigenias, frente a otras a las que se considera —sin tener pruebas paleontológicas que lo respalden— extrañas en un paisaje inalterado en tiempo y espacio.

Sin embargo, como expongo a lo largo de estas líneas, la vía que reoriente la conservación natural podría ir paralela al concepto de cambio en la historia (humana y natural). Ese concepto guarda claves complejas que sólo el conocimiento adquirido del pasado puede aportarnos, primeramente para reflexionar y luego para actuar. Como se expresa en los apartados insertos en el Capítulo de Resultados 5-III, las gramíneas podrían ser uno de los grupos vegetales más antiguos en los tiempos y espacios de Las Cañadas, algo que probablemente no pasa inadvertido para la comunidad científica, pero que suele quedar supeditado a la importancia prestada a la peculiar y original flora no-*Poaceae* de la zona. No obstante, en ese complejo camino de evidenciar cuales fueron los primeros vegetales en colonizar y prevalecer sobre un medio ambiente tan cambiante como Las Cañadas del Teide, debe atenderse a los propios mecanismos vegetales de cada grupo vegetal. Y en concreto al de las Angiospermas, como grupo vegetal más importante y diverso, último en aparecer en el transcurso de la evolución (Gabriel y Galán, 2002) y cuya fundamental subdivisión entre monocotiledóneas y dicotiledóneas guarda igualmente fundamentales claves a nivel paleoambiental.

---

<sup>14</sup> Opinión personal derivada de las apreciaciones personales, de varios especialistas botánicos, al respecto de la presencia de la familia *Poaceae* en Las Cañadas del Teide.

Efectivamente en Las Cañadas los taxones pertenecientes a angiospermas dicotiledóneas superan a los de monocotiledóneas, pese a que éstos pertenezcan, en su totalidad, a la familia más representada: *Poaceae*. Pero si atendemos a la mencionada división dentro de las angiospermas, los taxones de dicotiledóneas —en su suma— superan en mucho a las gramíneas.

Dentro de las primeras una familia donde quizás debamos centrar nuestra atención —primeramente a nivel ecológico—, es *Asteraceae* (ant. *Compositae*). Efectivamente las compuestas son la siguiente familia en cuanto a número de taxones después de *Poaceae* en Las Cañadas, perteneciendo a ella géneros como *Argyranthemum* sp., las *magarzas* o *margaritas*, *Carlina*, *Cheirolophus* o una de las más raras, *Stemmcantha*, entre otros. Entre todos configuran un grupo de los más aclimatados a la altitud, pudiéndoselas observar incluso hasta cotas cercanas a los 3.600 m.s.n.m.. Lo cual significa —como bien hemos podido comprobar durante las prospecciones de campo— que *A. tenerifae*, junto a *Viola cheirantifolia* son los representantes de flora vascular con mayor alcance altitudinal de la flora de Las Cañadas. En muchos casos, durante las tareas de comprobar *in situ* la presencia de unos taxones u otros, en contextos de sustratos geológicos recientes —de manifiesta dificultad a la hora de permitir el desarrollo vegetal—, hemos localizado ejemplares de magarzas como único vestigio de vegetación en muchos metros a la redonda.

En el mismo sentido otra familia, quizás más apreciada en el contexto que nos ocupa, como es *Boraginaceae*, bien representada en el elenco florístico del Teide por el género *Echium*, llega a protagonizar “hazañas biológicas” que denotan su grado de adaptación a un medio hostil, como cuando se detecta el característico indumento peloso y rígido de sus hojas (Gabriel y Galán, 2002) entre sustratos inestables y pedregosos, e incluso hoy profusamente transitados (**Figura 48**). Desde tal propiedad, no cabe duda de que el estudio de suelos de Las Cañadas del Teide, aun en zonas con mínimos rellenos edáficos, pueden ofrecer aspectos microfósiles propios de la zona, como en otros contextos protagonizan —por ejemplo— las gramíneas.

Desde la perspectiva de un análisis microfósil y atendiendo al objetivo de esclarecer la viabilidad de estas hipótesis se llevaron a cabo muestreos de vegetación por familias botánicas, prestando especial importancia a la flora endémica y nativa, ya que supone el punto de partida para el análisis de sustratos (suelos y sedimentos) donde puede haberse operado el depósito natural de sus partículas silicificadas. Resultaba también importante indagar en la flora de los *Puntos Húmedos*<sup>15</sup>, unos reducidos pero complejos enclaves

---

<sup>15</sup> Entendiendo como tales zonas muy concretas del paisaje (a diferentes escalas de entidad espacial) donde se producen unas especiales condiciones ambientales por la presencia de agua, la mayoría de las veces por la existencia de surgencias, de mayor o menor entidad, desde los materiales volcánicos originales. Uno de los rasgos claramente patentes en dichas zonas es la presencia de conjuntos vegetales muy específicos, de comportamiento hidrófilo, y que suelen diferenciarse notablemente —más en el caso de Las Cañadas—, de los conjuntos vegetales que ocupan la generalidad del medio existente, donde no se produce de forma tan concentrada la presencia de agua. Aunque existen, en Las Cañadas, zonas donde, bajo determinadas condiciones ambientales como las de la etapa invernal y primaveral, se concentran —en el terreno— masas de agua (estancadas o en circulación) de variable entidad, la

con un ambiente con presencia de sustratos asociados al agua, y que por tanto reúnen las condiciones para plantas propias de los mismos. En líneas generales estos enclaves/puntos se encuentran distribuidos preferentemente por las paredes del escarpe del Circo de Las Cañadas, tanto en sus tramos SE como SW y NE. Potenciados por surgencias y puntos rezumantes, su estudio no sólo debía permitirnos conocer las especies asociadas a los mismos, como la de la asociación *Mentha longifoliae-Caricetum calderae*, sino además la de hacerlo —mediante el análisis de sedimentos acuáticos— tanto con los restos de dicha asociación, y otras especies vinculadas a dichos Puntos Húmedos como los de la flora de microalgas, en concreto de diatomeas (*Bacillariophyceae*) y quistes de crisofitas (*Chrysophyta*)<sup>16</sup>, cuyo desarrollo es posible en las condiciones ambientales de dichos puntos.



**Figura 48**, Joven ejemplar de taginaste (*Echium* sp.) entre cantos y gravas al comienzo del Camino de Las Siete Cañadas J.A.

La presencia de restos de microalgas únicamente podía servirnos para conocer morfologías y concentraciones por géneros de forma superficial, ya que ante la imposibilidad de aplicar técnicas de muestreo, mediante equipos de sondeo específicos para sedimentos acuáticos, debíamos contentarnos con muestrear las primeras capas de éstos de forma manual, entendiendo que el registro recolectado contendría el de varias de dichas capas, pero siendo imposible precisar la adscripción estratigráfica de las mismas. Se trataba por tanto de la puesta en marcha de *training sets*, por lo que sus objetivos deben

---

eventualidad de éstas no permiten un desarrollo de las mismas especies vegetales existentes en los mencionados Puntos Húmedos que en el resto de la zona situada, en especial, desde los 2.000 metros de altitud.

<sup>16</sup> Ver Capítulo Resultados 5-III.

considerarse como evaluación preliminar de los registros microfósiles superficiales, por más que éstos resultaran tan esclarecedores a nivel limnológico.

Como en el caso anterior, la inexistencia de trabajos anteriores —en este caso sobre la flora microalgas tanto a nivel biológico como paleontológico— supuso la satisfacción de poder indagar en su presencia, y sobre todo de refutar la misma en la mayoría de puntos seleccionados para evaluar su potencial explicativo. Se trataba en todo caso de prácticas experimentales que, lejos de ser estériles, se revelaron fundamentales para comenzar a indagar el pasado de Las Cañadas desde la perspectiva microfósil. Y tal y como atestiguaron las analíticas de perfiles edáficos situados en estas formaciones, caso del denominado R-18, realizado en una de las mayores zonas endorreicas de Las Cañadas como el Llano de Ucanca, permitió detectar registros variables de restos de microalgas (valvas de diatomeas y quistes de crisofitas).

Sin duda todo ello se constituye como un punto de partida para poder evaluar el mismo tipo de evidencia empírica también en contextos arqueológicos, aunque para el caso de Las Cañadas muy probablemente éstos presenten una cronología mucho más reciente que los paquetes edáficos/sedimentarios analizados, incluso perteneciendo a los niveles superficiales de los mismos.

### **El Cuaternario, sus oscilaciones climáticas y fitolitos en Las Cañadas del Teide.**

Poco sabemos de los cambios en la vegetación de Canarias con respecto al paso de las oscilaciones climáticas del Cuaternario. Aunque como afirman Wildpret & Martín (2000) se da por hecho que las grandes modificaciones geológicas y geográficas, producidas durante la construcción y posterior destrucción parcial del Edificio Cañadas, afectaron a la vegetación entonces existente. Pero en términos paleoclimáticos y paleobotánicos estrictos, esta lectura se ciñe en demasía a aquellas zonas que desaparecieron durante los procesos de deslizamiento gravitacional<sup>17</sup>. E incluso a ese nivel, las opiniones de algunos vulcanólogos, al respecto de que se produjeron múltiples colapsos en la formación de la Caldera de Las Cañadas (Martí & Gudmundsson, 2000), incrementa la complejidad de posibles estudios paleobotánicos. Y con ello la incertidumbre de conocer cómo fueron en realidad los procesos que llevaron a su colonización vegetal, y cómo las formaciones vegetales existentes se adaptaron a los cambios marcados por los de tipo paleoclimático.

Desde nuestra perspectiva, las explicaciones paleobotánicas no sólo deben asociarse a los cambios geológicos, que sin duda afectaron a las formaciones vegetales preexistentes, sino sobre todo a detectar aquellos vinculados a causas paleoclimáticas. Esta opción se enfrenta ya inicialmente a la disponibilidad de estratigrafías edáficas que permitan la búsqueda y estudio de evidencias paleobotánicas tan antiguas, que en Las Cañadas se encuentran limitadas a los paquetes edáficos existentes en las formaciones de cañadas, que en algunos casos, como hemos podido comprobar, pueden superar los 150 cm. de potencia (Llano de Ucanca). Pese a que probablemente existieron

---

<sup>17</sup> Siguiendo la tesis más aceptada en torno al colapso del Edificio Cañadas y en concreto del Teide Viejo.

secuencias sedimentarias más antiguas, la génesis de ciclo largo que afecta a los suelos de Las Cañadas otorga, también a estos materiales, un papel predominante en la investigación paleobotánica.

Del mismo modo existe complejidad para obtener dataciones absolutas, aunque existen numerosos trabajos –en el ámbito de la geomorfología y vulcanología– que centran sus objetivos en restos vegetales carbonizados (Carracedo *et al.* 2003; entre otros), pero las evidencias estudiadas corresponden a carbones localizados en zonas afectadas por los procesos de deslizamiento en el exterior de Las Cañadas. Y en todo caso se circunscriben a especies propias de una sola etapa climática, aquella factible para el desarrollo de plantas que, como el pino canario (*Pinus canariensis*) –al igual que otras especies de ese género– son especies arbóreas muy sensibles a los cambios climáticos (Smout, 2003), en especial si éstos suponen un aumento de las condiciones de frío y descenso de la humedad ambiental.

Aunque por el momento únicamente podemos formularlo como hipótesis de trabajo y desde el aun escaso conocimiento que tenemos sobre los cambios asociados a las oscilaciones del Cuaternario en Canarias –al menos mas allá de la percepción de que estos fueron reales–, debieron existir oscilaciones o “variaciones climáticas-reflejo” de las europeas y africanas, con periodos de bajas temperaturas y humedad, frente a otros de aumento de ambos parámetros. Algo que en la actualidad, quizá por la falta de datos al respecto, ha potenciado cierto comportamiento inmovilista entre los científicos involucrados en los estudios de tipo biológico. Y es que hoy por hoy no parece científicamente aceptable mantener la dinámica de no profundizar en la paleobotánica de Las Cañadas del Teide, amparándose en la percepción de considerar sus conjuntos florísticos como climáticos<sup>18</sup>. O únicamente afectados por un evento drástico moderno, de corte antrópico, que se inicia con la llegada de los aborígenes, cuya presencia y actividades se estima que comienzan hace unos 2.500 años<sup>19</sup>.

El conocimiento arqueobotánico disponible hasta el momento, sitúa las últimas actividades antrópicas (de factura aborígen) entre 1200 d.C. y 1500 d.C. y con mayor probabilidad hacia ese siglo XIII d.C., según citan Machado & Galván (1998), basándose igualmente en las conclusiones de Soler *et al.* (1992). Momentos en los que pueden fecharse la última utilización de la estructura de combustión del yacimiento CH-N3, perteneciente al Conjunto Arqueológico de Chafarí. Gracias a los resultados antracológicos y arqueológicos presentados por Machado & Galván (1998), sabemos que en esos momentos las especies vegetales empleadas como combustible responden al mismo elenco florístico que en la actualidad. Aunque las autoras contemplan razones para pensar en cambios en las pautas de explotación del territorio de

---

<sup>18</sup> Al menos desde la creación de las calderas (occidental y oriental) y estancias anexas tras el colapso del Volcán Las Cañadas ( $\pm 200.000$  ka).

<sup>19</sup> Desde esa fecha hacia adelante habría que valorar cual fue la secuencia de ocupación de Las Cañadas, de las cuales únicamente podemos plantear la antigüedad de algunos restos humanos, que por ahora marcan el límite inferior en la misma. Nos referimos a la datación obtenida sobre hueso humano de La Cañada del Capricho, que aportaron una cronología de  $1540 \pm 40$  B.P., es decir 400-480 d.C. lo cual los convierte, dado que el intervalo de confianza es aquí del 95%, en unos de los restos más antiguos de Tenerife (Trujillo & González, 2011).

captación de maderas, que iría en función del deterioro causado sobre la flora local de esa zona de Las Cañadas del Teide.

Pero lo cierto es que pocas evidencias complementarias tenemos para afirmar cual era la distribución de los grupos florísticos detectados. Eso sí, en los carbones de CH-N3 sigue confirmándose un aspecto fundamental: el predominio de leguminosas (la triada *Fabaceae* de la alta montaña tinerfeña) frente a las gimnospermas (coníferas en este caso), en las especies *Pinus canariensis* y *Juniperus cedrus*. Un aspecto que hoy sigue prácticamente igual, salvo que probablemente entonces (en el periodo de ocupación aborígen) el límite del pinar lo suponemos similar al actual (quizás a menor altitud) y el del cedro —a diferencia de hoy— se encontraría más hacia el interior de Las Cañadas, presentando mayor extensión antes de la secuencia de ocupación aborígen.

Pero si esta situación fuese así ¿porqué los registros de la mejor madera local son tan bajos?, como muestran los carbones de CH-N3 hasta el siglo XIII. Pero claro, la “mejor madera” desde una perspectiva actualista, incluso a nivel etnobotánico, porque en cuanto a industrias y demás nada sabemos de los criterios reales de elección de combustible; si en realidad se buscaban maderas de “quemar lento” o rápido, donde el pino —e incluso las gramíneas— tendrían prioridad dependiendo de las necesidades de combustión y sostenimiento de la misma. Obviamente si se buscaba obtener lentitud en el proceso, siempre sería preferible la primera opción, y ahí las maderas “densas” tendrían prioridad de recolección y uso. También las dos opciones podrían ser viables cuando la disposición de ambos recursos estuvo asegurada. Desde una perspectiva de análisis de fitolitos, dada su potencialidad en detectar biomineralizaciones presentes en un tipo de vegetal u otro, obviamente las posibilidades en este sentido debían ser evaluadas.

La secuencia del yacimiento arqueológico CH-N3 aporta también información de cómo pudo ser la vegetación del entorno, cuando éste estuvo habitado por grupos humanos pertenecientes a la sociedad prehistórica de Tenerife. Nada sabemos de la secuencia anterior, la que acontece con la primera explotación doméstica del medio vegetal en el entorno de Las Cañadas, ni siquiera dónde se produjo ésta.

Sin duda hablamos de un lapso temporal demasiado amplio, con circunstancias y procesos que la arqueología aun debe determinar, pero que sin duda puede ejecutar de la mano de la emisión de preguntas concretas (sobre procesos concretos) y la aplicación de metodologías afines a ese objetivo. Aportando con ello un conocimiento científico que permitirá completar los vacíos existentes, incluso a nivel paleobotánico, logrando reducir la incertidumbre existente en esta materia y en la propia repercusión al respecto del papel de la flora en las sociedades aborígenes de la Isla.

En ese sentido, tal y como proponemos desde el estudio de algunos paquetes edáficos y arqueológicos de la zona de Las Cañadas, los suelos y sedimentos deben pasar a formar parte inexcusable de los materiales sujetos a estudios paleoambientales, tal y como ya se ha aplicado en algunas zonas concretas, aunando los datos aportados por la geomorfología, antracología y análisis de microfósiles vegetales (Criado *et al.*, 2009).



## La flora de Las Cañadas y su potencialidad en el análisis de fitolitos.

### Familia *Poaceae*.

La razón de exponer primeramente a este grupo vegetal, ante la pléyade florística existente en esta zona, con emblemas botánicos de todos conocidos, es que las gramíneas ocupan el primer puesto en producción de fitolitos de sílice y además que muchos de estos poseen propiedades de diagnóstico taxonómico (Twiss, 1992; entre otros). Pese a que nuestro trabajo ha revelado la presencia de otros grupos vegetales con alta producción de silicificaciones en Las Cañadas (p. ej. el de los tajinastes), creo que las gramíneas ofrecen una oportunidad única en los términos que expreso a continuación.

Si seguimos las indicaciones de Wildpret & Martín (2000) en su Catálogo Florístico de Las Cañadas del Teide, los taxones *Poaceae* ocupan el primer lugar en cuanto a la familia más representadas en el hoy Parque Nacional, con 31 taxones del total de 43 (Gráfico 2). Le siguen de lejos *Asteraceae* con 19, *Caryophyllaceae* (15) y *Lamiaceae* (14). A tenor de su abrumadora mayoría, podría decirse que esta familia botánica ha realizado una importante labor colonizadora del espacio que ocupan Las Cañadas, aunque a nivel botánico los especialistas no suelen prestar demasiada importancia a tan amplio y complejo grupo. Ciertamente es más observado como inevitable consecuencia del proceso de dispersión antrópica —uno de sus habituales mecanismos de expansión— que como grupo botánico digno de atención.

Obviamente la causa se encuentra en la estrecha y habitual relación entre las gramíneas y las actividades humanas, que directa o indirectamente han propiciado su expansión, como ocurre en la actualidad con algunos taxones invasivos y de difícil control. Por ello, la importancia prestada a la flora nativa y sobre todo endémica ha reducido los estudios sobre esta familia botánica, salvo en aquellas que sí presentan esta última característica. Sin embargo, la problemática asociada a las primeras estimaciones de fitolitos en grupos tan importantes como las leguminosas de alta montaña de Tenerife, ha derivado en un acercamiento más directo a este fundamental grupo vegetal, acercamiento potenciado tras comprobar realmente su importancia botánica como grupo vegetal en Las Cañadas del Teide. Y es que un estudio basado en fitolitos, por más que quiera ensalzar el papel de las especies habitualmente tomadas como nativas y endémicas en un determinado espacio de Canarias, no puede obviar el potencial de grupos vegetales que —con su alta producción en fitolitos— puede precisamente explicarnos los propios mecanismos de colonización vegetal en un medio geológico tan dinámico como son Las Cañadas (Carracedo *et al.*, 2007).

Desde una hipótesis de trabajo preliminar, podría decirse que en Las Cañadas la secuencia de introducción de plantas no-nativas comenzó en el mismo momento en que se producen e intensifican las actividades antrópicas en la zona. La llegada de ganados desde cotas bajas (costas y medianías), más propicias para un desarrollo autóctono de muy variadas especies *Poaceae*, pondría en marcha el mecanismo de colonización de éstas, proceso paralelo a la presión de los ovicápridos sobre las ya existentes en Las Cañadas. Uno y otro colaborarían en cambiar radicalmente el paisaje vegetal de la zona, aportando nuevos taxones y restringiendo —probablemente hasta su casi total

extinción— aquellos de desarrollo anterior a la actividad humana. El catálogo actual de especies *Poaceae* en Las Cañadas sería el resultado de muchos milenios de cambios, también inducidos por dicha actividad. Y la actual expansión de numerosas especies —perfectamente ejemplificada por *Arrhenatherum caldeare*— confirmaría la idoneidad del cese de la explotación vegetal en Las Cañadas en su recuperación, así como la continuidad del proceso de colonización por gramíneas, al amparo del intenso tránsito humano hacia esta zona<sup>20</sup>.

Al grupo de taxones *Poaceae* (30) contemplado por Wildpret & Martín (2000), hemos sumado el de *Brachypodium silvaticum*, identificado en la actualidad en zonas con cierta humedad edáfica de Las Cañadas y que no aparece reflejado en el mencionado catálogo florístico<sup>21</sup>. Dadas las características de esta gramínea, también perteneciente a la subfamilia *Pooideae* y con requerimientos asociados a ambientes umbríos y semiumbríos de diferentes tipos de bosques, ha sido tenida en cuenta precisamente por la posibilidad de comportarse como bioindicador (ambiental y paleoambiental) dentro de un proceso adaptativo a un medio donde probablemente no es nativa<sup>22</sup>.

Al respecto de la producción de silicofitolitos en *Poaceae* —la más alta entre el total de familias botánicas existentes<sup>23</sup>—, y atendiendo a la manifiesta complejidad de las gramíneas —también a nivel de clasificación y sistemática<sup>24</sup>— se hacía necesario profundizar en la adscripción de los taxones representados a nivel de subfamilia y tribu. Siempre atendiendo a la existencia de trabajos específicos, como los de Twiss, Suess & Smith (1969) y posteriormente Twiss (1992), donde se expone una clasificación que aun sigue en vigor (Piperno, 2007), aunque con aportaciones de nuevos métodos de clasificación taxonómica (Fredlung & Tieszen, 1997; Gallego & Distel, 2004; entre otros). En la misma se presta especial importancia a las morfologías de fitolitos de células cortas, dado que con algunas excepciones sus morfologías escapan en cierto modo —dependiendo de la subfamilia— a los problemas de redundancia y multiplicidad enunciados primeramente por Rovner (1971). Y sin duda problemas continuamente comprobados en la investigación de fitolitos, y a los que, en algunos casos, es posible enfrentarse realizando complejos estudios morfométricos en cada especie *Poaceae* (Gallego & Distel, 2004; entre otros).

La diversidad de taxones de gramíneas presentes en Las Cañadas del Teide resulta como mínimo sorprendente, especialmente si consideramos la tendencia ambiental general actual, donde el predominio es de otras familias

---

<sup>20</sup> Las últimas estimaciones hablan de más de 3 millones de visitantes anuales al Parque Nacional del Teide (2011).

<sup>21</sup> Por tanto la expresión gráfica de los taxones *Poaceae* totales es de 32 (Gráfico 3) y no de 31 (Gráfico 1) atendiendo a este particular.

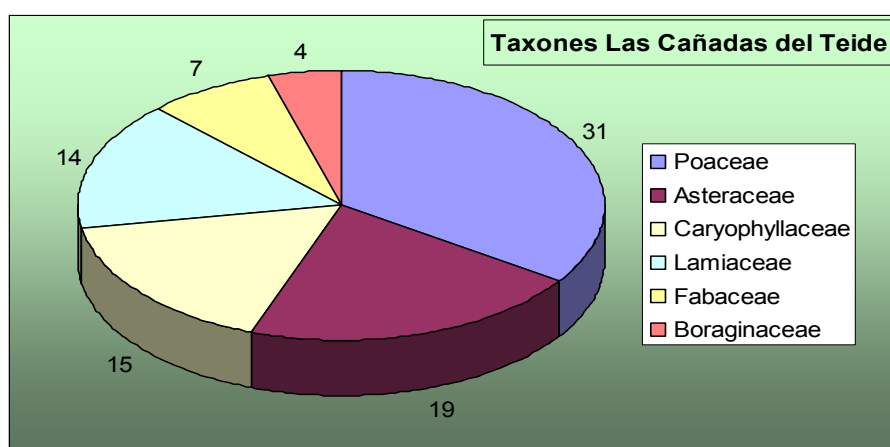
<sup>22</sup> Obviamente tal afirmación sólo podrá corroborarse con futuros y sendos análisis de fitolitos en suelos y paleosuelos de Las Cañadas del Teide.

<sup>23</sup> Se ha estimado que las plantas herbáceas producen hasta 20 veces más de fitolitos que las especies leñosas por unidad de peso de ceniza, libre de la fracción mineral (Albert & Weiner, 2000).

<sup>24</sup> En opinión de varios investigadores botánicos (C. León, Com. Pers.; A. Santos, Com. Pers.).

botánicas, como las leguminosas o las compuestas, entre otras. Que en su mayoría son consideradas como más emblemáticas de la zona y a las que suele prestarse más dedicación científica y de protección ambiental. Como expreso en este apartado, el valor de las gramíneas –desde su alta producción de silicofitolitos de diagnóstico– adquiere aun más protagonismo en Las Cañadas cuando se comprueba que el resto de familias botánicas únicamente presentan similar producción biomineral a nivel de *Cyperaceae*, *Boraginaceae* y *Asteraceae*. Mientras que el resto de familias presentan una producción netamente inferior, especialmente la mayormente representada: *Fabaceae*.

Entre el conjunto de gramíneas allí representado, llama igualmente la atención que en su gran mayoría pertenezcan a la subfamilia *Pooideae* (*Festucoideae*). Efectivamente a ésta pertenecen 29 de los 31 taxones *Poaceae* identificados en la zona<sup>25</sup>, mientras que solamente 2 lo son de *Chloroideae*, y ninguno pertenece a *Panicoideae*. Parecería que la amplia subfamilia *Pooideae*, que agrupa 160 géneros a nivel mundial (Twiss, 1992), habría encontrado, en Las Cañadas del Teide, unas condiciones especialmente favorables para su desarrollo. Y donde sin duda el clima ha sido (sigue siendo) uno de los principales factores para ello. Efectivamente, habría que señalar el papel jugado por el mecanismo de fotorrespiración, propio aquí de la anatomía de tipo C3, que presentan las especies de la subfamilia *Pooideae*, y que resulta idóneo para su adaptación a las rigurosas condiciones de la zona, especialmente a la altitud, situada como se sabe a una altura media de 2.000 m.s.n.m.



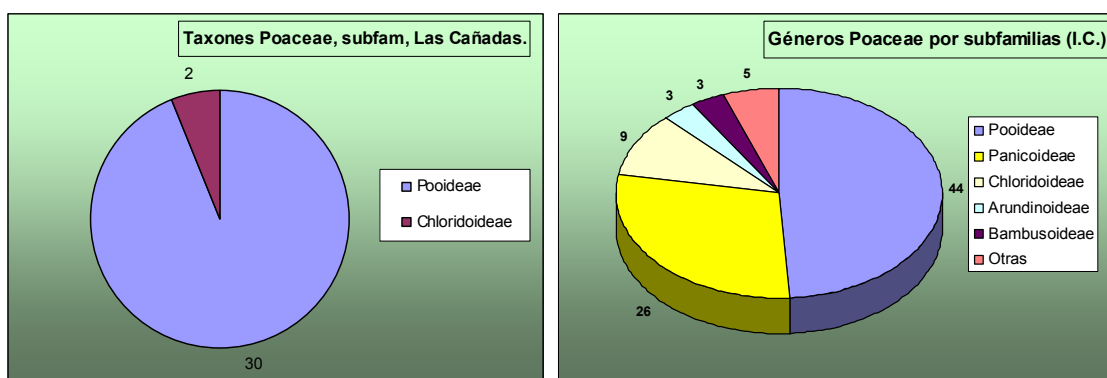
**Gráfico 2**, Distribución de taxones, en algunas de las familias botánicas más representativas de Las Cañadas del Teide. Fuente: Wildpret & Martín, 2000. J.A.

También debe destacarse, siguiendo las notas de P. Twiss (1992), la distribución de esta subfamilia, ya no sólo en la zona que nos ocupa sino a nivel mundial. Pese a que *Pooideae* está presente en ambos hemisferios, su máximo grado de distribución por porcentaje de especies se localiza por encima del Trópico de Cáncer, situándose el máximo, de dicha concentración,

<sup>25</sup> Como ya se ha mencionado hemos añadido, a la relación de taxones descritos por Wildpret & Martín (2000) el de *Brachypodium sylvaticum*, que no figura en la misma y ha sido detectado en la zona de La Cañada del Capricho (Fuente de La Piedra, entre otras).

en latitudes superiores a la máxima de la Península Ibérica, lo cual involucraría buena parte de Europa Central. Mientras, en otras longitudes geográficas como la zona centro de Eurasia y buena parte de América del Norte, es donde alcanza su máxima diversidad botánica, en concreto en las latitudes más altas de las zonas mencionadas.

Para el caso de Canarias, y atendiendo a su contexto biogeográfico más inmediato –el continente africano– la diversidad de gramíneas del tipo C3 alcanza, según Twiss (1992), el 40% de especies pertenecientes a la subfamilia *Pooideae*. Sin embargo, la conocida amplitud de microclimas de las Islas no es precisamente un hecho que facilite su homogénea expansión por el Archipiélago. Pese a ello supone la subfamilia de gramíneas más representada en el total de especies de Canarias, agrupadas en un total de 44 géneros, en los cuales algunas son consideradas como introducidas (Gráficos 3 y 4).

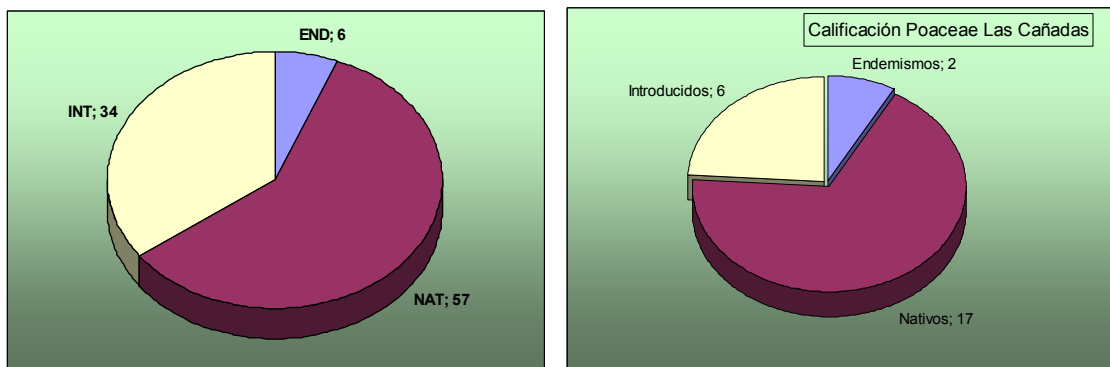


**Gráfico 3** (Izqda.), Distribución de taxones, por subfamilias *Poaceae*, en Las Cañadas del Teide. **Gráfico 4**, (Drcha.), Géneros *Poaceae* integrados por subfamilias en las Islas Canarias. Fuente: Wildpret & Martín (2000); LESDCanarias (Aceves *et al.*, 2004) respectivamente. J.A.

En el catálogo de especies silvestres presentes en la recopilación conocida como LESDCanarias (Aceves *et al.*, 2004) se citan, entre especies y subespecies, un total de 220 taxones de *Poaceae* para todo el Archipiélago Canario. Pero en ellas, al igual que ocurre en Las Cañadas del Teide, debe distinguirse entre lo que se considera *especies nativas*<sup>26</sup> (endémicas y autóctonas) de las *introducidas* en distintos momentos históricos. Con respecto a la primera categoría, solamente son consideradas endémicas 12 especies, pero de ellas 2 se localizan en Las Cañadas (*Arrhenatherum calderae* A. Hansen y *Dactylis metlesicsii* Schönfelder & Ludwig). Por su parte, de las consideradas nativas con seguridad (28), solamente 3 taxones (los dos endemismos más *Bromus rubens* L.) lo son para esta zona, mientras que 5 se consideran como *probablemente nativas*. De este modo, el grupo más numeroso de gramíneas actuales en Las Cañadas estaría formado por especies y subespecies consideradas como posiblemente nativas (18), lo cual puede equipararse con el resto de gramíneas en el total de las Islas, donde se describen hasta 75, considerándose el grupo más numeroso tras el de las introducidas. No obstante, en este aspecto las gramíneas –pese a ser el grupo vegetal con mayor número de taxones dentro del hoy Parque Nacional– no lo son en cuanto a endemismos, ya que mientras son citados por Wildpret &

<sup>26</sup> Me atengo aquí directamente a las indicaciones del Dr. A. Santos (2003, Com. Pers.).

Martín, 2000 hasta un total de 12 exclusivos de la zona, otros 33 lo son de Tenerife y 58 del Archipiélago Canario (Aceves *et al.* 2004) (**Gráfico 5**).



**Gráfico 5** (Izqda.), Clasificación de géneros *Poaceae* que contienen taxones endémicos, nativos e introducidos en Canarias (Fuente: LESDCanarias, 2004). **Gráfico 6** (Izqda.), Posible calificación de taxones englobados en géneros *Poaceae* de Las Cañadas (Fuente: LESDCanarias, 2004; Wildpret & Martín, 2000). Elab.: J.A.

Llegados a este punto existe la posibilidad de plantear preguntas de cierta envergadura: ¿estamos ante la evidencia de poder indagar en la verdadera historia natural de esta familia en Las Cañadas?, ¿deriva dicha diversidad, que no es tal en el conjunto de las Islas, de un proceso de introducción de especies *Poaceae* muy antiguo en tiempo y espacio?, o también ¿podemos estar ante la revitalización de un grupo vegetal que pudo ser mayor en extensión y entidad en Las Cañadas sin ser éste el más antiguo y el más exclusivo de la zona?. Dentro de todas ellas puede hallarse un aspecto que resulta de especial relevancia para con un estudio de microfósiles asociado a la evolución vegetal y a su papel en la posterior ocupación humana de Las Cañadas del Teide. Y no es otro que una hipótesis que vuelve a unir ambos conceptos, la que plantea la temprana colonización por *Poaceae* en la zona (con mucha anterioridad a la llegada humana) y un proceso de diversificación y posterior simplificación sujeto a la fuerte explotación antrópica de ese medio vegetal.

Las evidencias actuales indican que en la mencionada diversidad existen signos inequívocos de recuperación florística, como atestigua la actual expansión, junto con especies de otras familias como *Pterocephalus lasiospermus* (*Dipsacaceae*), las propias del género *Descurainia* sp. (*Brassicaceae*) y sobre todo de *Arrhenatherum calderae* (*Poaceae*). Igualmente en el plano de las coníferas, *Juniperus cedrus* experimenta una notable expansión<sup>27</sup>, obviamente a un ritmo más lento que los anteriores grupos vegetales.

En el caso de *Arrhenatherum calderae* su recuperación parece ser similar a la protagonizada hace unas décadas por *Descurainia bourgena*, localizándose por numerosas zonas de Las Cañadas<sup>28</sup>, incluso en antiguos asentamientos humanos (prehistóricos e históricos) como plantas de cabaña (**Figura 49**) y

<sup>27</sup> E. Carqué, 2011, Com. Pers.

<sup>28</sup> M<sup>a</sup>.E. Arozena, 2011, Com. Pers.

carboneras<sup>29</sup>. E igualmente formando verdaderas formaciones de pastizal en determinadas zonas de Las Cañadas, entre ellas los altos de la Cañada de Pedro Méndez, que dominan el Valle de Chafarí y en la otra vertiente en puntos no ocupados por las coladas *pahoe-hoe* cercanas a los Roques de García. Por lo tanto, la primera impresión al respecto –que toma forma de respuesta preliminar– es que efectivamente las gramíneas formaban un sotobosque<sup>30</sup> con mayor entidad en el paisaje de la que tendremos constancia a mediados del siglo XX<sup>31</sup>. Desde una hipótesis de trabajo, sería precisamente ese somero sotobosque el primero en desaparecer bajo la intensa acción ramoneadora de los ganados prehistóricos y posteriormente históricos. Habrá que esperar a que tal acción desaparezca, para que las gramíneas vuelvan a recuperar su papel en la flora de Las Cañadas.

Dada la continuidad de tal acción, en los siglos posteriores a la conquista de Tenerife, serán los ganados de estas épocas –cuya presencia en Las Cañadas se prolongará hasta el siglo XX– los que centrarían su acción sobre el matorral de cumbre y especies asociadas, hasta el punto de comprometer su existencia. Cabe citar aquí algunas de las impresiones de Humboldt sobre la vegetación de las islas y recogidas en la publicación de Leclercq (2006). Dichas observaciones permiten al investigador alemán esbozar la primera descripción de los pisos de vegetación por alturas de la isla de Tenerife (lo que posteriormente conoceremos como *pisos bioclimáticos*), tomadas de forma directa durante su estancia en la Isla y en concreto mediante la culminación de la ascensión al pico del Teide, realizada en septiembre de 1879. A lo largo de su relato y documentación epistolar, Humboldt menciona al menos en dos ocasiones la escasez e inexistencia de pisos con formaciones de gramíneas, confirmando las indicaciones realizadas anteriormente por otros investigadores interesados por la flora de Tenerife, como Von Buch y Smith que descartaron establecer un piso para ese tipo de plantas, puesto que éstas eran rarísimas y no formaban una zona particular.

Tales apreciaciones, emitidas por los primeros naturalistas con formación botánica llegados a Canarias, que no dejarían de transmitir todo lo contrario si así lo hubiesen detectado, resultan de suma importancia, puesto que confirman la escasa representación de una familia botánica que hoy se encuentra no sólo presente sino ampliamente diversificada. Obviamente tales informaciones pueden interpretarse distintamente a nivel paleobotánico, especialmente si intentamos explicar la ausencia de gramíneas introduciendo

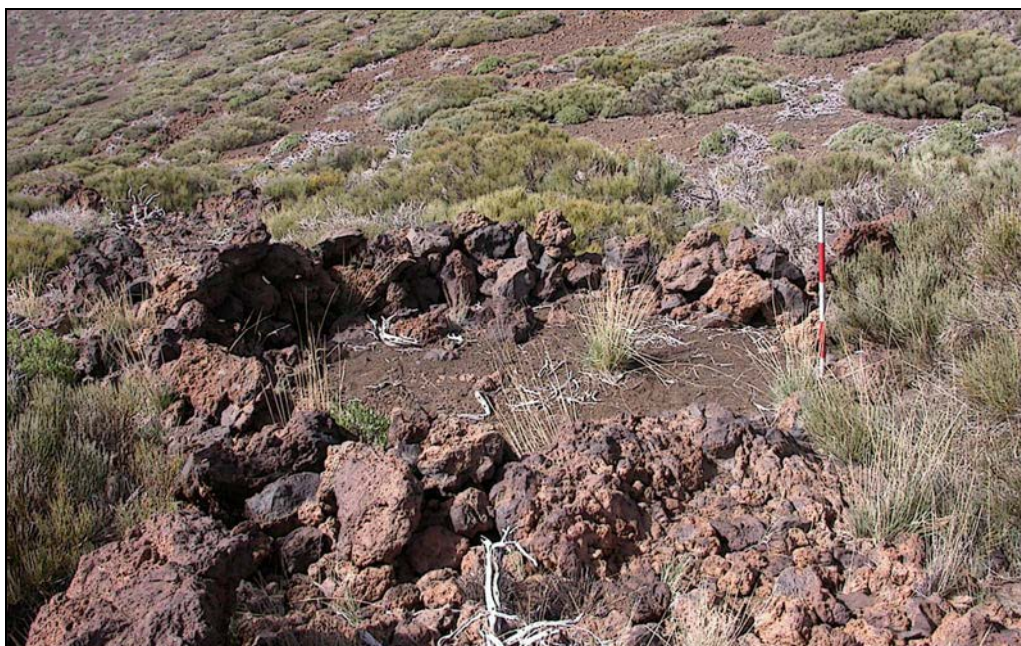
---

<sup>29</sup> Prospecciones del Inventario Arqueológico del Parque Nacional del Teide, Parques Nacionales, En Izquierdo, I., Martín J.L., Zurita N., Arechavaleta M., *Lista de Especies Silvestres de Canarias (hongos, plantas y animales terrestres)*, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias, 500pp. 2003-2007.

<sup>30</sup> Si es que puede aplicarse el término a la vegetación no integrada por las especies propias de la comunidad *Spartocytisetum supranubii*, a las que el inventario propuesto por Wildpret & Martín (2000) únicamente asocian *Descurainia bourgeauana* (hierba pajonera), *Argyranthemum tenerifae* (margarita o magarza del Teide) y *Erysimum scoparium* (alhelí del Teide). Y en casos muy aislados y específicos especies como *Viola cheirantifolia* (violeta del Teide).

<sup>31</sup> Tras la creación del Parque Nacional del Teide (22 de enero de 1954) y desarrollo de los primeros controles integrales sobre la explotación vegetal en la zona de Las Cañadas.

el factor antrópico, fuertemente involucrado en la Historia de Las Cañadas. Y partiendo de esas primeras pruebas documentales, podríamos efectivamente atender a la inexistencia de un piso con alto grado de desarrollo *Poaceae*, pero que no hace referencia expresa al mismo en la zona alta de Tenerife.



**Figura 49**, Ejemplares de *A. calderae* desarrollándose en una planta de cabaña aborígen (Colmenar IV).

Y también a nivel de hipótesis podríamos estar —desde dichas aseveraciones— ante el primer indicio (documental) de que las gramíneas pudieron sufrir una acusada eliminación selectiva por la acción de herbívoros introducidos. O bien refutar la hipótesis de que el desarrollo de estas plantas, al menos en los paisajes que recorren Von Buch y Smith en 1815 (Smith, 2005), así como antes lo había hecho Humboldt en 1799 (Humboldt, edición de 1975), estaba tan limitado como que para que dichos investigadores no las contemplaran como habituales en las zonas que recorren<sup>32</sup>.

En una lectura igualmente hipotética pero más drástica, podría plantearse que el grupo de las gramíneas tuvo una mínima representación en la zona, y que será precisamente tras la larga secuencia de actividades antrópicas en la misma cuando se observe una mayor diversificación de taxones *Poaceae*. Pero ¿pudo haber momentos de mayor introducción de estas plantas que los que protagonizaron los ganados de suelta y cría por Las Cañadas en época

<sup>32</sup> El recorrido seguido por la expedición de Humboldt y Bonpland (1799) fue sin duda más limitado que el seguido por Von Buch y Smith (1815), que tuvieron ocasión de recorrer y realizar observaciones por varias dependencias de Las Cañadas. Según cita Santos (en Smith, 2005), en esta ocasión los botánicos no sólo recorrerán la zona situada entre el Portillo, El Llano de las Retamas y la situada hacia Los Tomillos, llegando obviamente a Montaña Blanca, sino que acceden a Montaña Rajada y luego al escarpe sur del Circo. Citando que alcanzan la Montaña del Trigo (¿Cañada del Montón de Trigo?), desde la cual pueden divisar la vertiente sur de Tenerife. La cita de La Angostura no hace sino confirmar que acceden por las Siete Cañadas hasta su zona central (Cañada de La Angostura).

aborigen?. Obviamente la respuesta arqueobotánica a esta pregunta habría que responderla no sólo mediante el estudio de secuencias estratigráficas de Las Cañadas (suelos y sedimentos) sino con las existentes en los otros pisos bioclimáticos. Única forma de comparar registros (paleobotánicos y arqueobotánicos) y detectar qué gramíneas se desarrollaban antes y después de la colonización humana de la Isla. O si éstas en realidad estaban ausentes en zonas como Las Cañadas cuando las visitaron tales investigadores, aspecto que no invalida la lectura de que, por aquellas épocas, aun este tipo de plantas se encontraba en fuerte recesión. No olvidemos que el siglo XVIII la explotación de Las Cañadas, para distintos usos, es muy intensa, y más como recurso ganadero estacional.

Pero si continuamos defendiendo la hipótesis de una selectiva y pronta eliminación de las gramíneas por acción de los ganados en la cumbre de Tenerife, ésta sería suficientemente extensa —y vinculada al recurso ganadero de cría y suelta— como para mantener su desarrollo, por siglos, en un grado muy bajo de representatividad y extensión. Solamente la disminución progresiva de la presencia de ganados haría que se produjera su también gradual recuperación, ocupando zonas donde —anteriormente a la llegada de los animales domesticados— serían de los grupos vegetales más extendidos y diversificados. Durante las prospecciones arqueológicas realizadas entre 2003-2007, durante los meses de día largo (mayo-julio), pudo comprobarse la abundancia de gramíneas como *Arrhenatherum calderae* y *Bromus* sp. (entre otras) en zonas llanas de las estribaciones de Pico Viejo, Volcán de La Corona y la Montañeta Negra, formando en el primer caso auténticos pastizales. En algunos de ellos existía relación con zonas de abundantes materiales arqueológicos en superficie, tanto aborígenes (cerámica y lítico) como históricos (carboneras especialmente).

### **¿Qué especies *Poaceae* podrían haber sido consumidas por el ganado en Las Cañadas?.**

Obviamente esta pregunta solamente podría contestarse conociendo la propia historia de la familia *Poaceae* a nivel zonal y sobre todo disponiendo de dataciones absolutas, o relativas moderadamente apuntaladas por aspectos paleobotánicos y estratigráficos, así como convenientemente correlacionadas con el propio proceso de ocupación humana de la zona. También es obvio que los niveles arqueológicos de asentamientos en Las Cañadas colaborarían en la resolución de la hipótesis de que la flora de gramíneas fue la primera en verse comprometida por la acción del ganado. Y sobre todo colaboraría la existencia de materiales arqueológicos vinculados a restos de tales ganados, en concreto coprolitos.

Pero pese a la importancia de este último tipo de evidencias, su identificación no se ha producido hasta el momento en contextos arqueológicos de la zona, razón de más para poner en marcha —dado que la metodología ya lo permite— mecanismos de intervención arqueológica que contemplen la búsqueda de niveles con paleoheces fecales o bien el registro resultante de su disgregación<sup>33</sup>. Pero pese a su importancia como evidencia

---

<sup>33</sup> Tal y como se ha comprobado, la disgregación de coprolitos sigue dejando en el sedimento inmediato muestras patentes de su contenido, tanto en fitolitos como esferulitas de fauna herbívora. Es tal la concentración de elementos vegetales por



directa, a nivel arqueológico se trata de uno de los materiales —como ocurre con los humanos— más escasos en contextos arqueológicos, al menos fuera del contexto de cueva (Heizer, 1980), aunque pueden ser muy abundantes en aquellos sedimentos alterados por la presencia de ganado (Verdasco, 2001).

En el caso de Las Cañadas, la detección de niveles con coprolitos de ganado guarda una importancia relacionada con la actividad ganadera, pero también con aspectos paleoambientales básicos para comprender la actividad antrópica en Las Cañadas, y del medio ambiente natural existente antes de ser influido por la misma. Pero por el momento no parecen existir expectativas reales de encontrar este tipo de evidencias.

Y dentro de lo que podrían ser un conjunto de obviedades, el recurso a la herramienta microfósil abandona dicha tónica para permitirnos una aproximación directa a la flora de aquellos momentos, incluso de los previos al mismo, en esa *Prehistoria no-habitada* de Las Cañadas<sup>34</sup>. Ese recurso puede ser muy importante, dado que asume la identificación de fitolitos de gramíneas, plantas que creo poder plantear que ya estaban desarrollándose en Las Cañadas, no sin limitaciones en cuanto a su diversidad, antes de la presencia humana en la zona.

Respecto al resto de las formaciones vegetales de Las Cañadas, no cabe duda de que son varias las fuentes que citan el grado de destrucción ocasionado por los ganados sobre el matorral de cumbre. Un particular que recogen investigadores como Von Buch y Smith (Santos, 2005) también en cuanto a la deforestación causada, sobre el monte de pinos, en la vertiente sur y norte de Tenerife.

La única fuente de datos que podemos tomar como referencia y con la que contamos en la actualidad, proviene de los resultados obtenidos con el análisis de heces fecales de muflón (*Corsica mouflon* o *Ovis orientalis musimon*), en concreto para evaluar el impacto de este herbívoro en la flora del Parque Nacional del Teide durante el periodo de floración (Alfayate & Rodríguez-Luengo, 1991). Pese a las diferencias a nivel biológico como de ámbito cronológico, ya que este estudio se realizó con una especie actual e introducida, los resultados obtenidos revelan que las especies mayormente consumidas por el muflón, al que pertenecían las heces, eran *Pterocephalus lasiospermus* (2,99 de densidad de partículas) y *Arrhenatherum calderae* (1,61 d.p.). Por debajo de estas densidades se sitúan otras 12 especies concretas y una gramínea indeterminada, mientras que la densidad asociada a *Spartocytisus supranubius* sigue a *A. calderae* con escasos 0,09 puntos. Pese a

---

gramo de muestra, que salvo la existencia de procesos tafonómicos adversos, que supongan la dispersión de los mismos, son claramente diferenciables de cualquier otra acumulación de vegetales del mismo tipo.

<sup>34</sup> La propuesta de utilización de esa expresión parece acertada cuando se plantea que por ejemplo la Isla de Tenerife pudo estar habitada y transitada mucho antes de que se produjera la llegada a los espacios conocidos hoy como Las Cañadas del Teide. En esas desconocidas secuencias, la actividad antrópicas en cotas más bajas se enmarcaría en el periodo conocido como Prehistoria de las Islas y por tanto aun en Las Cañadas existirían condiciones naturales no-intervenidas. Desde esa perspectiva la Prehistoria no-habitada de Las Cañadas nos situaría en momentos donde estarían al margen de la actividad antrópica, y cuya secuencia de expansión hacia la zona aun debe definirse.

que dicho estudio se centra en definir el impacto de los muflones sobre la flora del Teide durante el periodo de floración y en especial a nivel del ejercido sobre los endemismos, obtenemos datos muy relevantes que convienen como mínimo comentar. Primeramente nos orienta, considerando las salvedades con respecto a un trabajo arqueológico –como podría ser la libertad de movimiento de los muflones actuales con respecto a los ganados de suelta aborígenes– hacia la determinación de las especies de consumo preferente. Si nos atenemos al estudio de Alfayate y Rodríguez-Luengo (1991), al menos en la etapa primaveral-estival los dos endemismos citados serían especialmente apreciados por el muflón<sup>35</sup>. Como se sabe ambas especies son herbáceas y de porte medio.

Resulta revelador que ambas especies sean en la actualidad de las que experimentan una mayor recuperación, asociada sin duda a la menor presión ejercida sobre ellas con la desaparición de la actividad ganadera en el interior del Parque Nacional (Wildpret & Martín, 2000). Mientras que en el caso de *Arrhenatherum calderae* se observa un desarrollo interno, más circunscrito al interior de las dependencias de Las Cañadas, el de *Pterocephalus lasiospermus* parece tener un componente más amplio, ya que se le observa con bastante concentración, extendiéndose hacia cotas más bajas (por debajo de los 1.800 m.s.n.m.) colonizando una vía de acceso natural a Las Cañadas como es el barranco donde se sitúa la Cueva del Pino. Como se sabe esta zona guarda una profunda significación en las antiguas vías de comunicación de banda a banda (sur a norte y viceversa) de Tenerife, configurándose como un lugar de parada y/o pernoctación cuando se tomaba el Camino de Chasna para acceder a Las Cañadas, antes de llegar a El Portillo, auténtica puerta natural de entrada a la zona alta desde el norte, al menos hasta la construcción de la carretera La Orotava-Vilaflor (Arnay *et al.*, 2003).

Si nos atenemos a la época donde existiría mayor presión ganadera aborígen (primavera-verano) y los resultados aportados por Alfayate & Rodríguez-Luengo (1991) sobre las dos especies citadas, así como la apreciación de Wildpret & Martín (2000), podríamos hipotetizar que –dado que se trata de dos especies nativas (y endémicas de Las Cañadas)– éstas mismas habrían sufrido una intensa presión, que les habría llevado casi a desaparecer (o recluirse en zonas menos transitadas por los ganados). En la misma podríamos hablar de un mayor peligro para *Arrhenatherum calderae*, al que no se llega a citar en los inventarios y pirámides de vegetación realizados por Martínez de Pisón y Quirantes (1981), como sí se hace con *Pterocephalus lasiospermus*. Como se sabe, las preferencias entre ambas especies son claramente diferentes, estando en el segundo caso más vinculada a zonas endorreicas y con mayor humedad, como ocurre igualmente en algunos casos con *Adenocarpus viscosus*.

---

<sup>35</sup> Aunque también han de tenerse en cuenta los datos aportados por Wildpret & Martín (2000) sobre el seguimiento realizado por el personal técnico del Parque Nacional (Memoria Anual 1994) y que citan, como especies vegetales consumidas durante todo el año, a *Descurainia buorgeauana* con un 65,7 % de los registros frente al 50 % presentado por *Pterocephalus lasiospermus*. Por el contrario, como también apuntan Alfayate y Rodríguez-Luengo (1991) el consumo de *Arrhenatherum calderae* presenta un máximo siempre de carácter estacional.

Recurriendo de forma preliminar a la investigación de fitolitos sobre flora de Las Cañadas, cabe destacar las obvias diferencias existentes entre las dos especies citadas como ejemplo, propios de una gramínea como *Arrhenatherum c.* y otra perteneciente a *Dipsacaceae* como *Pterocephalus l.*. Mientras que la primera presenta un amplio conjunto de silicificaciones<sup>36</sup> –propio de las gramíneas de porte medio/alto– y que en algún caso pueden considerarse de diagnóstico, en la otra la biomineralización dominante<sup>37</sup> está basada en oxalatos de calcio, en concreto de drusas de un tamaño promedio de 21  $\mu\text{m}$ <sup>38</sup> (Máx.= 29,70  $\mu\text{m}$ ; Min.= 12,5  $\mu\text{m}$ ). Es decir, que a la hora de llevar a cabo un análisis microscópico tendente a la identificación de ambas, *Arrhenatherum* tendría más probabilidades de serlo<sup>39</sup>.

No obstante, en el proceso de gradual deterioro de la flora arbustiva intervendrían factores que desconocemos pero que podemos intuir, como constituye el aspecto de las preferencias del ganado por unas u otras especies vegetales. Un proceso abierto sin duda por la influencia de los pastores aborígenes, que guiarían sus ganados hacia la captación de tejidos vegetales frescos, haciendo ellos mismos acopio de los de desecho, bajo la forma de ramas más o menos secas, con fines de aprovechamiento como fuente de calor y transformación de materias primas. Por ello, parece posible plantear la existencia de proceso dual en la presión ejercida sobre la flora local; de tal modo que existiría una conexión entre el proceso depredador animal y el humano, al menos sobre las especies arbustivas del tipo de la retama, el codeso y el escobón. En el caso de las gramíneas y otras herbáceas, el impacto sería mayor, ocasionando un claro retroceso de las especies de desarrollo por encima de los 2.000 m.s.n.m. en las primeras décadas de la ocupación aborígen, incrementándose dicho retroceso en época moderna, hacia el final del periodo. Cuando acontece finalmente el estatus de protección propio del Parque Nacional (1954) el panorama sería el de un sustrato vegetal de matorral muy afectado por la depredación, animal y humana, y un sustrato herbáceo casi inexistente.

De modo que a la acción ramoneadora de los ovicápridos podría seguir, en aquellos ejemplares que tendieran a secarse por la continua presión del ganado en época de floración, la acción humana de captar ramas para combustible y/o industrias y estructuras, de las cuales gradualmente existiría una mayor disponibilidad a medida de que el ganado ramonease los tejidos más tiernos, que en el caso de la retama serían sus tallos fotosintéticos y flores, mientras que en el caso del codeso sus pequeñas hojas y flores. Dicho proceso acontecería cuando se produjera la muerte de los tejidos leñosos, que desprovistos anualmente de hojas, por la acción del ganado durante el periodo de mayor actividad metabólica (primaveral-estival), tenderían a presentar mayor cantidad de zonas muertas que en función de su ciclo vital natural.

---

<sup>36</sup> Ver Anexos: Fichas de análisis biomineral, Capítulo 5, Resultados I, Plantas patrones.

<sup>37</sup> *Ibidem*.

<sup>38</sup> Estimado desde la medida de 50 ejemplares presentes en tejidos calcinados a 500°C.

<sup>39</sup> Partiendo del hecho sobradamente constatado de que en el tiempo los oxalatos de calcio no presentan la perdurabilidad de los fitolitos de sílice.

Del mismo modo los ganados se nutrirían del escobón, consumiendo únicamente sus abundantes y olorosas hojas. Que no sería el caso de las gramíneas, compuestas y labiadas, que verían destruidos la mayor parte de sus tejidos más tiernos. Con semejante presión muchas especies vegetales —y en especial las menos representadas— tenderían a relegar su presencia a zonas de difícil acceso, hasta protagonizar ya desde finales del siglo XX y primera década del XXI, un notable incremento en densidad y extensión. Igualmente se verían más afectadas las especies con un solo pie que aquellas que ramifican en varios, como ocurre con la mayoría de las arbustivas.

Pero sorprendentemente, si continuamos cruzando información entre ambos catálogos florísticos (Acebes *et al.*, 2004; Wildpret & Martín, 2000), el grupo de las gramíneas *introducidas con seguridad* en Las Cañadas sería inexistente, mientras que sólo habría una *especie introducida*, considerada además invasora, en *Cynodon dactylon*. De *probable introducción* solamente serían *Chloris truncata* (uno de los pocos representantes *Chloridoideae* en la zona del Teide) y *Lolium perenne* L. Mientras que a nivel general en las Islas, un total de 72 especies y subespecies de gramíneas, con distinto grado de seguridad, son consideradas como introducidas.

A nivel de géneros botánicos, la clasificación que podemos realizar, nos indica que la mayoría de especies y subespecies *Poaceae* en el Archipiélago corresponden a plantas consideradas *nativas* (57), aunque con distinto grado de seguridad en tal adscripción. Con respecto a los taxones considerados como *introducidos con seguridad* estos serían unos 34, siendo muy escasos los endemismos, en concreto 6. Tal distribución puede ser —de realizarse una extrapolación al conjunto de taxones de esta familia a Las Cañadas del Teide— muy significativa, dado que al menos dos taxones locales (*Arrhenatherum calderae* A. Hansen y *Dactylis metlesicsii* Schönfelder & Ludwig) son considerados como endémicos en la zona. Por tanto, de los endemismos localizados en el Archipiélago Canario los presentes en Las Cañadas representarían el 33,3% del total.

De las gramíneas puede igualmente decirse que se trata de una familia importante a nivel de endemismos —dentro de lo que hoy es el Parque Nacional—, donde solamente el 7% son taxones locales, aunque son numerosos los compartidos con el resto de las Islas (35%), también dentro de la de Tenerife (20%). Con todo ello, no deja de llamar la atención el hecho de que sean las plantas que mayor diversidad alcanzan en Las Cañadas, una familia cosmopolita y de amplísimo espectro ecológico, capaz de colonizar —como acostumbra a mostrarnos— los espacios naturales más inhóspitos, a menudo con un mínimo de disponibilidad de sustrato y humedad. Su estudio, en dicha zona, ha pasado de ser —debo confesar derivado también de los primeros resultados de fitolitos en contextos edáficos de la misma— el de algo completamente rutinario, si se tiene en cuenta el complejo —y hasta cierto punto exclusivo— mundo botánico de la zona, al de un posible paradigma, primero paleobotánico y luego arqueobotánico, que nos permitiría profundizar en la historia natural de Las Cañadas.

Pero esa historia desde luego no se detiene en época aborígen ni con nosotros, como bien podrán comprobar posteriores generaciones de arqueólogos y biólogos, que como bien ejemplifica la presencia de ejemplares de *Poa annua* a 3.700 m.s.n.m. en el propio pico Teide (Wildpret y Martín,

2000) existe un proceso imparables en nuestras vidas y la de la propia naturaleza, poseedora de los mecanismos evolutivos y colonizadores (entre otros) de más rotunda factura, tanto como para poner a prueba los límites (físicos, culturales e incluso científicos) que creemos (los humanos) pretender imponer, a escala local como global, por mucho que estas sean de lo más excelsa, e incluso científica, corrección<sup>40</sup>.

Tales ideas resultan de vital importancia para proponer modelos explicativos sobre la implantación, en buena parte de su extensión geográfica, de un esquema de aprovechamiento prehistórico del medio natural de Las Cañadas. Sin duda su flora guarda, desde esta modesta perspectiva, buena parte de las razones por las que su aprovechamiento se convertirá en eje vertebrador de la cultura aborígen, incluso desde el momento que se la descubre como vasta extensión de pastoreo, a donde sin lugar a dudas se llega para satisfacer una demanda de recursos no existentes, o al menos no persistentes<sup>41</sup>, en cotas y pisos bioclimáticos de menor altitud. El estudio de secuencias antiguas, de la *Prehistoria no habitada* de Las Cañadas, podría en parte conocerse gracias a la capacidad de adaptación y diversificación que la familia *Poaceae* ha desplegado en la zona.

Asimismo el estudio de los restos de gramíneas podría ser una herramienta fundamental para reconocer en qué momento los antiguos habitantes de Tenerife funcionarían, mediante sus actividades cotidianas o específicas, como agente limitador, potenciador e incluso eliminador, de una serie de plantas que, pudieron significar un recurso medioambiental y económico más significativo de lo que pensábamos hasta este momento. No obstante, debo matizar que dicha euforia investigadora —que por motivos profesionales debe ajustarse a un obligado filtro autocrítico—, deriva de las primeras impresiones obtenidas durante la elaboración de esta Tesis, dado que su base es eminentemente experimental, acerca de la restringida capacidad informativa —a nivel de producción y conservación fitolítica— de grupos como las leguminosas de montaña, entre otros, que podrían habernos permitido indagar en el pasado de Las Cañadas. Aunque, por ahora, y en espera de estudios específicos al respecto, que se realicen con mayor grado de precisión en muestreos y analíticas, nos ha permitido evaluar someramente algunas de las razones de su escasa presencia en los primeros materiales antiguos (suelos,

---

<sup>40</sup> Los modelos botánicos idealizados, o simplemente vinculados a un criterio conservacionista humano, como otros asociados a la dinámica de la naturaleza, deben también atender a los cambios impuestos por eventos muchas veces drásticos, como los climáticos, geológicos y todos aquellos que han afectado a los organismos desde su propia aparición sobre el planeta.

<sup>41</sup> Llamo aquí la atención sobre la escasa información existente respecto a los cambios paleoambientales producidos en las Islas Canarias desde la etapa en la que pasan a soportar una notable carga antrópica y que tendría algo menos de 2.000 años. Ciertamente, en la mayoría de estudios históricos y arqueológicos realizados sobre las poblaciones aborígenes de Canarias, se aducen explicaciones relacionadas con la dinámica de tales poblaciones dentro de un marco ambiental inmutable en tiempo y espacio, desde un cierto criterio inmovilista que sin duda es justificado en la percepción parcial de una Historia y Arqueología de las Islas que sigue contemplando, ambas disciplinas, como ajenas a la aplicación de técnicas y postulados más propios de la Ciencias Biológicas y no tanto de la práctica habitual de las metodologías históricas.

paleosuelos y depósitos volcánicos), analizados éstos desde el punto de vista de su contenido en microfósiles de naturaleza vegetal como los fitolitos.

La cuestión aquí –atendiendo a todo lo planteado anteriormente– resulta sumamente interesante, sobre todo ante la posibilidad de aplicar el análisis de fitolitos, muy volcado desde sus comienzos –según algunos autores en exceso<sup>42</sup>– en la familia *Poaceae*, como atestiguan los numerosos trabajos al respecto (Twiss *et al.*, 1969, Twiss, 1992; Piperno, 1985; Ollendorf & Mullholland, 1992; Miller, 1992; Madella *et al.*, 2004; Piperno, 2006; Gallego & Distel, 2004; entre otros).

Pero pese a que resultaría más complejo aunque también más completa una reconstrucción paleoambiental y arqueobotánica basada en la identificación de fitolitos no sólo de los tipos *Poaceae*, los primeros resultados indican que ese objetivo obliga a modificar la metodología empleada y sobre todo ampliar los estudios morfométricos sobre las especies vegetales que se pretende identificar en contextos geológicos, edáficos y arqueológicos<sup>43</sup>.

Sin embargo, la directa orientación de nuestro trabajo hacia aspectos propios de la Prehistoria de Canarias, empleando la herramienta de análisis microfósil, debía valorar la potencialidad explicativa de gramíneas en contextos muy antiguos, dado el alto conocimiento que se tiene de las mismas, así como de sus posibilidades reales de abordar –desde sus fitolitos– el estudio de la vegetación en contextos anteriores al Holoceno, como prontamente confirmarán Twiss, Page & Smith (1969). Obviamente esa posibilidad cierta de abordar el estudio de parte de la vegetación de una zona, dirige la metodología hacia el estudio de aquellos materiales que pueden albergar conjuntos fitolíticos, como los que pueden encontrarse en paleosuelos rubefactados y secuencias geológicas con mayor o menor grado de edafización. Que obviamente se ha revelado como práctica fundamental para indagar, de forma paleobotánica y arqueobotánica, en las secuencias reales de colonización vegetal del terreno volcánico y sedimentario de Las Cañadas en el tiempo.

A tenor de los resultados logrados con la confección y estudio de la *Colección Experimental de Referencia Fitoliteca 1*, y las dificultades planteadas para el seguimiento de plantas más emblemáticas y exclusivas de Las Cañadas, como las leguminosas de alta montaña y otras familias, como *Asteraceae* y *Boraginaceae*, el de las gramíneas se consolida como un estudio

---

<sup>42</sup> Los trabajos de Albert *et al.* (1999) y Albert & Weiner (2000) intentan compensar, desde sus inicios, el vacío existente en materia del estudio de fitolitos en especies no-*Poaceae*, dado que en el campo de aplicación de los mismos –secuencias de ocupación prehistórica del paleolítico medio e inferior– se requiere de una perspectiva de amplio espectro analítico que se involucre en la detección de elementos vegetales no pertenecientes a las gramíneas. Efectivamente, el estudio de tales secuencias reviste una especial importancia al de especies arbóreas, muy relacionadas con elementos socioeconómicos y culturales de tales poblaciones.

<sup>43</sup> Esta impresión surge de la experiencia de observar bajos porcentajes de biomineralizaciones silíceas en el grupo de las leguminosas de alta montaña, lo cual orienta la ruta microbotánica hacia otros grupos, como las compuestas (*Asteraceae*) cuyo potencial biomineral, sin ser tan elevado como el de las gramíneas, permitiría abordar incluso la evolución vegetal en los nuevos sustratos creados por la acción conjunta de volcanes y agentes atmosféricos.

factible y de amplio espectro informativo, aunque con las limitaciones ya propuestas por Twiss (1992), especialmente con respecto a la confección de lecturas paleoambientales basadas únicamente en ratios de aparición de determinadas morfologías de fitolitos.



**Figura 50**, Pastizales primaverales de *Arrhenatherum calderae* con ejemplares dispersos de *Adenocarpus viscosus* en los altos de la Cañada de Pedro Méndez. J.A.

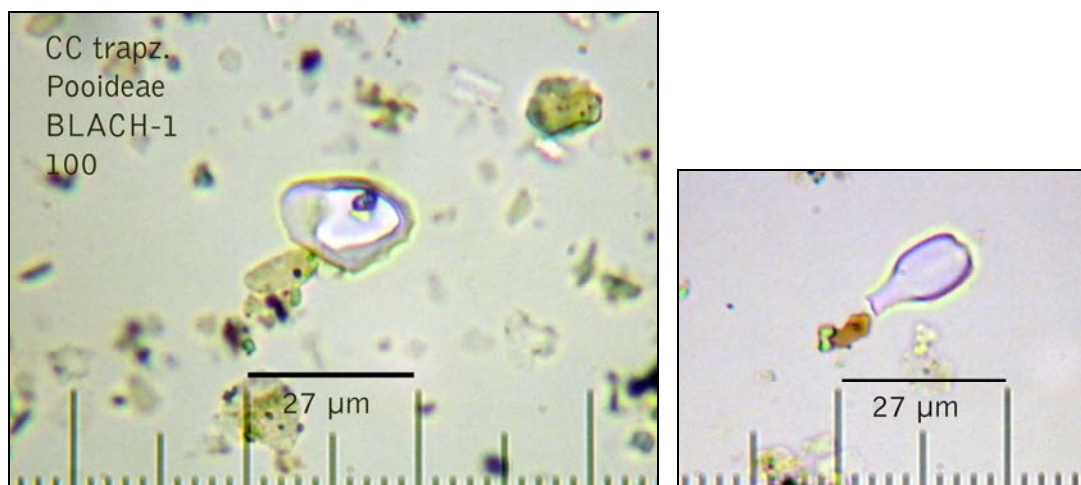
Y entre dichas morfologías podemos confirmar claramente la especial relevancia de los fitolitos de células cortas (*short cell phytoliths*), y en menor medida de las largas (*long cell phytoliths*), de las subfamilias *Poaceae* frente los fitolitos producidos por familias botánicas no-*Poaceae*. Efectivamente en su identificación en contextos muy antiguos no sólo interviene la ventaja de ser cuerpos silíceos masivos de pequeño tamaño (<50  $\mu\text{m}$ ), sino además el gran conocimiento del que se dispone en la actualidad sobre la variabilidad morfológica y morfométrica de las subfamilias *Poaceae*.

Efectivamente, como hemos podido comprobar, la mayoría de fitolitos de células cortas son muy resistentes ante procesos tafonómicos adversos<sup>44</sup>, en

<sup>44</sup> Los tratamientos experimentales de laboratorio y en concreto los que involucran uno tan radical como el de ultrasonidos, confirman que las células cortas junto con las sedimentación— daños en partículas que como las biogénicas (de origen biomineral vegetal y animal) deben poseer más o menos intactos sus rasgos básicos (morfométricos) para que sea posible su identificación como representantes de grupos morfológicos (morfología + ornamentación) ya conocidos y reconocidos de forma más o menos consensuada.

<sup>44</sup> Véase Capítulo de Resultados, Análisis de Perfiles litoestratigráficos de Las Cañadas, pp. largas de tipo buliforme, paralelepípeda y apéndices epidérmicos son altamente resistentes a la fragmentación, algo que puede extrapolarse a la inducida por causas naturales, como las que acontecen en los procesos edáficos y sedimentarios, cuyo dinamismo puede ocasionar —durante procesos como los de transporte y sedimentación— daños en partículas que como las biogénicas (de origen biomineral vegetal y animal) deben poseer más o menos intactos sus rasgos básicos (morfométricos) para que sea posible su identificación como representantes de grupos

concreto hacia la fragmentación, si exceptuamos los morfotipos bilobulados (*bilobate*, ICPN 1.0) o panicoides (*panicoideae short cells*, Twiss, 1992; Gallego & Distel, 2004) desarrollados –junto con algunos taxones *Chloridoideae*– por la subfamilia *Panicoideae*, que tienden a fracturarse por su zona central, dificultando en cierta manera su identificación. Ambos aspectos, tanto la veracidad de la presencia de células cortas de varias subfamilias *Poaceae*, como su integridad diferencial por las tipologías de fitolitos asociadas a las mismas, han podido ser ya evidenciados en contextos litoestratigráficos de Las Cañadas del Teide. Aspectos que quizás convenga ilustrar –de forma preliminar– con imágenes de dichos elementos, tal y como los hemos contemplado al microscopio (**Figuras 51 y 52**). Esto indica que las lecturas paleobotánicas sobre esta zona son posibles, empleando únicamente el potencial explicativo de las gramíneas, quizás convenga adelantar –introduciendo un matiz de inquietud– el dato de que algunos materiales de Las Cañadas, que probablemente pueden enclavarse en época pre-holocénica como los que componen buena parte del perfil litoestratigráfico BLACH-1<sup>45</sup>, han presentado en los análisis preliminares indicios de concretas células silicificadas descritas para la familia *Poaceae*. Parece por todo ello que el estudio de las morfologías fitolíticas *Poaceae* nos posibilita para indagar –al menos de forma preliminar– en el principal objetivo de nuestro trabajo: detectar evidencias microscópicas de origen vegetal para evaluar su potencialidad y carencias en el estudio de las particularidades de la sociedad aborígen en sus actividades en Las Cañadas del Teide.



**Figura 51** (Izqda.), Fitolito de célula corta *Pooideae*. **Figura 52** (Drcha.), Posible fragmento de fitolito de célula corta *Panicoideae*. Ambas observadas en muestras del Perfil BLACH-1, muy probablemente de cronología pre-holocénica. Ambas 600x. J.A

Pero obviamente tal detección nos permite informarnos de las particularidades del medio natural existente durante la etapa de permanencia en Las Cañadas de grupos humanos, siendo ambos protagonistas directos de un

---

morfológicos (morfología + ornamentación) ya conocidos y reconocidos de forma más o menos consensuada.

<sup>45</sup> Véase Capítulo de Resultados 5-II Análisis de Perfiles litoestratigráficos de Las Cañadas.



escenario muy peculiar. Pese a que los objetivos iniciales contemplaban que serían otros grupos vegetales, más emblemáticos y cuantitativamente más numerosos, los que nos permitirían el abordaje de tales cuestiones, resulta paradójico plantear como en una zona donde el medio vegetal jugó como sabemos un papel fundamental para su aprovechamiento humano, y de la que aun deseamos reconstruir su historia (natural y humana), ésta pueda ser reescrita orientándola fuera del habitual interés, proteccionista y a veces investigador, por otros grupos vegetales endémicos.

Es posible que la naturaleza, en esa enseñanza intemporal que la caracteriza<sup>46</sup>, nos ofrezca aquí una nueva oportunidad científica, aquella que permite superar planteamientos inmovilistas gracias al estudio de lo más simple (aunque en este caso no lo sea tampoco a nivel botánico), pero sí más perdurable en el tiempo, como podrían ser aquí (también) los fitolitos de gramíneas. Pero pese a lo esperanzador y ciertamente fructífero de dicha propuesta, la realidad científica<sup>47</sup> indica que harán falta amplios estudios, analíticos y de observación microscópica, para llegar a valorar en su justa medida los registros fitolíticos de suelos y sedimentos de Las Cañadas, con respecto a la historia natural de la vegetación de esta zona. Y luego intentar ponerlos en relación con la historia humana que, aunque mucho más tardía, supuso una drástica modificación del entorno vegetal.

#### **Subfamilia *Pooideae*.**

Por todo lo expuesto anteriormente, parece importante plantear que la subfamilia *Pooideae* haya encontrado un ambiente insular idóneo, donde pasan a constituir el 98% de los taxones *Poaceae* totales de los presentes actualmente en el área de Las Cañadas. Sin embargo, a nivel de mecanismo de fotosíntesis, no es de extrañar que sean estos taxones, que presentan anatomía foliar del tipo C3, los que allí han proliferado. Pertenecen a este grupo aquellas plantas que fijan el CO<sub>2</sub> mediante un ciclo Calvin normal, dando lugar a un ácido de tres carbonos (PGA).

Las plantas C3, en contraposición a las C4 que fijan el CO<sub>2</sub> en una forma de ácido de cuatro carbonos (el oxalacético), no se desarrollan en regiones con climas de temperaturas elevadas. Dicho tipo de anatomía foliar es una singularidad que permite que en Las Cañadas sean las gramíneas C3 las que predominan, ya que se trata de una variable ambiental sumamente importante para la vegetación. Como igualmente ocurre con las condiciones de baja humedad relativa —uno de los principales parámetros climáticos de la zona—, circunstancia que es perfectamente asumida por plantas que pueden adaptarse a las mismas, ahorrando agua mediante el cierre de sus células estomáticas. Todo ello pese a la certeza de que existen numerosas ventajas de las plantas C4 frente a las C3, entre ellas la de una mayor eficiencia fotosintética de las primeras basada en el cierre de sus estomas, lo cual favorece la oxigenación de la función enzimática de la rubisco, por escasa presencia de CO<sub>2</sub> en el mesófilo (Gabriel y Galán, 2002). Lo cual supondría la

---

<sup>46</sup> Desde el punto de vista de amplios ciclos temporales en comparación con la escala humana.

<sup>47</sup> Refiriéndonos en concreto a los estudios de fitolitos de cada especie, que requieren de una gran inversión de tiempo, y no tanto de medios, para su correcta descripción y clasificación dentro de una sistemática fitolítica, que aun cabe preguntarse cuál será para los fitolitos de las Islas Canarias.

principal ventaja de las gramíneas *Pooideae* en Las Cañadas, que allí —con abundantes microclimas pero su mayoría afectados por extrema sequedad edáfica y ambiental— han empleado bien su mecanismo de ahorro hídrico, reaccionando y adaptándose en tiempo y espacio a tal circunstancia, así como a la escasez de precipitaciones.

Pueden entenderse por tanto que la mayoría de plantas pertenecientes a esta familia lo sean de la subfamilia *Pooideae* y sólo dos, pertenezcan a otra distinta, como *Chloridoideae*. Lo que en resumen solamente confirma las conclusiones aportadas por el *Grass Phylogeny Group* (Kellogg, 2000; entre otros) sobre la subfamilia *Pooideae*, a la que no sólo pertenecen los cereales provenientes de Oriente Próximo, sino también hierbas propias de altas elevaciones tropicales y pastos templados del norte (Piperno, 2006).

Los silicofitolitos generados por gramíneas *Pooideae* son muy específicos de las mismas, tanto los de células cortas como largas, en especial porque gran parte de ellos presenta formas de diagnóstico taxonómico. En concreto sus células cortas son las que guardan mayores diferencias con otras subfamilias como *Panicoideae* y *Chloridoideae*. Estas células, en su mayoría de pequeño tamaño, presentan un eje longitudinal mínimo por debajo de las 10  $\mu\text{m}$ , no alcanzando, el máximo de éste, las 20  $\mu\text{m}$ . La descripción de Twiss (1992), posteriormente confirmada por Gallego & Distel (2004), indica que se trata de formas cortas circulares, rectangulares, oblongas, elípticas y en forma de luna creciente (*crescent moon*, Twiss, 1992). En este último caso también podría denominarse de forma reniforme (*reniform*, ICPN 1.0). Además, siguiendo a Brown (1984) habría que sumar algunas formas trapezoidales. Se trata en todo caso de un grupo claramente identificable, de pequeñas pero muy abundantes y masivas silicificaciones en los tejidos foliares de este grupo de gramíneas. No obstante, el estudio de las gramíneas de Las Cañadas del Teide ha puesto de manifiesto de una serie de fitolitos, en su mayoría pertenecientes a las hojas —como los de células cortas—, que pueden englobarse en la categoría de células largas y que hizo aconsejable la profundización en sus características.

Con respecto a los fitolitos de células largas, en concreto la designada como trapezoidal ondulada (*trapeziform wavy long cell phytolith*), se considera única de *Pooideae* y por tanto puede ser usada para reconocer a esta subfamilia (Brown, 1984).

Las formas de este tipo, localizadas a nivel experimental en las gramíneas *Pooideae* de Las Cañadas, ofrecen algunos ejemplos claros de células claramente identificables, como también lo son las grandes células largas dendriformes (*elongate and dendriform cells*, ICPN 1.0) presentes en *Arrhenatherum calderae*. Aunque posteriormente hemos reconocido la más modesta presencia de sus células cortas, que sin duda colaboran en identificar también el rastro microscópico dejado por otras gramíneas *Pooideae* presentes en la zona. Este es el caso de células cortas elípticas (*elliptical short cell*, ICPN 1.0) y redondeadas (*round short cell*, Gallego & Distel, 2004) cuya morfología tridimensional quizás responda más a la propuesta como células cortas trapeziformes (*trapeziform short cell*, ICPN 1.0). De las cuales se han localizado numerosos ejemplos en muestras de suelos y sedimentos arqueológicos de Las Cañadas.

Sin duda es *Arrhenatherum calderae* el principal representante de la subfamilia *Pooideae* en Las Cañadas, también a nivel de estudios paleoambientales puesto que se le considera un endemismo de la zona.

### Subfamilia *Chloridoideae*.

Por su parte la subfamilia *Chloridoideae* presenta características de dispersión biogeográfica y ecológicas muy diferentes a *Pooideae*, pero también un nivel de organización más complejo, al que pertenecen hasta ocho tribus (Ellis, 1987, citado por Twiss, 1992). Se trata de una subfamilia altamente representada en las regiones áridas de África, Australia e India; propia de zonas con época de lluvias estivales, o en aquellas donde no se distingue estación húmeda. Según cita Twiss (1992), Hartley & Slater (1960) indican que las especies *Chloridoideae* son muy comunes en zonas donde la temperatura mínima, del mes más frío, siempre es superior a 10°C. Efectivamente no podemos decir que se trate, al contrario que *Pooideae*, de una subfamilia “europea” con respecto a las Islas —pese a que tal denominación en éstas deba como mínimo matizarse<sup>48</sup>—, ya que el límite mínimo de diversidad de estas especies se sitúa aproximadamente a la latitud del Archipiélago Canario. La anatomía en *Chloridoideae* es del tipo C4 y Kranz, lo incluso determina diferencias importantes también en las silicificaciones presentes en uno y otro lado de las hojas. Las plantas con anatomía de tipo Kranz presentan una configuración foliar peculiar, “en corona”. Su aspecto más destacado es que las células de la vaina no están en contacto directo con la atmósfera, sino que aparecen separadas por cámaras subestomáticas en el mesófilo (Gabriel y Galán, 2002).

Las repercusiones aportadas por esta especial anatomía, al ciclo del CO<sub>2</sub>, tiene como resultado un mecanismo vegetal sumamente eficaz —en términos de funcionamiento de la fotorrespiración— frente a las plantas C3, al menos en las condiciones ambientales donde se desarrollan las primeras, siempre regiones de clima con temperaturas elevadas. Según Gabriel y Galán (2002) se ha planteado que a partir de 30°C la eficiencia fotosintética de las plantas C4 es superior a las de tipo C3. Tratándose por ello de un grupo de plantas muy bien adaptadas a climas tropicales y subtropicales, con altas temperaturas e insolación, pero limitada disposición hídrica. Por todo ello podemos concluir que se trata de un grupo de gramíneas cuyos requisitos ambientales no concuerden con los existentes en la actualidad en Las Cañadas, al menos en cuanto a temperatura media, aunque sí responderían bien ante los de insolación y aporte hídrico.

En Las Cañadas los taxones de *Chloridoideae* se limitan sólo a 2 (Wildpret & Martín, 2000), que en el inventario LEDS (Aceves *et al.*, 2004) son considerados como especies introducidas en Canarias. Los dos taxones recogidos por los primeros autores son *Chloris truncata* R. Br. y *Cynodon dactylon* (L.) Pers., que probablemente —en función de sus requisitos medioambientales— tengan una reducida representación en la zona de Las Cañadas. De hecho ninguna de las dos especies han podido ser localizadas allí durante las labores de prospección<sup>49</sup>. Por ello la aproximación a su contenido

---

<sup>48</sup> Especialmente a nivel geográfico.

<sup>49</sup> Aunque dichas tareas de campo han seguido, entre 2000-2012 objetivos diferentes, enmarcados unas veces en cuestiones arqueológicas, otras edáficas y botánicas, la

microscópico ha debido hacerse recurriendo a los residuos experimentales de referencia, procedentes de plantas patronas (Fitoliteca<sup>1</sup>) y correspondientes a una gramínea del género *Chloris*, que en este caso fue *C. gayana* (taxón Martiánez). En el caso de *C. dactylon* su disponibilidad es más amplia, dado que se trata de una gramínea totalmente cosmopolita y común. El estudio de ambas, nos ha permitido evaluar sus células silicificadas con el fin de poder reconocerlas en contextos de Las Cañadas del Teide. En el primer caso se trata de un género poco representado en las Islas, tanto como para únicamente serlo en la de Tenerife (con *Chloris gayana* y *C. truncata*) y entre otras zonas en Las Cañadas, al menos en la segunda especie. Respecto a la primera especie, su área de distribución es propia de cotas más bajas, costeras, como en el caso analizado para llevar a cabo los estudios de biomineralizaciones, recolectado en la zona de Martiánez<sup>50</sup> (Puerto de La Cruz).

Este hecho sin duda viene derivado por la escasa representación global de *Chloridoideae* en las Islas que presenta sólo 9 géneros, de los cuales ningún taxón es considerado nativo ni endémico. En Las Cañadas, el hecho de ser citadas dos especies *chloridoideae* por Wildpret & Martín (2000), ha motivado el profundizar en su estado silvestre, llegando a la conclusión de que ambas son de muy limitada expansión, siempre circunscrita a determinados ambientes muy antropizados, e incluso difíciles de localizar para el caso de *Chloris truncata*<sup>51</sup>.

Por su parte *Cynodon dactylon* —conocida en muchos lugares como *grama*— es una pequeña pero resistente gramínea, cosmopolita, perenne, de desarrollo por estolones largos y rizomas, propia de lugares secos e incluso pisoteados, agrícolas como los viñedos o urbanos y costeros. De origen subtropical, en el sur de Europa se la encuentra precisamente asociada a plantas resistentes al pisoteo, estabilizadora de la arena y que puede incluso segarse (Klapp, 1987). De hecho es empleada para formar céspedes resistentes a nivel doméstico. En Canarias se la considera una planta introducida e invasora, presente en todas las Islas (Aceves *et al.* 2004), lo cual limita la idea de emplear sus fitolitos para localizarla en contextos muy antiguos de las mismas, entre ellos lo de tipo arqueológico. Sin embargo en este caso, como en otros, creemos que las catalogaciones actuales de plantas aun deben asumir la información aportada por la investigación paleo y arqueobotánica, dado que no contemplan los cambios paleoambientales y las amplias repercusiones que éstos han tenido sobre la flora local.

Sobre este aspecto debe destacarse la información aportada por los fitolitos presentes en las gramíneas *chloridoideae*, que si bien se encuentran representados mayoritariamente por células cortas “tipo-silla de montar”

---

importancia de conocer todos los aspectos que involucran la prehistoria de Las Cañadas del Teide, ha motivado que se recogieran todos los datos posibles del contexto de cada evidencia buscada y registrada, fuese del tipo que fuese. Ello ha permitido que el apartado botánico se viese muy favorecido durante las tareas de campo, pues se registraban todas las observaciones —respecto a la flora— realizadas en cualquier zona de Las Cañadas que se visitase.

<sup>50</sup> Desde material herborizado en los fondos del Jardín de Aclimatación de La Orotava (Puerto de La Cruz, Tenerife).

<sup>51</sup> E. Carqué, 2010, Com. Pers.

(*saddle-type*<sup>52</sup>), características de esta subfamilia, igualmente han sido interesantes por presentar células buliformes (*bulliform cuneiform cell*, ICPN 1.0) o células tipo arco-trianguulares (denominadas *arc-triangle* o bajo la forma *A:T* por Bowdery, 1998) que presentan características de diagnóstico, ya estudiadas por Houyuan *et al.* (1997) y que confirman la posibilidad de discriminar entre especies *Poaceae* con producción de dicho tipo de células buliformes.

A nivel ambiental, tanto del pasado como presente y futuro –respecto a la idea de que los taxones *Chloridoideae* podrían dejar constancia microfósil de su presencia en Las Cañadas– parece corroborarse la lectura de que sus condiciones actuales ofrecen limitaciones a su expansión, quizás más circunscrita –en la Isla de Tenerife– a bastante menor altitud, donde se alcanzarían mayores temperaturas medias, pero manteniéndose los parámetros de humedad edáfica e insolación. Aquí debe destacarse que la limitación de *Chloridoideae* se ve compensada con el amplio desarrollo de *Pooideae*, observándose un esquema florístico –en cuanto a la familia *Poaceae*– que en esta última refleja una lógica adaptació al riguroso clima de Las Cañadas.

### Otras subfamilias *Poaceae*

#### Subfamilia *Panicoideae*

La subfamilia *Panicoideae* es un buen ejemplo de la necesidad de conocimiento preliminar, o dada la repercusión en nuestra investigación en ese aspecto, quizás convenga mencionarlo como *conocimiento de referencia*. Tal es el caso de esta subfamilia, que presenta especiales características botánicas y ecológicas, en concreto porque a ella pertenecen tanto taxones con anatomía C4 (mayoritarios) como C3, que se distribuyen en dos supertribus (*Andropnoda* y *Panicoideae*), y en este último caso es al que pertenecen géneros que desarrollan ambos mecanismos fotosintéticos (Twiss, 1992). Con respecto a las dos anteriores familias, *Panicoideae* presenta una amplísima distribución mundial, si bien ésta se encuentra concentrada en las regiones tropicales y subtropicales. El hecho de que su máxima diversidad se localice en India y Malasia, ofrece una clara idea de sus preferencias medioambientales, lo cual ocurre igualmente en América central, ocupando –hacia el sur– buena parte de las selvas tropicales, aunque se aprecia que es, en el hemisferio oriental, donde se produce una mayor concentración de especies (Hartley & Slater, 1960).

A esta subfamilia pertenecen géneros como *Panicum*, *Allopteroopsis*, *Neurachne* y *Sorghastrum*, entre otros). A nivel de especies domesticadas, lo son algunas tan emblemáticas como el millo/maíz (*Zea mays*), el sorgo (*Sorghum* sp.) y la caña de azúcar. Para Canarias pueden identificarse también algunas especies que permitirían evaluar varios aspectos sobre la dinámica del clima y el medio vegetal, y por derivación –tras su conocimiento– el posible papel jugado en la explotación de éste último por

---

<sup>52</sup> Tanto el término anglosajón como español deberían estar en desuso, ya que las nuevas propuestas de nomenclatura y clasificación tienden a limitar este tipo de conceptos, por su ambigüedad y nula definición geométrica. No obstante, hasta la existencia consensuada de un término que lo sustituya seguimos denominándolo con su vocablo más conocido: tipo *saddle*.

los aborígenes canarios (en sentido amplio). Pero para ello se hace necesario igualmente acceder al criterio de flora nativa, diferenciando taxones que se consideren, con seguridad, introducidos. Efectivamente, de los 26 géneros *Panicoideae* descritos en las Islas ninguno se considera nativo (Aceves *et al.*, 2004), por lo cual la selección de posibles taxones pertenecientes al mismo, con posibilidades de responder a cuestiones sobre el paleoambiente de Canarias, debe orientarse hacia la entidad ecológica de algunas especies pertenecientes a este género.

Una de ellas es *Imperata cylindrica*, que ejemplifica perfectamente las preferencias *Poaceae-Panicoideae*, en este caso como propia de ambientes de zonas áridas, con temperaturas elevadas y sequedad ambiental. Tal y como se cita en el apartado de plantas patronas (Cap. Resultados 5-1) la entidad de la especie en Canarias pasa por considerarla como introducida

Otra de ellas, quizás con mayores probabilidades de ser estudiada a nivel paleobotánico y arqueobotánico, es *Hiparrhenia hirta*, una pequeña gramínea, amacollada y con preferencias por suelos áridos, considerada nativa con seguridad y presente en todas las Islas, comúnmente conocida como “cerrillo”.

Hubiese sido de gran ayuda el conocimiento adquirido (de forma experimental) sobre la especie *Arundo donax*, sin duda la gramínea de mayor porte existente en las Islas Canarias, así como de muchas zonas de la cuenca mediterránea y buena parte del resto de Europa, ya que presentando células cortas de tipo bilobulado (*bilobate*, ICPN 1.0) o panicoides (Twiss, 1992) no pertenece a la subfamilia *Panicoideae* sino a *Arundinoideae*. Pero a *Arundo donax* se la considera, de forma más o menos consensuada, como una gramínea introducida en Canarias, pese a que no parecen haber evidencias claras de sus momentos de introducción en las Islas. Como ya hemos mencionado, la impresión general es que llega en época moderna, desarrollándose de forma espectacular no sólo por su propio carácter intrusivo, sino por la mediación antrópica en tal proceso, ya que sus tejidos aéreos —e incluso su propia formación como cañaveral— tienen muchos usos domésticos y agrícolas<sup>53</sup>.

Pese a que ambas especies se encuentran en Canarias, es en el primer caso donde aun no se halla resuelta su situación como planta nativa o introducida, aunque la mayoría de botánicos parecen decantarse por la última opción. Pero a nivel arqueobotánico ésta no es del todo definitiva. La caña parece llevar mucho tiempo en Canarias, sin que se sepa bien la secuencia de su llegada, que en virtud de las opiniones consultadas, se retrotrae únicamente a época moderna. Aunque una cosa es cierta: su desarrollo se mantiene en la actualidad propiciada por su capacidad para ocupar los paquetes de aluvión de antiguos cauces de barranco y redes de drenaje agrícolas. Como bien

---

<sup>53</sup> Ya he comentado en otros apartados de esta Tesis la opinión al respecto del Dr. A. Santos (Jardín de Aclimatación de La Orotava), para quien existe una clara relación entre la presencia de *Arundo donax* y *Phragmites australis*, esta última una gramínea similar a la primera pero con diferentes requisitos de humedad edáfica. Y para la cual planteamos un estatus de planta autóctona más que introducida, a la que *A. donax* habría desplazado (quizás desde tiempos modernos) en aquellos contextos ambientales no-limitantes para la misma, como son tierras del interior sin presencia de agua salada o cierto grado de salinidad.

puede observarse en la vega de la ciudad de La Laguna (**Figura 463**). Por el momento ninguna de ellas aparece reflejada en los inventarios de Las Cañadas, como ocurre con el resto de especies *Poaceae-Panicoideae* de Canarias. Como se verá a nivel microfósil el registro de suelos y materiales geológico de esa zona aportan datos diferentes a esta percepción botánica y ecológica, al menos en cuanto al panorama paleobotánico de la misma.

### ¿*Arundinoideae*?

La subfamilia *Arundinoideae* no parece poder asociarse hoy a Las Cañadas del Teide<sup>54</sup>, como tampoco parece poder hacerse a nivel nativo al Archipiélago Canario, aunque como exponemos en varios apartados de esta Tesis, tal lectura debería matizarse al menos para la especie *Phragmites australis*. Ya que en función de los estudios realizados con sedimentos de varios yacimientos aborígenes de las Islas, su presencia es al menos coetánea de los mismos<sup>55</sup> (Ver Capítulo de Análisis Microfósil de La Cerera). Pero para el caso de Las Cañadas del Teide resulta muy complejo aun hablar de la posibilidad de su desarrollo en la zona, incluso a nivel paleoambiental. La reservas derivan en este caso de las propias características de unas plantas ligadas a ambientes húmedos de zonas costeras y medianías, al menos en la cuenca mediterránea y buena parte de Europa.

Las especies englobadas en *Arundinoideae* se dividen, a su vez, en tres tribus: *Arundineae*, *Danthoniae* y *Cortaderideae* (Twiss, 1992), pero además otros autores incluyen las tribus *Aristideae*, *Centheceae*, *Ehrharteae*, *Lygeae*, *Thysanolaeneae* y *Steyermarkochloaeae*. No se trata, sin embargo, de una subfamilia que debamos obviar, aunque en la zona que nos ocupa deba cuestionarse su presencia, dado que en la actualidad el ámbito de desarrollo de los géneros botánicos pertenecientes a esta subfamilia difiere en mucho con las condiciones imperantes en Las Cañadas del Teide. Pero la cuestión de los cambios ambientales durante el Cuaternario —y no exclusivos de este periodo— reviste gran importancia, ya que podría ofrecernos tantas novedades como para movilizar el cierto anquilosamiento investigador instalado en torno a la flora de Las Cañadas, cuando ésta es percibida como un prístino entorno donde se ha alcanzado el nivel climático gracias al proteccionismo medioambiental. Algo que en términos y concepto de cambios asociados a los tiempos prehistóricos queda completamente minimizado. Por ello, una hipótesis totalmente embriagadora (en términos de investigación prehistórica) sería la de plantear que en las Cañadas del Teide, las mismas que conocemos bajo un régimen climático extremadamente particular, con veranos tórridos e inviernos que pueden llegar a ser muy severos —con bajas temperaturas y otros agentes atmosféricos muy asociados a inviernos continentales— podrían haber pasado por periodos más cálidos y húmedos que los actuales, donde habrían resultado modificados sustancialmente los conjuntos florísticos con respecto a los que hoy conocemos. De tal modo que se habrían producido oscilaciones climáticas tan acusadas como atemperar aun más la estación estival e invernal e incluso aumentar —y eso sí que sería un cambio sustancial con las condiciones actuales— el grado de humedad relativa media, parámetro

---

<sup>54</sup> De hecho no figura ningún taxón en el inventario de Wildpret & Martín, 2000.

<sup>55</sup> Ver Capítulo de Análisis Microfósil de La Cerera, Resultados 5-II.

excepcionalmente bajo con respecto a cotas inferiores, especialmente con las de medianías.

La subfamilia o tribu *Stipeae* ha debido ser tenida en cuenta en la relación *flora-fitolitos* pese a únicamente presentar tres especies en Canarias, pero una de ellas *Stipa capensis*, clasificada como nativa probable se encuentra representada en todas las Islas. Su importancia radica en presentar, en sus tejidos foliares, morfotipos fitolíticos de células cortas del tipo bilobulado (*bilobate*, ICPN 1.0) o, como citan Gallego & Distel (2004) *Dumb-bell* (forma de mancuernas). Estas formas, características de la subfamilia *Panicoideae*, también se localiza en *Stipeae*, aunque con algunas particularidades morfométricas que permiten su reconocimiento, como citan Gallego y Distel (2004) refiriéndose a los dos tipos de bilobulados que diferenciaban Fredlund & Tieszen (1994), como *Tipo Stipa* y *Tipo Panicoide*. El hecho de la presencia de *Stipa capensis* en toda Canarias aconseja por tanto su estudio y seguimiento. Se trata de una gramínea común en la región mediterránea meridional, anual, de hasta 75 cm. de alto, que prefiere suelos básicos con cierta humedad. Pese a que su utilización es limitada a las industrias que pueden realizarse con sus tallos, en el caso de la del “esparto” con *Stipa tenacissima*, no cabe duda de que en el estudio de las células cortas de tipo bilobulado, que hacen referencia expresa a *Panicoideae*, deben guardarse las precauciones morfométricas que permitan averiguar si en realidad no estamos ante silicificaciones de alguna especie *Stipeae*.

Dentro de *Arundinoideae* se localizan dos especies especialmente importantes para nuestro estudio, aunque con manifiestas dificultades para ser reconocidas en contextos de Las Cañadas y menos en la zona arqueológica de La Cerera y suelos del norte de Gran Canaria. Una de ellas ya sido citada y es *Arundo donax*, popularmente conocida como “caña” y muy extendida por zonas de barrancos. La otra es *Phragmites australis*, conocida como “carrizo”, una gramínea muy similar a la anterior que puede presentar —según subespecies— el mismo porte que *A. donax*, pero sobre todo destaca porque sus requerimientos ambientales, especialmente los hídricos y edáficos la diferencian de aquella. El estatus de ambas no está en absoluto claro para los botánicos de las Islas, debatiéndose si se trata de plantas nativas o introducidas, especialmente en la primera de ellas. Su importancia radica en que su detección —o mejor la de sus células silicificadas— hace referencia a unas condiciones ambientales propias para el desarrollo de plantas con anatomía del tipo C3.

No obstante, en cuanto a los aspectos paleoambientales que aportaría la identificación de una subfamilia u otra, en determinados niveles edáficos y arqueológicos, podría indicarnos cambios en la distribución de las mismas en el tiempo geológico de Las Cañadas, aspecto que nos permitiría abordar —desde el registro de fitolitos Poaceae— la historia natural de las mismas y, por derivación, de los procesos que permitirán que se convierta, en el tiempo, en verdadero paradigma de la explotación de la escasa, pero no por ello menos importante, zona de alta montaña de Canarias.

#### **Selección de un paradigma microfósil y paleobotánico: *Arrhenatherum calderae*.**

El hecho de que *Arrhenatherum calderae* sea, de los endemismos propios de Las Cañadas el que presenta en la actualidad una notable expansión, ha



propiciado su selección y estudio pormenorizado. Pero lo ha sido especialmente por tratarse de una gramínea y por tanto con alto grado de silicificación –de diagnóstico en algunos casos– en sus tejidos aéreos y en concreto en sus hojas. Tal consideración y sobre todo que la consideramos una “planta antigua” en el contexto de Las Cañadas, supone dotarnos de un parámetro de referencia microfósil para ser utilizado allí donde los registros de ese tipo, derivados de plantas no-*Poaceae*, escaseen.

Se trata sin duda de una especie *Poaceae* nativa, que habría protagonizado en el pasado la colonización gradual de los jóvenes y escasos suelos de Las Cañadas. Y lo haría aprovechando su metabolismo, propio de una planta de tipo C3, para extenderse por un ambiente del que poco sabemos con exactitud, salvo que sin duda estuvo sujeto, desde hace unos 200 ka, a una configuración drástica del paisaje existente hasta esas fechas, en lo que conocemos como la zona de cumbre central de la isla de Tenerife (Carracedo *et al.*, 2003).

Intuimos, y por ello los esfuerzos actuales en profundizar en el tema (Criado, 1990; entre otros), que esa nueva zona geográfica, creada después de esas fechas por causas catastróficas, estuvo también sujeta a oscilaciones climáticas y, por derivación, biológicas. Como en otros contextos biogeográficos, los organismos colonizadores desarrollaron mecanismos suficientemente flexibles como para afrontar notables cambios paisajísticos y otras realidades naturales diferentes a las anteriores, como ocurrirá muy posteriormente también con los procesos antrópicos, en el caso de haberse producido tales oscilaciones y respuestas biológicas –de forma poco probable– durante el periodo de colonización humana de la zona. El desconocimiento de tales procesos es el que probablemente constituye un mayor acicate para intentar organizar estructuras de datos y lecturas en torno a su definición. Unos de ellos son los aportados por la paleovegetación zonal, sin duda profundamente afectada por los cambios en la remodelación del paisaje y probablemente también del clima en tiempo y espacio. Hoy sabemos que la vegetación puede dejar rastros indelebles en ambientes sedimentarios y secuencias edáficas, y por tanto la primera labor es su localización y estudio pormenorizado.

El hecho de que en Las Cañadas existan en la actualidad hasta 30 taxones *Poaceae* y conociendo su espectacular producción en silicificaciones, muchas de ellas de diagnóstico, se abre la puerta para profundizar en aquellos procesos que colaboraron en generar formaciones vegetales que, en el tiempo, se relacionaran con determinados procesos antrópicos, éstos de honda significación en la totalidad de las culturas aborígenes de Tenerife hasta cotas que comenzamos a conocer desde los primeros momentos de la investigación arqueológica en la zona.

En todo caso la especie *Arrhenatherum calderae* podría ser una de las que protagonizará la colonización del “nuevo espacio-Cañadas” cuando existieron condiciones ambientales propicias para ello, no sólo climáticas sino también edáficas y geológicas. No podemos afirmar, en virtud del conocimiento actual de las especies primocolonizadoras, que las gramíneas (*Poaceae*) fueran las primeras en obrar como tales. Efectivamente otros grupos vegetales podrían haberse adelantado, al presentar requisitos incluso más bajos de habitabilidad que las gramíneas, caso de las compuestas (*Asteraceae*),

concretamente por reunir amplios requisitos en este sentido; la magarza del Teide, a la que puede observársela colonizando sustratos donde aun casi es imperceptible su componente edáfico (A. Santos, 2010, Com. Pers.).

De todo el repertorio de plantas de Las Cañadas, ésta es la única familia botánica que hubiera permitido una explotación con fines alimenticios, dado que desarrolla una incipiente semilla que obviamente confirma su pertenencia a la subfamilia *Pooideae*, a la que pertenecen los cereales más comunes de la cuenca mediterránea y Europa (trigo, cebada, etc.).

### **La cuestión de la evolución vegetal en Las Cañadas del Teide, aspectos arqueobotánicos y el análisis de fitolitos.**

Obviamente, pese a que el resto de subfamilias *Poaceae* no aparecen recogidas dentro de los catálogos florísticos existentes, nuestra labor obliga a contemplarlas como de posible aparición –sus restos y en este caso fitolitos– en contextos naturales (edáficos y geológicos) donde pudieran haberse depositado tales partículas, fruto de un desarrollo florístico que desconocemos. Entramos por tanto en la necesidad de conocer otras familias que podrían aportarnos mayor grado de confianza, sobre todo tratándose de un estudio de fitolitos en contextos de la Prehistoria, tanto natural<sup>56</sup> como arqueológica. Y obviamente ya en el campo de la paleobotánica, asumiendo en parte las ideas planteadas en la cita que precede este subcapítulo, recogidas por Darwin en *El Origen de las especies* (2002), se presta suma importancia al concepto de *cambio*, tanto en términos geológicos y biológicos, como posteriormente lo serán los de índole antrópica, porque tampoco son ajenos a los anteriores, hacemos referencia a lo planteado por Wildpret & Martín (2000) sobre los cambios de la flora y el paisaje locales, en función de los importantes procesos geológicos que ha sufrido la zona de Las Cañadas en el tiempo:

*Si tomamos como fecha de la culminación de la edificación de Las Cañadas hace 600.000 años (Abdel-Monen, 1972), los procesos de colonización biológica pueden considerarse como recientes. Según la teoría del Deslizamiento Gravitacional existió un edificio volcánico que pudo alcanzar los 5.000 m.s.n.m., cabe entonces suponer que las condiciones ambientales fueran muy distintas. Con esta variación de estructuras y relieve unido a las condiciones climáticas asociadas a una alta montaña, también es razonable deducir, por tanto, un piso de vegetación que albergara una flora endémica de carácter mediterráneo de alta montaña. La dinámica de vaciamiento de la cámara magmática y el posterior deslizamiento de estos materiales hacia el mar, pudo arrastrar consigo formas de vidas que en la actualidad desconocemos.*

En tales apreciaciones –que indudablemente suponen una posibilidad para el análisis de fitolitos en contextos antiguos de Tenerife– cabría plantear igualmente el desarrollo geológico de Las Cañadas después de la desaparición del Volcán Las Cañadas (Carracedo *et al.* 2007), ya que durante el Cuaternario la actividad del conjunto Teide-Pico Viejo seguirá limitando las

<sup>56</sup> Asumiendo periodos en los que existiendo poblaciones enclavadas en la Prehistoria, éstas no llegaría a las Islas como mínimo hasta principios del I milenio a.C. Por ello nos ha parecido, dado el desconocimiento actual sobre el tema emplear la expresión *Prehistoria no habitada* del Archipiélago y de la isla de Tenerife en particular.

condiciones naturales para el desarrollo de la vegetación en la zona. Y en todo caso colaborando en generar forzados ejemplos de adaptaciones biológicas, en las cuales habría que plantearse si las plantas que hoy conocemos son el total de las presentes desde hace  $\pm 30$  ka. Asumiendo máximas como la ya citada y perteneciente a Darwin, no sólo habría que considerar los cambios geológicos y de drástica modificación geográfica, sino un parámetro tan fundamental como el *clima*.

Tanto durante el proceso de desaparición del Volcán Las Cañadas —hace más de 200 ka— como durante la fase de mayor actividad del conjunto Teide-Pico (entre 10 ka y  $\pm 2$  ka), las condiciones paleoclimáticas ofrecían sin duda parámetros diferentes a la actualidad, donde incluso podría hablarse de alguna repercusión de anomalías climáticas a pequeña escala —en contraposición de otras de mayor envergadura como los ciclos Dansgaard/Oeschger— de la Pequeña Edad del Hielo (*Little Ice Age* o LIA)). Anomalías, cambios o verdaderos ciclos de variaciones climáticas detectados en columnas sedimentarias del Atlántico norte, depósitos glaciares, suelos (Chaline, 1982) e incluso cuencas lacustres de la Península Ibérica (Luque, 2003) que confirman variaciones sustanciales en el clima del planeta durante el Cuaternario.

El conocimiento que tenemos de tales variaciones, al menos de las más acentuadas —como la existencia de álgidos muy fríos— sobre las Islas Canarias es muy limitado, restringiéndose a plantear la existencia de evidencias periglaciares en zonas como Las Cañadas, donde aspectos como los suelos poligonales (Martínez & Quirantes (1978), las coladas solifluídicas y los depósitos de arenas eólicas (Criado *et al.*, 2009) parecen confirmar la repercusión —estimada como poco acentuada— de los procesos climáticos cuaternarios en esa zona de Tenerife. En ese escueto abanico de estudios no existe ninguno que aun aborde la cuestión paleobotánica, al menos más allá de lo que los resultados arqueológicos pueden aportarnos, caso de los análisis antracológicos de Machado & Galván (1997) realizados con los carbones de la estructura de combustión del yacimiento de Chafarí (Las Cañadas, sector SW). Como preámbulo de lo que podría ser incidir en esa problemática, ofrecemos —en esta tesis— algunos datos preliminares desde el análisis de fitolitos y otros microfósiles sobre suelos, paleosuelos y perfiles litoestratigráficos de Las Cañadas.

Pero si de algo puede caracterizarse la zona de Las Cañadas, pese a su relativa estaticidad —sólo fruto de una percepción actualista y de generaciones vivas que las contemplan en estos años— es de dinámica, en tiempo y espacio. Nada puede decirse de cómo se van a comportar de aquí en adelante, aunque obviamente la investigación científica se encuentre hoy en situación de evaluar riesgos desde el conocimiento adquirido, centrado en las características del vulcanismo local e insular (Carracedo *et al.*, 2003; 2007). Se trata éste del primer factor modelador —incluso a escala temporal de pocos días— de la zona, con repercusión no sólo en las vidas de los que fueron los primeros habitantes de Las Cañadas, sino también de los que lo fueron con posterioridad (Carracedo, 2007).

Efectivamente, y atendiendo a los datos absolutos aportados por estos trabajos, la actividad volcánica de la zona de Pico Viejo —donde parece centrarse en los últimos 20 ka— debió no sólo transformar el paisaje

(geológico y biológico) sino las actividades que las poblaciones del momento podían desarrollar en Las Cañadas. Erupciones como las situadas entre 663-943 d.C. ( $1240 \pm 60$  años BP, cal  $1147 \pm 140$ ), que afectaron al propio edificio del Teide y sin duda impactaron frecuentemente en las actividades y consciencias de los guanches, aunque desconocemos en qué aspectos concretos. Parece lógico pensar en que si por entonces Las Cañadas ya eran territorios de captación de recursos, el impacto de las erupciones volcánicas podría haber modificado incluso su ejecución durante los meses estivales. Esto fue lo que pudo ocurrir varias ocasiones en la secuencia prehistórica de Tenerife, como lo será en la histórica. En algunos casos, como ocurre con el volcán de Boca Cangrejo (1430-1496, con carbones datados en  $350 \pm 60$  BP, cal  $405 \pm 115$ ) se ha sugerido que fueran incluso las observadas por Colón cuando regresaba de La Gomera a Gran Canaria, la noche del 24 de agosto de 1492 (Tejera, 2002; Carrera, 2003), antes de finalizar la conquista de la Isla, cuando probablemente sólo restaban algunas décadas para el verdadero ocaso de la ocupación aborigen de Las Cañadas. Sin embargo, entre las afirmaciones de los estudios geológicos y arqueológicos, optamos por hacer prevalecer las opiniones de los segundos, atendiendo a las evidencias de este tipo en la zona. Lo cual no impide una conjunción real de datos e interpretaciones y por tanto ofrecer respuestas más contrastadas sobre un mismo aspecto. Pero en definitiva la coexistencia de fenómenos volcánicos y actividades aborígenes es una cuestión que aun debe abordarse de forma más interdisciplinar<sup>57</sup>.

Sin duda, pese a la entidad de la “cuestión geológica”, otra que deriva de la misma en algunos momentos —y que nos atañe especialmente— por a menudo representar el papel de la vida en entornos mutables de forma más o menos drástica, es precisamente la “cuestión biológica” y por derivación la paleobiológica, representada por restos de antiguas plantas y en concreto fitolitos de las mismas. Porque ¿qué significado puede tener en nuestro trabajo, en el propio conocimiento de la historia natural y humana de Las Cañadas, las variaciones geológicas y biológicas?, pues la respuesta es que casi todo. Desde nuestra perspectiva puede entenderse e interpretarse parcialmente la historia de los guanches en el Teide haciéndolo primero con la del paisaje, el medio vegetal, geológico, sedimentario y porqué no edáfico, ya que es en los paleosuelos sellados por coladas y depósitos freatomagmáticos donde pueden encontrarse vestigios de la flora que logró prosperar durante las secuencias donde los procesos erosivos —en cierta manera destructivos— predominaron sobre los constructivos.

Tal y como se ha puesto de manifiesto mediante el estudio, y sobre todo datación, de restos vegetales insertos en paleosuelos de este tipo localizados en varias zonas del norte de Tenerife y en algunos casos en el rift NO de la Isla (Carracedo, 2007), es posible llegar a evaluar el aspecto biológico —en este caso paleobotánico— si se analizan dichos paleosuelos con una metodología de reconocimiento y valoración microfósil. Siendo en concreto el de fitolitos uno de los que cumple perfectamente —aunque con las limitaciones que la producción vegetal impone desde la propia capacidad

---

<sup>57</sup> Especialmente si nos atenemos a la importancia de los registros arqueológicos de Las Cañadas y zonas cercanas, cuya complejidad indica la imposibilidad de que la actividad volcánica en las mismas haya sido posterior a la creación de dichos registros.

para desarrollarlos— con ese objetivo, hacia el cual nos hemos dirigido buscando precisamente los desarrollados por las gramíneas (*Poaceae*).

Creemos que existe una razonable e indudable vía de comunicación científica entre los planteamientos relacionados con el paleoambiente (geológico y biológico) y el análisis de fitolitos, la cual es posible abordar mediante el estudio de las secuencias geológicas y edáficas, que nos remiten a periodos formativos del paisaje de Las Cañadas. En ese contexto pueden enclavarse algunos trabajos sobre dataciones absolutas en contextos arqueológicos (Soler *et al.*, 1992) y ahora los realizados —y parcialmente expuestos en esta tesis—, sobre materiales edáficos de la zona del Barranco de La Arena, Llano de Ucanca y Valle de Chafarí. En nuestro caso nos ha permitido analizar materiales geológicos pertenecientes al corte denominado BLACH-1 y el segundo al potente paquete edáfico, de origen endorreico, existente en el Llano de Ucanca (Perfil R-18). Por el contrario el tercero se basa en las lecturas realizadas en la estructura de combustión del yacimiento arqueológico de Chafarí, que paradójicamente representa los materiales más recientes de la zona<sup>58</sup>, pese a estar relacionados con la presencia humana más antigua en la misma. Y en concreto en los microfósiles vegetales representados en los niveles de su estructura de combustión.

Y finalmente, con ese mismo propósito, se analizaron las muestras edáficas pertenecientes al perfil Chafarí-I, realizado en la zona central del Valle de Chafarí, donde fue posible alcanzar una profundidad de 50 cm.; suficiente para evaluar —dada las características del suelo detectado— algunas propiedades edáficas que permitieran evidenciar posibles cambios paleoambientales. Que como en otros apartados de esta Tesis, se limitan a valorar algunas propiedades químicas de suelos y sedimentos y en especial otra de carácter físico como es el % de fracciones granulométricas.

Creo que todo ello supone indagar, desde una perspectiva arqueobotánica y edafoarqueológica en una cuestión paleobotánica tan compleja como son los cambios paleoambientales, algo a lo que sin duda también colaboran —de forma más reciente—, el estudio de los restos de plantas empleadas como combustible en el yacimiento arqueológico de Chafarí. Ya que responden a criterios de captación de la flora local en un territorio quizá cambiante en el tiempo. Tal y como ya citan Machado & Galván (1998), en lo que es sin duda el primer trabajo arqueobotánico realizado sobre materiales que contienen evidencias de quema de madera y tejidos vegetales en Las Cañadas, existió una pauta de recolección y explotación cambiante en tiempo y espacio. De tal modo que existe una secuencia de ocupación y explotación, de un determinado territorio de captación, que ofrece no sólo un criterio selectivo de recogida de combustible para dicha estructura, sino además el repertorio florístico de los momentos de ocupación del mencionado enclave. Si tenemos en cuenta la opinión de Machado & Galván (1998) al respecto de la cronología final en la utilización de dicha estructura —atendiendo a la datación paleomagnética realizada por Soler *et al.* (1992)—, enclavada hacia 1200

---

<sup>58</sup> Al menos los que corresponden al nivel de lahar situado inmediatamente por debajo del horizonte superficial de suelo donde arraiga, con mayor o menor grado de desarrollo, el matorral de cumbre. Material que probablemente se constituye como el último de origen eruptivo en las laderas del edificio Teide-Pico Viejo, en este caso derivado de una erupción freato-magmática.

d.C., disponemos de un punto de partida para remontarnos –hacia atrás– en la cuestión de la vegetación potencial de la zona.

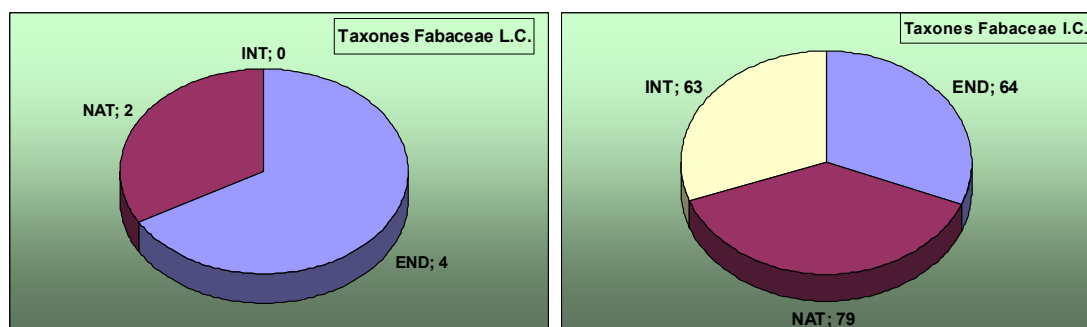
Lamentablemente uno de los vacíos explicativos de los resultados antracológicos es el que hace referencia a las gramíneas, entendiendo que no son plantas leñosas y por tanto de compleja identificación a nivel antracológico. Ese vacío sin embargo puede ser el acicate y *leit motiv* parcial de un análisis de fitolitos. Y es que tal y como venimos afirmando a lo largo de los Capítulos de Materiales de Referencia (entre otros), las gramíneas suponen la primera familia –con subfamilias asociadas– en producción de biomineralizaciones altamente silicificadas, es decir de silicofitolitos. Obviamente los análisis de éstos, aplicados al estudio de los sedimentos cenicientos de la estructura de combustión de Chafarí Norte-3 nos permiten disponer de una nueva fuente información arqueobotánica y paleobotánica, la segunda por derivación de la primera, aunque con sesgos que conviene matizar. Pero de la que contamos con un magnífico punto de partida, como es el antecedente de Machado & Galván (1997) con el estudio antracológico del hogar de CH-N3. Desde las lecturas por ellas obtenidas, podemos aplicarnos en buscar otras fuentes de información, con el fin de complementarlas pero también si es posible ampliar o descartar las lecturas arqueobotánicas al respecto de la explotación de la flora zonal en la etapa aborigen en las cronologías propuestas para la misma (Soler *et al.*, 1992). Y de paso ratificar o no las lecturas paleoambientales al respecto de una evolución vegetal que lejos de ser ajena al proceso de antropización más antiguo de Las Cañadas del Teide, la convirtieron en uno de los focos de interés que guiaron dicho proceso. Aunque por más que existieran otros focos que canalizaron los esfuerzos aborígenes a la ocupación estacional de la alta montaña de Tenerife, si seguimos la tesis admitida de una ocupación no sólo humana sino ganadera de Las Cañadas, la llegada de grandes rebaños de ovicápridos a esas zonas confirma que los recursos vegetales fueron, al menos en gran parte de esa secuencia, una poderosa razón para su ocupación estacional.

Y también lejos de situar las lecturas emanadas del análisis de fitolitos y otros microfósiles en un contexto puramente de explotación de la flora local, como fuente de combustible para acondicionamiento del hábitat, así como transformación de materias primas, las lecturas sobre el registro de fitolitos de Chafarí Norte-3 (CH-N3) –en cuanto a su estructura de combustión y zonas anexas– nos permite compararlos con el detectado en el paquete intestinal (zona iliaca en este caso) del cadáver parcialmente momificado de la Cañada de El Capricho. Ya que con respecto a ésta, existen datos cronológicos absolutos (s. V d.C.) que la sitúan en momentos muy anteriores a la última ocupación de CH-N3 (s. XIII d.C.) y por tanto vinculado a una época de mayor explotación del medio que la representada en el enclave CH-N3. Desde esa perspectiva hemos abordado el estudio de sus registros microfósiles, entendiendo que disponemos de cierto criterio diacrónico para la secuencia de ocupación aborigen de Las Cañadas.

#### **Familia *Fabaceae*/Leguminosae.**

Se trata en este caso de una familia muy importante y diversa a nivel global, con casi 12.000 especies, de alto valor económico, como las del grupo de las legumbres comestibles, en este caso no presentes de forma nativa en las Islas.

Pueden ser tanto herbáceas, como arbustivas o arbóreas, que en algunos casos, como ocurre con *Spartocytisus supranubius*, carece de hojas, presentando en su lugar tallos fotosintéticos. Tienen en común, entre otras particularidades, su capacidad de fijar nitrógeno mediante la simbiosis nodular con bacterias del género *Rhizobium*. Muchas tienen, a parte de su indudable valor nutritivo, principios activos de interés terapéutico, como las del género *Cytisus* (Gabriel y Galán, 2002).



**Gráficos 7 y 8,** Distribución de los taxones englobados en *Fabaceae* en Las Cañadas del Teide (Izqda.) y en la totalidad de las Islas Canarias (Dcha.). Fuente: Wildpret & Martín (2000) y LESDCanarias (2004). J.A.

En Las Cañadas puede decirse que *Fabaceae* supone una familia emblemática, de honda repercusión a nivel ecológico, paleoambiental y arqueobotánico, sin desestimar su papel económico en el pasado. Según citan Wildpret & Martín (2000) se desarrollan hasta 6 taxones *Fabaceae*, siendo 4 de ellos endémicos y los otros 2 de tipo nativo (LESDCanarias, 2004). A nivel del Archipiélago se trata de una de las familias más amplias (206 taxones), con abundantes endemismos (64) y plantas nativas (79), siendo las especies introducidas igualmente numerosas (63). Puede entenderse por tanto que la representación de especies *Fabaceae* en Las Cañadas del Teide es mínima, si la comparamos con el total de especies (solamente con endémicas y nativas) que se desarrollan en las Islas (143), donde representan algo más del 4%. Pero en este caso, diversidad de taxones no es sinónimo de entidad botánica y ecológica, dado que en concreto *Spartocytisus supranubius* se consolida como la especie más extendida en Las Cañadas, dando lugar a un paisaje característico de matorral de cumbre, que comienza a aparecer por el norte hacia los 1400 m.s.n.m. entre los pinares.

En torno a los 2000 m.s.n.m. ofrece, según Wildpret & Martín (2000), sus mejores y más abundantes manifestaciones, acompañada del cortejo florístico englobado en la serie de la comunidad *Spartocytisetum supranubii*. Su límite altitudinal parece situarse hacia los 3250 m.s.n.m., ya en las mismas laderas sur del conjunto Teide-Pico Viejo, donde los ejemplares adquieren un porte más raquíptico como señal de una adaptación forzada por las condiciones ambientales a tales alturas. En cotas más bajas hemos podido comprobar su densidad, en muchas de las zonas importantes a nivel arqueológico, también en todo el perímetro del valle de Chafarí asociadas, entre otras posibles especies, con “Rosalito de cumbre” (*Pterocephalum lasiospermus*), en especial en todo el recorrido en torno al Barranco de La Arena (Figura 53).

Menos evidentes son en la actualidad, en Las Cañadas, otras especies que conforman los endemismos *Fabaceae* locales, en especial el “escobón” (*Chamaecytisus proliferus*) y no tanto el “codeso” (*Adenocarpus viscosus*). Aunque no cabe ninguna duda de que esta reducida familia ha jugado un importante papel en la zona no sólo a nivel ecológico, sino también como recurso vegetal para las poblaciones prehistóricas de Tenerife, que comenzaron a explotar la flora de la alta montaña desde momentos aun por definir a nivel arqueológico.

Pero otra cosa es pensar que sólo las leguminosas fueron parte del elenco florístico consumido por los ganados aborígenes, ya que existen otros grupos que igualmente les resultaban apetecibles, como las mencionadas gramíneas y las compuestas (*Asteraceae*). Aunque lo cierto es que en la fase final de ese aprovechamiento —ya bien entrado el siglo XX— serán las leguminosas las especies intensamente explotadas, ya con varios propósitos, como es el caso de la retama del Teide (Arnay & González, 2009).

#### **Familia *Brassicaceae*.**

De nuevo estamos ante una familia de dicotiledóneas de las más representadas en las zonas templadas del planeta, especialmente en el área mediterránea. Se trata de una familia de suma importancia en el rango de especies arbustivas de Las Cañadas, donde claramente destacan las “hierbas pajoneras”, integrantes del género *Descurainia*. En concreto *D. bourgeauana* (Fourn) O.E. Schulz. es entendida por Wildpret & Martín (2000) como una de las especies más significativas de la vegetación de la cumbre tinerfeña junto con la retama.

Obviamente este hecho las otorga alto interés para el análisis de biomineralizaciones a nivel microfósil, donde podrían destacar ciertas morfologías de tricomas compuestos que presentan alta silicificación. Su capacidad de diagnóstico podría ser elevada.

A nuestro parecer algunas de las mejores descripciones de la ecología y etnobotánica de las leguminosas de alta montaña de Tenerife las realizan Ceballos & Ortuño (1976), las cuales parecen provenir de un profundo conocimiento de campo de este grupo vegetal. Y por lo tanto fundamentales para todo trabajo de investigación versado en la posible historia vegetal de cualquier grupo vegetal, más cuando éste se encuentra relacionado con la presencia humana en un determinado ambiente natural, y con una secuencia antrópica tan amplia como la de las Cañadas del Teide.

Tal y como se expresa en las fichas correspondientes a cada una de estas especies<sup>59</sup>, la problemática al respecto de su estudio comenzó con el de *Spartocytisus supranubius*, y en concreto tras las primeras observaciones microscópicas de los residuos de sus tejidos aéreos, ya que en ninguno de ellos se detectó inicialmente biomineralizaciones de diagnóstico, tanto bajo la forma de oxalatos como de silicofitolitos. Finalmente éstas aparecieron formando parte del residuo, muy escaso, resultante de tratar en laboratorio volúmenes más significativos de muestra<sup>60</sup>. En todo caso, futuros estudios deberán centrarse en su estudio pormenorizado, dado que suponen un tipo de

<sup>59</sup> Ver Capítulo Resultados 5-I, Selección de Fichas de Plantas Patrones, por especies analizadas.

<sup>60</sup> Ver Capítulo Resultados 5-I.



plantas que nos es difícil identificar a nivel de biomineralizaciones fósiles. Lo cual introduce un notable sesgo informativo que debe ser tenido en cuenta, al menos es estos primeros estudios sobre su identificación en contextos prehistóricos.



**Figura 53**, Aspecto invernal del Barranco de La Arena (tramo inferior), donde puede destacarse la asociación de retamar con “rosalito de cumbre” colonizando las zonas laterales del cauce, ocupado en su zona central por paquetes arenosos. J.A..

#### Familia *Boraginaceae*.

Sin duda una de las más emblemáticas de Las Cañadas, que presenta dos taxones del género *Echium* sp. (*E. wildpretii* y *E. auberianum*) y otros dos del género *Myosotis* sp., en este caso con mucha menos significación ecológica con respecto al género anterior<sup>61</sup>. Las dos primeras especies son endémicas de Tenerife y en concreto de Las Cañadas.

Este grupo vegetal es incluido botánica y ecológicamente dentro de la serie de vegetación del retamar en el caso del tajinaste rojo (*E. wildpretii*), pero en zonas muy concretas como coladas solifluidales donde encuentra rellenos limo-arenosos aptos para su desarrollo (Wildpret & Martín, 2000). Un patrón diferente ofrece el tajinaste picante/azul (*E. auberianum*), algo más escaso y que hace lo propio sobre suelos pumíticos, siendo claramente observable este hecho en ejemplares como los que se desarrollan al comienzo de Siete Cañadas (Cañada de Diego Hernández, entre otras).

Como era de esperar, dados los trabajos existentes sobre las epidermis foliares sobre las especies de la zona (Alfayate, 1990; Alfayate & Yanes,

<sup>61</sup> Las especies del género *Myosotis* sp. corresponden a un tipo de plantas más propias de medianías que representan un ejemplo de introducción inducida, por vía antrópica indirecta, en Las Cañadas del Teide (Carqué, 2010, Com. Pers.).

1992), su contenido en silicificaciones es de los más elevados de la flora de Las Cañadas, siendo especialmente relevante el componente mixto, sílice-oxalatos de calcio, que presentan los tricomas de *E. wilpretii*. Cabe destacar, entre las silicificaciones que podrían ser de diagnóstico, los mencionados tricomas pero especialmente sus bases, que adquieren formas globulares (*globular form*) o poliédricas (*polyhedral form*) como las descritas por Bozarth (1992) para esta familia y otras pertenecientes al grupo de las dicotiledóneas.

Con estos datos y las especiales características del hábitat ocupado por las boragináceas de Alta Montaña puede decirse que estamos ante un caso de excepción, con especial relevancia en el apartado paleoambiental y paleontológico y no tanto en el arqueobotánico, a menos que localicemos –como bien se nos ha sugerido<sup>62</sup>– algún residuo que podamos identificar como antigua miel, o en colmenas aborígenes. Dado que ambos tipos de tajinastes son melíferos y nativos con seguridad de la zona que posteriormente será el gran campo de pastoreo de Las Cañadas. Y donde quizás su polen habría llegado a una miel de la que ni siquiera conocemos su existencia, al menos con constatación arqueológica actual, pese a que opiniones positivas al respecto sí las hay.

#### **Familia Asteraceae.**

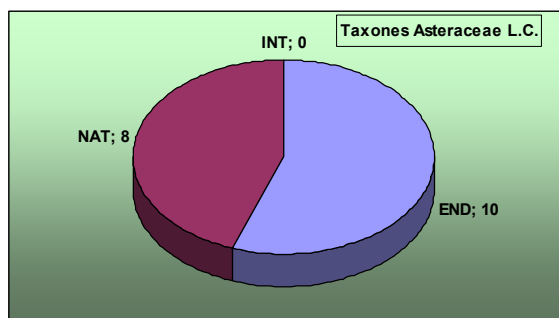
Constituyéndose como la segunda familia en diversidad de taxones tras *Poaceae*, el grupo de las compuestas aglutina –en Las Cañadas– un total de 10 endemismos y 8 plantas nativas con distinto grado de seguridad, sin que ninguna de ellas sea considerada introducida. Pudiendo afirmarse, en términos ecológicos, que se trata de una familia bien adaptada a las rigurosas condiciones de la zona. Es importante señalar el tratamiento dado, a nivel botánico, a varias de las especies insertas en el conjunto *Asteraceae* local, que como *Argyranthemum teneriffae*, *Carlina xeranthemoides*, *Cheirolophus teydis*, *Erigeron calderae*, *Gnaphalium teydeum*, *Stemmacantha cynaroides* (Wildpret & Martín, 2000) se basan especialmente en su capacidad de adaptación a los rigores ambientales de Las Cañadas. Lo cual logran en este caso presentando un ciclo fenológico que las reduce, durante el otoño y el invierno, a un cepellón de hojas, el cual se transforma, en primavera, en vistosas flores. De ello dan buena cuenta el aspecto de la “magarza” o “margarita del Teide”, especie que llega a desarrollarse hasta casi los 3600 m.sn.m. Pero también otras como la “Malpica”, el “Cabezón”, que aunque no alcancen dicha cota, constituyen buenos ejemplos de compuestas arbustivas “de altura”. Dentro de la familia deben citarse algunos endemismos con requerimientos ambientales exclusivos, como la denominada “Edelweiss del Teide” (*Gnaphalium teydeum*), que se desarrolla hacia los 3500 m.sn.m., aprovechando los vapores emanados de fumarolas.

Otra planta de este tipo podría ser el “Cardo de plata” (*S. cynaroides*), que se desarrolla sobre sustratos pumíticos permeables e inestables. Se trata, en este caso, de una especie para la que se cita su vulnerabilidad ante la acción antrópica y natural (herbívoros introducidos), en concreto haciéndola desaparecer en el Llano de Maja y restringiéndola a otras zonas. Estamos por tanto ante un grupo vegetal que responde, como otros, a las condiciones del medio desde muy atrás en el tiempo, dado su alto grado de especialización

---

<sup>62</sup> Dra. I. La Serna (Com. Pers.).

ambiental. La diversidad *Asteraceae* en el Archipiélago es abrumadora, como atestiguan los 347 taxones presentes entre todas las Islas, con lo cual los citados en Las Cañadas constituirían solamente el 5,18% del total de ellos.



**Gráfico 9,** Taxones *Asteraceae* en Las Cañadas del Teide.

### Familia *Pinaceae*.

Pese a que no pueda decirse que la única especie endémica del género *Pinus* en Canarias<sup>63</sup>, conocida como “Pino canario” (*Pinus canariensis* C. Sm. ex D.C. in Busch) sea una planta propia de Las Cañadas, el hecho es que se encuentra en la actualidad en un proceso de colonización de las mismas. Pero efectivamente el pino canario no es un endemismo exclusivo de Las Cañadas, a donde llega de forma esporádica en la actualidad, ni tampoco de Tenerife, ya que –salvo en la isla de Lanzarote– se desarrolla en todo el Archipiélago (Bramwell y Bramwell, 2001). No obstante, es la zona de cumbre donde parece fijarse actualmente sus “límites colonizadores”, como son las laderas norte de Montaña Guajara, a donde llega sin duda como derivación de su expansión por los altos de Vilaflor, o como igualmente se produce en la zona suroeste, en el escarpe de la Cañada del Cedro y Roques de Chavao, así como en la entalladura de Tauce.

A la relevancia ecológica y arqueológica del pino canario, sin embargo no va aparejada una forma fehaciente de localizar su presencia mediante el análisis microscópico, aunque como se verá en el apartado de Resultados<sup>64</sup> pueda matizarse dicha afirmación. Pero si nos atenemos a los antecedentes sobre este género, en cuanto a su producción biomineral (Hodson *et al.*, 1997; entre otros) el grupo de las pináceas no presenta alta concentración de silicificaciones de diagnóstico, estimándose entre 0,01%-0,42% el porcentaje de sílice amorfo (SiO<sub>2</sub>) contenido en sus tejidos aéreos.

No obstante, dichas silicificaciones son sumamente importantes a nivel de identificación de posibles concentraciones arqueológicas, paleontológicas y edáficas, ya que –pese a no poder afirmar aun que son de diagnóstico– podrían permitir identificar, al menos a nivel de grupos vegetales, su presencia en contextos antiguos. Pero el estudio de fitolitos de especies como *Pinus canariensis* se vuelve muy complejo, de hecho ejemplifica perfectamente a una especie donde existe un grado muy bajo de originalidad morfológica biomineral, pese a lo relativamente abundante de la morfología más característica: silicofitolitos globulares lisos (*globular psilate* ICPN 1.0).

<sup>63</sup> Este género está representado en Canarias en su mayoría por plantas introducidas (al menos 3 especies).

<sup>64</sup> Ver Ficha de Análisis Biomineral de *Pinus canariensis*, Resultados 5-I.

Sin embargo según autores como Hodson et al. (1997) se trata de formas redundantes, no sólo presentes en otras especies del género *Pinus* sino también en numerosas angiospermas dicotiledóneas. El morfotipo globular liso, de muy pequeño tamaño (<2µm - 8 µm) detectado en troncos y acículas, casi con mayor concentración con respecto a los oxalatos, representa en sí mismo un problema y una oportunidad, porque sin duda posteriores trabajos lograrán la forma de detectar tejidos de *Pinus canariensis* en contextos muy antiguos. Nuestros primeros análisis al respecto han funcionado —aquí como en otros casos— como balance preliminar, indagador comienzo que ha servido además para aumentar la atención prestada al microscopio óptico como fundamental herramienta de estudio, para con suelos y sedimentos de Las Cañadas del Teide.

En ello, a falta de oxalatos de calcio —perdidos en el transcurso de ciclos naturales absolutamente insobornables— podrían encontrarse esas pequeñas esferas, unas veces completas y otras bajo apariencia globular, de no muy alta silicificación, que pudieran representar la existencia de tejidos de *Pinus canariensis*, en materiales tanto asociados con procesos naturales (suelos) como antrópicos (sedimentos, etc.). Como se expondrá más detalladamente, otros tipos de silicificaciones presentes en esta planta, también minoritarias con respecto a las biomineralizaciones de oxalato, facilitarían esta tarea.

Lo esquivo de tales silicificaciones, de alto grado de importancia en análisis de fitolitos, vuelve sumamente interesante los estudios de contextos arqueológicos con estructuras de combustión. Ya que las concentraciones en este tipo de estructuras, de silicificaciones como las mencionadas, indicarían de primera mano una elevada participación de los tejidos leñosos de pinos en la economía prehistórica. Por el contrario, la escasez de las mismas —pero manifiesta presencia— no haría sino confirmar una baja representación del pino en los recursos vegetales empleados como combustible. Las bajas proporciones de tales silicificaciones, en los residuos obtenidos por vía experimental (calcinación, ataques ácidos, etc.), confirmarían esta lectura.

Sin duda la gran diferencia con lo mencionado anteriormente es la extrema concentración de las biomineralizaciones de oxalato de calcio por gramo de muestra, especialmente en el tejido leñoso de los pinos. Siendo perfectamente reconocibles en el residuo calcinado, aunque su morfología —con algunas variaciones métricas— sea similar a la de otras coníferas del mismo género, como *Pinus sylvestris*<sup>65</sup>, que se desarrollan en latitudes más altas y climas más fríos y húmedos, tal que las tierras altas de Escocia (*Highlands*). Este hecho debe ser tenido en cuenta a la hora de abordar el paleoambiente de Las Cañadas del Teide, quizás de Canarias en general. Dentro de los muchos aspectos que pueden abordarse con el estudio de los pinos, uno de ellos es su manifiesta sensibilidad a los cambios climáticos. Y por tanto su preferencia por situaciones climáticas estables. Lo cual no le impide estar perfectamente adaptado para el contrastado clima de alta montaña, donde suele medrar desde época holocena, ocupando amplias zonas de Europa.

---

<sup>65</sup> *Pinus sylvestris* es la especie de pino de mayor distribución en Europa, aunque en el sur solamente de desarrolla en ambiente de montaña. Es conocido como pino albar (Polunin, 2003) y pino escocés (Smout, 2003), siendo en este caso una de las especies forestales más ampliamente extendidas por Escocia.

Si tomamos como referencia la expansión de *Pinus sylvestris* por Escocia, se estima que su presencia, en la zona norte, se produce hace unos 8.500 años. Anteriormente lo habrían precedido el avellano, el olmo y el roble e incluso antes que éstos una especie perteneciente al género *Juniperus* sp., como primoloconizadora de los suelos aun empobrecidos del tardiglaciario, hace unos 11.500 años (Smout, 2003). Lo cual supone una lectura a tener en cuenta con respecto a otros contextos que, como Las Cañadas, sin duda sufrieron de oscilaciones climáticas locales –por derivación de las globales (Glaciaciones Cuaternarias)–, que impusieron condiciones ambientales cuyas consecuencias tuvieron complejas consecuencias para el desarrollo vegetal. Y que pudieron imponer cambios en las formaciones existentes, de cuyo proceso y secuencia nada sabemos.

### Familia *Cupressaceae* (cedros y sabinas).

Junto con el pino canario los otros representantes de las gimnospermas en Las Cañadas son el *cedro canario* (*Juniperus cedrus*) y la *sabina* (*J. turbinata*), aunque en realidad solamente parece detectarse el primero de ellos, al menos en las dependencias de las consta el Circo. Pese a ello la sabina es contemplada por Wildpret & Martín (2000) en su inventario más reciente de la zona. Por su parte el cedro se ha convertido, en el transcurso de la investigación versada en Las Cañadas del Teide, en un verdadero paradigma de organismo vegetal con amplias posibilidades de aportar lecturas paleoambientales de interés. Y es que existen ejemplares que justifican la opinión de estar ante una planta que pudo ser muy abundante, incluso antes de la llegada de los primeros colonizadores aborígenes de la zona. Es más, existen evidencias –que en parte hemos podido estudiar<sup>66</sup>– de restos de cedros muy antiguos<sup>67</sup> en zonas desprovistas casi totalmente de vegetación, caso de los malpaíses situados en torno a Montaña Rajada, constituidos casi en su totalidad por bloques lávicos y escorias de gran tamaño, propias de coladas del tipo AA y en concreto de episodios volcánicos explosivos emitidos por Montaña Blanca en algunas de sus ocho fases eruptivas.

La opinión más extendida, y que compartimos, es que el cedro ocupó zonas más amplias y en mayor concentración que en la actualidad, pese a que deba matizarse que no protagonizando quizás bosques monoespecíficos, como ocurre con el pino canario (Carqué<sup>68</sup>, 2011). Las evidencias arqueológicas (antracología) indican que en la estructura de combustión de CH-N3 se quemaron tejidos (probablemente leñosos) de cedro (Machado & Galván, 1997). En la actualidad las informaciones que hemos recuperado, al respecto de la presencia de restos de cedros (troncos), es en la próxima Cañada de Pedro Méndez<sup>69</sup> y obviamente los que aun se conservan vivos en la Cañada del Cedro, andén del Roque Figueroa e incluso cumbre de La Catedral<sup>70</sup>.

<sup>66</sup> Gracias a la colaboración de E. Carqué.

<sup>67</sup> Se trata de troncos muertos (totalmente secos) de gran tamaño (>2 m. de longitud) y diámetro (>30 cm.) en un contexto desprovisto en su casi totalidad de vegetación. Han sido localizados por E. Carqué (Unidad de Rescate Genético, Parque Nacional del Teide) en algunas zonas de los malpaíses escoriáceos de Montaña Rajada.

<sup>68</sup> Unidad de Rescate Genético, Parque Nacional del Teide, Com. Pers.

<sup>69</sup> Según observaciones directas de M. Arnay.

<sup>70</sup> Roque de más de 100 m. de altura situado cerca de los Roques de García.

Tal y como citan Wildpret & Martín (2000) pueden localizarse algunos bosquetes de los mismos en los andenes cercanos a las Siete Cañadas, en este caso manteniendo un porte monocaule. Solamente en el caso del cedro de Montaña Rajada<sup>71</sup> se aprecia un desarrollo en dos grandes ramas, muy separadas entre si, división que no puede descartarse derive de una inclemencia meteorológica, incluso de la caída de un rayo<sup>72</sup> (Figura 54).



**Figura 54.** Cedro de Montaña Rajada, “La Matriarca”. J.A.

Ni que decir tiene que la posible antigüedad de este ejemplar abre la puerta para complejas e interesantes cuestiones paleoambientales y arqueobotánicas, donde el análisis de fitolitos adquiere, como el del polen, una inusitada relevancia. La primera cuestión viene dada por un aspecto, ya mencionado anteriormente, y que tiene que ver con la longevidad de esta especie pero también con sus manifiestas dificultades biológicas para reproducirse (Ceballos & Ortuño, 1976). De sobra es conocida la que atañe a la germinación de sus semillas, ya que requiere —tanto en la naturaleza como en ambiente de invernadero— de un tratamiento químico/térmico que facilite la llegada al embrión de la humedad necesaria para su germinación, sumamente dificultada por el grado de impermeabilización y fuerte consistencia de las capas que conforman el fruto<sup>73</sup>. Todo ello reviste al

<sup>71</sup> Ejemplar conocido como *El Patriarca* por su gran desarrollo y edad, cuyo nombre creemos debería modificarse, puesto que en los trabajos de campo realizados comprobamos que se trata de un ejemplar femenino.

<sup>72</sup> El ejemplar en cuestión presenta una amplia grieta que divide su zona central, sin duda una fractura a la que llegó a sobrevivir, a lo que colaboró una posible adecuación antrópica de su soporte, ya que se observa un bloque pétreo de grandes dimensiones sirviéndole como *calzo*. Y al que se ha adaptado la planta adquiriendo la misma forma —en su tronco— que la de dicho soporte.

<sup>73</sup> Se ha planteado de forma tradicional que en la germinación de los frutos femeninos intervenía la acción de los jugos gástricos de los cuervos que habitaron en Las Cañadas

estudio del cedro de gran relevancia, sobre todo porque tratándose de una planta con tales dificultades de germinación ha llegado hasta nuestros días casi de forma residual, aunque se encuentre en una etapa de franca recuperación<sup>74</sup>.

Tal y como citan Ceballo & Ortuño (1976) no suelen apreciarse plántulas jóvenes alrededor de estos ejemplares, pese a que el suelo aparezca literalmente tapizado de sus frutos—, lo cual ofrece una idea —dada la antigüedad de los mismos— de las serias dificultades de supervivencia de la especie en estos contextos. Igualmente la detección de restos de sus troncos —de similares características y dimensiones— en varias zonas de Montaña Rajada, nos ha motivado a ampliar los estudios sobre las posibles biomineralizaciones producidas por la especie, entendiendo la repercusión de localizarlas, ya no sólo en contextos arqueológicos donde se encuentra totalmente atestiguada, sino en otros de tipo edáfico donde no se presume la presencia de esta especie.

Lo cierto es que la antigüedad de los cedros de Montaña Rajada y su presencia en un contexto altamente dinámico durante los últimos dos mil años (erupciones de Montaña Blanca), invitan a pesar en esa afirmación emitida a nivel arqueobotánico y paleobotánico por Machado & Galván (1998), planteando una extensión de la especie más amplia —al menos en época aborígen— que en la actualidad. Sin embargo, en ese caso la representación de restos antracológicos propios de *Juniperus cedrus*, es mínima con respecto a otras plantas del entorno del Valle de Chafarí. Por lo que las lecturas acerca de la desaparición de esta especie como consecuencia directa de su utilización como combustible, en época aborígen, quizás deba matizarse<sup>75</sup>.

---

mientras duró la permanencia en la zona de ganados. Dichas aves ingerirían los numerosos frutos que producen los ejemplares femeninos de la especie y los defecarían afectados ya —en su capa externa— por la acción de los ácidos digestivos que permitirían una germinación más rápida de la semilla. A esta lectura corresponden otras que explican la existencia de cedros en sitios muy inaccesibles de Las Cañadas, como escarpes e incluso cumbres de roques como La Catedral, a donde habría llegado mediante las deyecciones de las mencionadas aves.

<sup>74</sup> Carqué, 2011; Com. Pers.

<sup>75</sup> Entendemos que esta lectura se restringe al entorno del yacimiento y Valle/Llano de Chafarí y no a la totalidad de Las Cañadas. No obstante, incluso a ese nivel (local) la lectura sobre la desaparición de la planta nos parece excesiva, más cuando se trata de una especie cuyos restos carbonizados representan un muy bajo porcentaje —según Machado & Galván (1998)— con respecto al grupo de las leguminosas, en el total de carbones identificados. En todo caso cabría plantearse varias cuestiones, como una posible reducción de la representatividad de esta planta en el entorno citado pero también qué tipo de tejido vegetal de esta especie era empleado. Ya que para su desaparición intervendría el aspecto del tipo de explotación, ramas secas o verdes, siendo obviamente la primera la que permite una combustión más completa. Obviamente de ser así, el ramoneo de las ramas muertas no representaría un riesgo grave para la planta, que sí se produciría de talar la totalidad de sus ramas, lectura que significaría una extrema necesidad de tejidos combustibles, que nos haría entrar a su vez en el aspecto de la representatividad de especies leñosas, tanto las leguminosas (la retama produce gran cantidad de tejidos muertos, sobre todo si sus tallos eran

También convendría aquí de nuevo recurrir a contextos muy diferentes a los de Las Cañadas del Teide y Canarias en general, y hacerlo sobre territorios donde los estudios paleoambientales se encuentran más desarrollados. Como hemos citado en el caso de la familia *Pinaceae*, la etapa postglaciar en Escocia representa a uno de esos momentos en los que existen claras diferencias ambientales en el desarrollo de la vegetación. Efectivamente hace 11.500 años las cosas comienzan a cambiar en lo que hoy conocemos como Escocia, el retroceso de los hielos deja espacios de suaves colinas y amplias extensiones de tundra, los posteriores páramos del más tradicional ambiente natural escocés.

Se estima que una de las primeras plantas de porte arbóreo/arbustivo en colonizar los incipientes suelos de Escocia fueron los cedros (*Juniperus* sp.), hace unos 11.500 años, haciéndolo posteriormente los árboles de hoja como el avellano y el castaño y finalmente los pinos, con requerimientos ambientales más asociados a clima cálido y seco (Smout, 2003).

### **Familia *Caryophyllaceae***

Tercera familia botánica atendiendo al número de taxones (15) pertenecientes a la misma en Las Cañadas. Se trata de aquí de un grupo de dicotiledóneas preferentemente herbáceas entomófilas muy abundantes en las zonas templadas del hemisferio norte (Gabriel y Galán, 2002). En esta zona resulta relevante el género *Silene*, que presenta hasta cinco especies, de la que destaca *S. nocteolens* Webb & Berth, un endemismo tinerfeño que vive exclusivamente entre sustratos pumíticos muy permeables (Wildpret & Martín, 2000). Como ocurre con otras plantas similares, su adaptación al medio volcánico de Las Cañadas las convierte en organismos vegetales sumamente importantes, también a nivel paleoambiental.

A nivel de potencial de fitolitos, y atendiendo a la valoración preliminar de *S. berthelotiana* Webb cabe destacar de nuevo la conjunción —común entre la flora de Las Cañadas— de biomineralizaciones de sílice y oxalatos, especialmente en los tejidos foliares. Pese a que no se trata de formas de diagnóstico (traqueidas con engrosamientos anulares<sup>76</sup> y drusas respectivamente) su estudio pormenorizado, especialmente en el primer caso quizás detectaría algunas variaciones con respecto a otras dicotiledóneas de la zona.

### ***Lamiaceae***

Con un número de taxones muy similar a la familia anterior, la familia de las labiadas está muy extendida pero no precisamente por la cuenca mediterránea. Por lo general se trata de hierbas o pequeñas matas leñosas de plantas, que a nivel etnobotánico presentan interés por su alto contenido en aceites esenciales. Obviamente dentro de los géneros presentes en Las Cañadas, donde suponen una familia muy representada en diversidad de taxones (14), destacan los géneros *Sideritis*, *Bystropogon*, *Micromeria* y *Nepeta*, teniendo especialmente relevancia las dos variedades de *Mentha*

---

consumidos por el ganado) y sobre todo de las grandes reservas, —aunque más distantes— de ramas de pino.

<sup>76</sup> Como veremos un tipo de fitolito muy común entre las dicotiledóneas y por ello ampliamente extendido, ejemplo palpable de la redundancia enunciada por Rovner (1971).



*longifolia*, por sus especiales requerimientos medioambientales, asociados a zonas con presencia de humedad.

El contenido en SiO<sub>2</sub> de estas plantas (>6% en las hojas de *M. longifolia*) parece permitir afirmar que se trata una familia con alta producción en silicificaciones, que tal y como se muestra en la Ficha de Análisis de esa especie, podrían ser —en algunos casos— de diagnóstico.

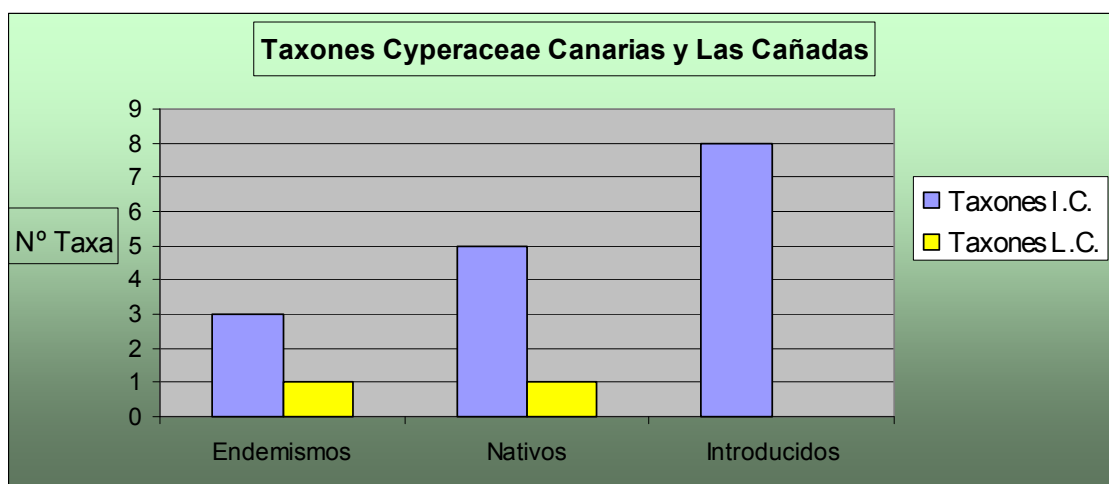
### **Cyperaceae.**

Reducida a dos especies en el actual Parque Nacional, ambas del género *Carex* sp., esta familia parece ser la más cercana botánicamente a *Poaceae*, de la que se separa tanto por características anatómicas como en cuanto ciclos fenológicos, especialmente en el periodo de floración. Quizás uno de los primeros rasgos taxonómicos que permite diferenciarla de las gramíneas sea la forma que adquiere la sección de sus tallos<sup>77</sup>. En todo caso se trata de plantas con altos requerimientos hidrófilos, propias de ambientes naturales y antropizados como nacientes, fuentes y cauces con caudal hídrico casi permanente, como el del Barranco de El Riachuelo, bajo la zona de Los Azulejos (Wildpret & Martín, 2000). Si atendemos al conjunto de Ciperáceas en el Archipiélago su representación en Las Cañadas es mínima, muy limitada a concretos enclaves donde se dan las condiciones mencionadas.

A nivel general, en las Islas, esta familia se compone de un total de 39 especies y subespecies, distribuidas en los géneros *Carex* (13), *Cladium* (2), *Cyperus* (13), *Eleocharis* (2), *Fimbristylis* (2), *Pycreus* (1) y *Scirpus* (6), de los cuales sólo el primero se encuentra representado en Las Cañadas por un endemismo como *Carex paniculata* L. Subs. *calderae* (A. Hans.) Lewejoh. & Lobin y un taxón probablemente nativo (*Carex tumidicarpa* Andrés. subsp. *cedercreutzii* Fagerstr.). Se trata, como he mencionado, de plantas asociadas a ambientes muy concretos y exclusivos, como los existentes en los escasos puntos húmedos de las dependencias geográficas de las que constan Las Cañadas. Este aspecto, tenido en cuenta en relación con su producción de silicificaciones de diagnóstico, convierten a estas plantas en importantes bioindicadores, también a la hora de lograr identificar tales silicificaciones, basadas especialmente en formas descritas como plaquetas poligonales o no, con ornamentación o no, y con dos elevaciones a modo de conos (*sedge cones*, Ollendorf, 1992). Los estudios realizados al menos con *Carex paniculata* confirman este punto, siendo muy particulares tales morfotipos.

Debe destacarse también aquí —como ocurre con los fitolitos de *Poaceae*— tanto la singularidad taxonómica a nivel de fitolitos como la ecológica, ya que entre ambas ejemplifican las posibilidades reales del estudio de los primeros. En el limitado desarrollo de las ciperáceas en Las Cañadas destaca sin embargo un endemismo como *Carex paniculata*, que no hace sino ejemplificar lo igualmente reducido del ambiente donde se desarrolla: los puntos con presencia de agua (estancada o en circulación) de Las Cañadas del Teide.

<sup>77</sup> Circular en *Poaceae* y triangular en *Cyperaceae* (Klapp, 1987).



**Gráfico 10,** Distribución de las ciperáceas en Canarias y Las Cañadas.

Lo cual convierte a las ciperáceas –pese a su escasa representación– en una familia a tener en cuenta a nivel paleobotánico y paleoecológico, aunque sin demasiado peso en un análisis global, dada su escasez en el elenco florístico de la zona. Sin embargo, y pese a su limitada extensión actual, la detección de fitolitos de *C. paniculata* en contextos de Las Cañadas siempre nos ofrecería la posibilidad de detectar condiciones más húmedas que en la actualidad, siendo por ello sus fitolitos un grupo sumamente interesante. O en todo caso, como puede observarse en el capítulo de Resultados, su detección en dos contextos concretos, como los sedimentos del Barranco del Riachuelo y las heces fecales de muflón, confirmarían la viabilidad de su estudio para ser empleado como indicador multipropósito, en términos de análisis microfósil.

En este sentido, el estudio de tales fitolitos, y en concreto de los pertenecientes a *Carex paniculata*, confirman lo observado con respecto a sus características de diagnóstico (Resultados 5-1), al configurar un grupo propio, que en algunos casos presenta morfologías claramente diferenciables de la familia botánica más próxima: las gramíneas.

Los trabajos experimentales realizados con sedimentos de zonas húmedas de Las Cañadas buscaban la detección de este tipo de fitolitos, ya que su identificación en tales materiales, en zonas como el Barranco de El Riachuelo (donde prolifera de forma especial), confirmaría la posibilidad de emplear las partículas de *Carex* spp. como formadoras de parte del registro microfósil vinculado a la presencia de agua (Figura 55).

#### **Familia *Violaceae*.**

Pese a que no podamos otorgarle aun relevancia a nivel arqueobotánico a la “Violeta del Teide” (*Viola cherantifolia*), sin duda ya a nivel biológico ésta es, obviamente muy alta. Por ello su estudio biomineral se constituía como uno de los más emblemáticos de todo el conjunto de plantas analizadas, permitiéndonos observar –creemos por primera vez– las morfologías de fitolitos silíceos que desarrolla en sus tejidos foliares. A su estudio microscópico hay que anteponer las labores de muestreo de la planta, sujeto a su alto grado de protección patrimonial, por tratarse de un endemismo de excepción, dada su escasez y fragilidad. Dichas labores se realizaron primeramente de forma muy puntual, realizando unos pequeños cortes en un

ejemplar aislado (Lomo de Chío). Posteriormente, una vez conocidas las biomineralizaciones que desarrollaba, se procedió a un muestreo más amplio, que permitiera contar con mayor volumen de muestra. En este caso en ejemplares de Montaña Blanca, que fueron recolectadas por personal técnico del Parque Nacional del Teide<sup>78</sup>.



**Figura 55**, Matas de *Carex paniculata* aplastadas por el aumento del caudal del Barranco del Riachuelo, con ocasión de episodios de fuertes precipitaciones (diciembre de 2010).

### La explotación de la flora de Las Cañadas: su pasado prehistórico e histórico.

Si nos atenemos a las indicaciones de los primeros informes conservacionistas, al respecto de la vegetación de Las Cañadas, observamos la temprana preocupación por el deterioro existente, ya a mediados del siglo XX, en la misma. Así lo plantean Wildpret & Martín (2000) retomando las indicaciones de Méndez<sup>79</sup> (1946) en el prólogo del trabajo de Sventenius sobre la flora de esta zona de Tenerife, que observaban la labor devastadora de miles de cabras vagando libremente por Las Cañadas. Dichas observaciones son referidas anteriormente por algunos de los viajeros que las visitan, dejando constancia escrita de su impresión al respecto desde mediados del siglo XIX.

Teniendo en cuenta que dicha actividad provenía de época aborígen, parece claro plantear que el paisaje vegetal de Las Cañadas era muy diferente al que conoceremos en el siglo XX, quizás no sólo en densidad florística sino en su distribución, existiendo importantes lagunas de conocimiento que no sólo involucran las secuencias históricas de la zona, sino también las prehistóricas. Dicho desconocimiento debemos extenderlo y hacernos partícipes de su resolución parcial –por su vinculación a los posteriores

<sup>78</sup> Con la inestimable colaboración de D. Eduardo Carqué, Unidad de Rescate Genético del Parque Nacional del Teide, para la toma de las muestras.

<sup>79</sup> Por entonces ingeniero director del Jardín de Aclimatación de Plantas de La Orotava.

procesos antrópicos— a la etapa anterior a la presencia humana, donde sin duda existía un paisaje vegetal del cual desconocemos su extensión y configuración real. Todo ello pese a ser —como parece suficientemente atestiguado— una de las bases para el desarrollo de los grupos humanos asentados en la isla de Tenerife, como mínimo antes de la Era<sup>80</sup>.

A juzgar por las informaciones aportadas desde mediados del siglo XX y hasta la actualidad<sup>81</sup>, la vegetación zonal ha experimentado una notable recuperación —al amparo de la protección institucional—, no sólo protagonizada por aquellas especies que pretendían ser recuperadas en lo que sería su extensión natural (vegetación potencial), en concreto el conjunto de leguminosas presentes en el actual Parque Nacional del Teide, sino igualmente por la actuación del personal investigador, guarda y guía de dicho organismo. Así especies como *Arrhenatherum calderae* y *Pterocephalus lasiospermus* han experimentado una apreciable mejoría, ocupando no sólo amplias extensiones —impensables en épocas como las que recogen los inventarios de Quirantes y Martínez (1981)— e incluso, en el segundo caso, de la zona del interior de Las Cañadas y también de aquellas donde el dominio del pinar comienza a ser apreciable. Del mismo modo otras especies por las que se temía su conservación, han sido recuperadas gracias al excelente trabajo de la sección de rescate genético del mismo organismo.

Sin duda la introducción de ganados en Las Cañadas, desde época prehistórica, motivó uno de los mayores cambios medioambientales en esta amplia zona de Tenerife, situada alrededor y por encima de la cota de los 2.000 metros. Cambios que derivaron de una sostenida, aunque no constante pero sí sistemática depredación del medio vegetal original, que si nos atenemos al periodo de recuperación que suponen los meses de día corto<sup>82</sup>, donde los ciclos vegetales permitirían cierta recuperación y cuando no habría presión herbívora y antrópica, éste no sería suficiente como para garantizarla sino todo lo contrario.

Sin embargo, si contemplamos la información de fuentes etnohistóricas, etnográficas y arqueológicas dicha depredación llegará a ser masiva, no sólo interviniendo en ella dichos ganados, sino los propios humanos que los guiarán hasta la cumbre y que harán uso —por generaciones— de materiales vegetales como combustible. Es de suponer que entre ellos no sólo se encontrarían los derivados de los propios ciclos vegetales de retamas, codesos, escobones, coníferas y hierbas sino también los que sucumbirán gradualmente a la acción ramoneadora de los ganados de ovicápridos.

---

<sup>80</sup> Como se sabe la cuestión de dataciones absolutas en Canarias presenta la problemática asociada a zonas volcánicas, donde al menos las del tipo de Carbono 14 se ven seriamente comprometidas en sus estimaciones reales.

<sup>81</sup> E. Carqué, Sección de Rescate Genético, Parque Nacional del Teide, 2003-2010, Com. Pers.

<sup>82</sup> Tomando, como primera hipótesis, los ciclos estacionales que pudieron seguir —no sabemos con qué periodización cronológica— los guanches en los momentos de mayor explotación del “medio Cañadas”. En los cuales pudo haber cambios diacrónicos, tanto en cuanto a las razones de su estancia en el mismo como en cuanto a sus objetivos, económicos o de estrategia vital, dígame el intento de mantener una estructuras grupales ante el inminente control del medio por parte de los nuevos pobladores, de época moderna.

La repercusión de los profundos cambios, que puede generar la introducción de una única especie, incluso aislada, en un ecosistema maduro ya era planteada por Darwin en *El Origen de las Especies* (edición de 2002), indicando como existe un mecanismo que puede tornarse eminentemente favorecedor de la diversidad biológica, a costa de reducirse la preponderancia –con cierto grado de estaticidad espacio-temporal– de ciertas formaciones vegetales dominantes desde el mismo criterio. De tal modo que la introducción estacional de ganados de ovicápridos obraría como un proceso depredador selectivo, que probablemente casi extinguiría aquellas especies menos representadas, de ser éstas apetecibles para tales animales. Obviamente las formaciones más maduras, de retamar de cumbre en este caso, sufrirían en último término tal depredación, al ser las plantas de mayor tamaño y con brotes más duros, caso de *Spartocytisus supranubius*. En el caso de *Adenocarpus viscosus* y especialmente de *Chamaecytisus proliferus*, como bien recogen Ceballos & Ortuño (1976).

Probablemente nunca conoceremos las características, y el alcance real, del impacto producido por los ganados aborígenes sobre la flora de Las Cañadas, pese a que tenemos constancia de que éste fue muy intenso. Porque es de suponer que tras varios meses de estancia en la cumbre, la flora arbustiva no-*Fabaceae* se vería muy afectada. Mientras que la flora de leguminosas lo sería igualmente por zonas, en este caso tanto por causa animal como humana. Ya que si nos atenemos al registro antracológico, de la estructura de combustión de CH-N<sub>3</sub>, éste indica que los fragmentos de carbón de leguminosas son los más numerosos<sup>83</sup>. Pero poco podemos decir de los registros florísticos –bajo la forma de innumerables y variadas partículas vegetales– que consumieron los ganados, primero aborígenes y luego históricos. En ese sentido hemos recurrido a las posibilidades de la experimentación alternativa, entendiendo que el estudio de heces fecales de herbívoros actuales podría servirnos como punto de partida. Y que como bien ejemplificaron Alfayate & Rodríguez-Luengo (1991), para el caso concreto de la incidencia del muflón en la flora local, podía abordarse mediante el conocimiento adquirido con el estudio histológico de la flora de Las Cañadas (Alfayate, 1990; Alfayate & Yanes, 1992).

Desde esa perspectiva, hemos entendido que el estudio de fitolitos seguía el mismo principio y en este caso...el mismo animal, pese a que se trate de un cáprido de diferente género a los de época aborígen e histórica. Pero en todo caso un herbívoro de similar talla, quizás semejantes preferencias dietéticas y con seguridad introducido en el mismo escenario biogeográfico que aquellos. Pero cuya incidencia en la flora local no es, ni remotamente, tan acusada como la de los ovicápridos aborígenes. No obstante, entendiendo que podríamos encontrar una vía experimental para ejemplificar la aplicación del análisis de fitolitos en esa cuestión, se procedió a la recolección, tratamiento y estudio microfósil de las heces fecales, quizás coprolitos en algunos casos, de muflón (2007<sup>84</sup>). Lo cual ha permitido poner en práctica un aparato metodológico y experimental que colabora, en ese tema, aportando

---

<sup>83</sup> Machado & Galván, 1998.

<sup>84</sup> Muestras recogidas en superficie durante las campañas de prospección arqueológica del Inventario del Parque Nacional del Teide (2003-2007). En este caso en la zona alta de la Cañada de Pedro Méndez.

información microscópica, en este caso directamente relacionada con el consumo de flora de Las Cañadas por parte de este tipo de cáprido. No sabemos si algún día la ciencia arqueológica podrá afrontar la detección de coprolitos de ovicápridos prehistóricos de Las Cañadas, pero en todo caso de hacerlo...sus resultados podrían ser similares a los obtenidos con el estudio de heces fecales de muflón. Que en el conjunto de muestras similares analizadas –correspondientes a otros herbívoros– permite disponer de datos concretos – en este caso silicofitolitos– directamente asociados a la flora consumida por el muflón en la zona de Las Cañadas. Los resultados obtenidos, que pueden seguirse en el capítulo correspondiente<sup>85</sup>, son obviamente puestos en relación con varios de los aspectos que han sido descritos en este apartado.

## Materiales: Conjunto muestral analizado

*“La práctica es el mejor de todos los instructores”*

Publio Sirio

### Objetivos del conjunto muestral seleccionado y analizado.

Parece fundamental aclarar previamente que en esta Tesis se ha contado con dos grandes grupos de muestras, los cuales han permitido abordar todas las cuestiones de las que consta su contenido como aproximación al estudio de microfósiles vegetales en contextos arqueológicos y edáficos. Pese a que puede parecer que existen diferencias entre lo que pueden denominarse “muestras de referencia” (o contextuales) con las muestras-problema (arqueológicas y edáficas), ambas se interrelacionan de una forma u otra en cuanto a sus resultados, aquellos emanados del estudio de sus registros microscópicos. Pese a ello, obviamente existe un primer grupo de muestras ya disponibles y sobre las que se centran diversos tipos de cuestiones de partida, arqueológicas o edáficas, y otras que son obtenidas para ampliar la base empírica que permite conocer e interpretar las primeras.

De este modo la principal inquietud que ha motivado las labores de muestreo, sobre el que se basan las analíticas de microfósiles (fitolitos y microalgas) de esta Tesis doctoral, se ha centrado en disponer de la mayor cantidad de muestras relacionadas con los mismos, con el fin de conocer la diversidad de los registros microscópicos en concretos y muy diferentes contextos ambientales.

Se trataba, en función de ese talante exploratorio, de adquirir un conocimiento, lo más global posible, sobre las características de materiales y su contenido microfósil, que en el caso de sedimentos superficiales debían representar a un ambiente natural concreto, lo mismo que en los horizontes edáficos superficiales. Con la posibilidad, en éstos últimos, de percibir diferencias con la actualidad, cuando se procediera a analizar horizontes o aquellas zonas más antiguas de las estratigrafías de un determinado corte o perfil. Desde ese conocimiento, que se ha revelado como fundamental y que basa su ejecución en los *training sets* propuestos por Sandgren *et al.* (1995) parecía posible interpretar en qué condiciones, de sedimentación, medioambientales y de intervención antrópica podrían haberse generado los

---

<sup>85</sup> Capítulo Resultados 5-V.

registros microfósiles presentes en materiales arqueológicos, tomados éstos como muestras/preguntas-problema.

Creo poder afirmar que los análisis microscópicos realizados, sobre muestras de sedimentos y suelos muy dispares, han funcionado de forma similar a como lo hacen los residuos de plantas patrones, aquellas procesadas para conocer las biomineralizaciones que hay en su interior. Pero en este caso, constituyéndose como todo un compendio de conocimiento latente, encriptado y astutamente “barajado” por la Naturaleza, dispuesto entre partículas y compuestos edáficos que siguen la aleatoriedad o el orden que ella les ha otorgado<sup>86</sup>.

En ese básico planteamiento he encontrado las claves para entender que, conociendo los materiales naturales, era posible detectar aquellos donde comienza a haber indicios de actividades antrópicas, donde éstas no pueden esperarse pero donde, sorpresivamente, se hallan completamente concentradas o por el contrario, simple y llanamente...no existen. En resumen se buscaba una aproximación a la variabilidad de situaciones que pueden encontrarse durante un análisis microarqueológico con base en restos de antiguas plantas, donde las preguntas siempre involucran “lo humano” con respecto a “lo natural”.

Por ello se buscó disponer de muestras procedentes de ecosistemas muy dispares, entendiendo que aumentaba la variabilidad de los registros microscópicos y con su estudio, el conocimiento de sobre aquellos que no sólo derivan de depósitos naturales sino también de actividades antrópicas en el pasado. Pese a que tal proceder supuso añadir una tarea extra a todas las contempladas a nivel metodológico, ya que suponía ampliar notablemente el número de muestras para procesar y estudiar, ha resultado de fundamental importancia para el precepto de *conocer para reconocer*. En este caso a la hora de afrontar el estudio de muestras arqueológicas, cuya complejidad —desde mi parecer— involucra la formación de registros microfósiles donde se suma, al propio desconocimiento del contexto natural (propio de otras épocas), el de por si complejo comportamiento humano y su actividad (individual y en grupo), en el tiempo y espacio de un yacimiento arqueológico dado.

En todo caso se ha diferenciado entre éstos y los que inicialmente no debían presentar evidencias de actividad antrópica (pasada y actual), circunstancia muy compleja de evaluar en la actualidad para determinados ecosistemas, dado el grado de antropización de muchos de los considerados actualmente como “naturales”. Que no por ello inalterados, ya que las actividades antrópicas siguen mutando su proceder al paso de los avances de la tecnología, la coyuntura económica social y las propias costumbres, incidiendo de muy diversa manera en los mismos<sup>87</sup>. Por lo cual podemos

---

<sup>86</sup> Tomo la licencia aquí de omitir la terminología más adecuada para definir los complejos procesos sedimentológicos y edáficos que actúan sobre las partículas, minerales y biominerales, en el seno de los materiales que los engloban hasta el momento de muestrearlos.

<sup>87</sup> En muchas ocasiones ambientes que pueden considerarse inalterados, en la actualidad, resultan afectados —en diferente grado— por nuevas actividades antrópicas como el excursionismo (de altura o no) o los deportes de riesgo. En una amplia gama de ellos su impacto sobre el medio radica no sólo en que cada vez se

llevarnos “sorpresas” al analizar una muestra tomada en lo más alto de un paraje inaccesible, en la sima más profunda o en los sedimentos de cualquier enclave bucólico, como una laguna entre bosques o cañaverales.

### **El conjunto de muestras “contextuales” y su papel en las limitaciones metodológicas.**

El estudio del grupo de muestras que hemos denominado como “contextuales” supuso poner en marcha un mecanismo de verificación de sus posibilidades explicativas (en términos arqueológicos), así como del método empleado para evaluar los contenidos microfósiles señalados. Y es que una vez detectada la complejidad de los conjuntos, por ejemplo de fitolitos, en muestras de sedimento pertenecientes a determinados enclaves arqueológicos como La Cerera (Gran Canaria) y especialmente Chafarí (Las Cañadas del Teide), parecía que debía emplearse un elemento comparativo del que no se disponía, el cual debía asemejarse lo más posible a un sedimento arqueológico y sobre todo a muchos de ellos, también de los que no disponemos ni conocemos.

Pero ¿cómo podría llevarse esto a cabo?, ¿qué materiales podrían parecerse a aquellos sobre los que se han realizado actividades que intuimos pero desconocemos de forma preliminar?. En realidad no creo que podamos encontrar un sedimento arqueológico igual a otro, ya que en la diferenciación de cada nivel colaboran las condiciones del contexto natural, del propio sustrato y de las actividades antrópicas, también cambiantes en tiempo y espacio (a escala macro y micro dentro del ocupado o transitado). Pero entonces ¿porqué utilizar el método comparativo? o ¿el experimental, más concretamente hablando, para evaluar registros con características diferentes?. La respuesta se encuentra claramente relacionada con la búsqueda soluciones al a menudo complejo registro microscópico existente en suelos y sedimentos, especialmente cuando su edad supera varios milenios de antigüedad. En este sentido pese a que la amplitud de las colecciones de referencia sea un elemento a nuestro favor (Piperno, 1985), la realidad indica que el registro de fitolitos en sedimentos y suelos es por lo general menos diverso que lo que se espera, al menos en materiales edáficos, pese a que la vegetación potencial de un lugar sea todo lo contrario. En el plano arqueológico es donde las actividades humanas introducen un elemento de depósito vegetal que suele ser más intenso que en la naturaleza.

Aspectos como la diferencial producción de biomineralizaciones por grupos vegetales y los procesos tafonómicos implicados en el registro microfósil, colaborarían en que un análisis de fitolitos basado en su estudio no-aislado, de

---

vuelven más populares y masivos sino que suponen el tránsito, pernoctación y estancia en ecosistemas que podrían considerarse no alterados. Sin embargo, existe en ellos un lento factor de alteración de medios que hasta ahora podrían considerarse naturales, como los de alta montaña, reservas naturales, etc., donde se introduce no sólo el tránsito humano sino el todas las actividades y mecanismos asociadas al mismo. De este modo el muestreo de materiales en zonas donde se estima existen condiciones aptas para llevarlos a cabo, debe asumir la posibilidad de estar ante muestras perturbadas por la actividad antrópica reciente. Efectivamente hemos comprobado (Sedimentos de zonas húmedas, Capítulo Resultados 5-V) como en muestras que considerábamos no-alteradas existían evidencias arqueológicas claras (fracción > 2 mm.) de intervención humana reciente.



parte del sustrato que lo engloba, se viera seriamente comprometido, especialmente por la dispersión —entre el resto de partículas minerales que conforma el sustrato (en este caso solamente limos totales y arenas 2-700 µm). Dicho aspecto constituía una seria preocupación, ya que desconocíamos en parte el alcance real de no proceder con el aislamiento de fitolitos y microalgas de la matriz (sedimentaria o edáfica) donde podían contenerse. Aunque no obstante las pruebas realizadas con el método descrito y empleado por Bárcena y Flores (1990), Bárcena (1994) con muestras de Canarias habían permitido valorar su idoneidad. Pero el hecho de haber modificado en parte los volúmenes y superficies, a tenor de nuestras limitaciones de equipos de rutina<sup>88</sup>, requería de comprobaciones sobre el tema.

Efectivamente debíamos conocer las limitaciones del método empleado para el estudio de fitolitos, asumiendo que la evaluación de sus posibilidades podía venir —y compensarse— de la mano del análisis de un conjunto muestral suficientemente amplio, tanto como para permitirnos valorar —realizando pruebas de concentración— la idoneidad del método seleccionado<sup>89</sup> como de aplicación estándar. Por ello entendimos que la experiencia de estudiar registros de muy diferente procedencia colaboraría en presentarnos una amplia gama de los mismos, mostrándonos la verdadera heterogeneidad que existe entre registros, de fitolitos y microalgas, en la naturaleza, más o menos antropizada. La ampliación del conocimiento microscópico, sobre muestras muy diferentes, obraría como positivo complemento al análisis limitado de microfósiles, compensando —con una perspectiva amplia de sus registros en suelos y sedimentos muy dispares— la posible valoración sesgada derivada del empleo de un método básico en extremo.

Ambos particulares debían ser comprobados, en especial el de llegar a conocer la acumulación real de microfósiles en suelos y sedimentos, donde a veces, contra todo pronóstico éstos se encuentran concentrados, mientras que en otros se hallan completamente ausentes. Con lo cual el aspecto de la previsibilidad queda reducido a la verificación aportada por las analíticas, que suelen ser menos espectaculares en los suelos y mucho más sorprendidas en las arqueológicas, donde las variaciones —al menos en los sedimentos propios de un lugar de procesado y/o habitación— pueden llegar a ser muy superiores a las localizadas en suelos naturales, e incluso a veces en los de antropización actual (cultivos, jardines, etc.).

---

<sup>88</sup> Atendiendo a las características del equipo microscópico empleado (Leica CM E) cuyas limitaciones (carro, objetivos, etc.) y potencialidades (adopción de criterios de conversión de aumentos a escala micrométrica, etc.) aconsejaron llevar a cabo modificaciones en cuanto a las dimensiones de las preparaciones microscópicas, reduciendo éstas así como su concentración en partículas, extraídas en disolución mediante pipeteado. A su vez éste proceder respondía a nuestro interés por disponer de preparaciones permanentes que cumplieran los requisitos cualitativos (óptima dispersión de partículas) y cuantitativos (número de partículas biogénicas suficiente) como para poder ser observadas en su totalidad (2x2 cm.). Los detalles de su protocolo pueden seguirse en el Capítulo Prácticas Analíticas, pp...

<sup>89</sup> La comprobación del método cuantitativo fue llevada a cabo con sedimentos arqueológicos donde los registros microfósiles eran abundantes, caso del yacimiento grancañario de La Cerera. Los resultados del estudio comparativo pueden seguirse en el apartado de Resultados de ese yacimiento.

La amplitud del conjunto muestral debe entenderse en todo caso como parte del método de evaluación de los resultados obtenidos, y su diversidad una prueba experimental válida para la interpretación de aspectos como la potencialidad vegetal de una zona o bien su explotación antrópica.

### **Ámbitos geográficos y cronológicos del conjunto muestral.**

Como ya se ha expresado en el apartado introductorio, el conjunto muestral empleado en esta Tesis debía garantizar la consecución del primer objetivo de la misma: el diseño y aplicación de una metodología de análisis microfósil en contextos arqueológicos, y en especial de las facetas culturales y naturales enclavadas en la Prehistoria. Si bien el mismo se centra, por razones relacionadas con la ejemplificación y verificación de la investigación en el área de las Islas Canarias, en el interés por analizar periodos más antiguos que los propios de sus culturas aborígenes, ello ha aconsejado el abordaje de periodos anteriores, y también el de materiales de ámbito continental<sup>90</sup>. Lo cual no era posible sin disponer de muestras que provinieran de contextos biogeográficos y arqueológicos de fuera del Archipiélago. De este modo, asumiendo que se trata de un ejercicio formador de excepción, se recolectaron —o se recibieron cuando se trataba de investigaciones ya en marcha— muestras procedentes de contextos ambientales más antiguos que las facetas más tempranas de la prehistoria insular.

Tras testear la complejidad de los registros microscópicos de las muestras-problema, arqueológicas y edáficas pendientes de analizar llegué a conclusión de que la temática de una investigación de microfósiles, en contextos de la Prehistoria, no puede limitar ésta al contexto tomado como base empírica, metodológica y de interpretación. Porque la dinámica de las Islas Canarias en el tiempo es aun un campo de estudio con muchos interrogantes, tanto en el plano de su naturaleza como los procesos de poblamiento y colonización antrópica. En esa dinámica, los cambios son hechos consumados, por mucho que desconozcamos sus pormenores. Y en suelos, materiales edáficos y geológicos pueden estar algunas claves materiales de los procesos acontecidos, bajo la forma de registros microfósiles y las características de la matriz que los ha englobado en el tiempo. Mientras que las formaciones vegetales que hoy conocemos, su diversidad, concentración y extensión puede obedecer a concretas causas naturales y antrópicas que la práctica microarqueológica también puede abordar. Por ello, por la propia antigüedad natural de las Islas y porque en momentos imprecisos (de forma absoluta) de la 2ª ½ del I Milenio a.C. éstas serán abordadas por poblaciones humanas, se hizo necesario acudir e interrogar numerosos materiales de las Islas, pero también otros que podrían permitirnos interpretarlos en el contexto de secuencias prehistóricas.

---

<sup>90</sup> La diversidad de ambientes continentales, tanto a nivel de flora como de suelos, condiciones climáticas, etc. ofrece la posibilidad de detectar microfósiles derivados de la vegetación de esos contextos, e incluso observar las características de los sustratos (suelos y sedimentos) que los contienen. El estudio básico de tales características ofrece valiosos datos que han permitido ampliar la capacidad de detección y clasificación de los grupos microfósiles en categorías consensuadas en las obras de referencia, haciendo posible su empleo —el de la información y conocimiento adquirido— en la emisión de lecturas sobre los conjuntos analizados como corpus empírico de esta Tesis.

Así incorporamos el estudio de plantas y/o sedimentos de zonas como la meseta castellano-leonesa (Salamanca), rías de la cornisa cantábrica (Galicia, Asturias, Euskadi), Pirineo Navarro y algunas zonas de alta montaña del Pirineo aragonés, así como algunos de alto interés botánico y limnológico como plantas y sedimentos del noroeste de Escocia y zonas glaciares y periglaciares de Noruega central. De toda esa experiencia de aproximación material, a determinados contextos biogeográficos, solamente se expresan en esta Tesis unos mínimos apuntes descriptivos, que han sido tomados como fundamental elemento comparativo, quedando para posibles futuros trabajos la posible exposición de los resultados completos obtenidos, sobre tan amplio y diverso conjunto de muestras vegetales, edáficas y limnológicas (Tabla 1).

Si bien asumir el estudio de tales muestras ha requerido de un esfuerzo complementario, a los ya de por sí complejos análisis de materiales de las Islas Canarias, la recompensa ha venido de la mano del conocimiento microscópico aportado por muestras tan dispares. Conocimiento evidenciado cuando se nos han mostrado ejemplos palpables de estar ante elementos muy similares a los buscados, como pueden ser determinadas tipologías de fitolitos asociadas a un contexto ambiental muy concreto. Un ejemplo de esa “amalgama muestral” podría ser el caso de *Phragmites australis*, que comenzamos a conocer mejor –como paradigma arqueobotánico y paleoambiental– cuando logramos analizar un total de diez taxones, procedentes de diez localizaciones diferentes, entre Canarias, Península Ibérica, Escocia y Noruega.

Y el otro ejemplo, que sin duda confirma aun más la idoneidad de los *training sets* para proveernos de materiales de referencia (suelos y sedimentos), son las microalgas silíceas cuyo complejo estudio, a la hora de emplearlas como indicadores paleoambientales en contextos arqueológicos y edáficos, ha sido crucial desde muestras no sólo del ámbito geográfico de esta Tesis sino procedentes de otros con características similares o claramente diferentes.

Obviamente una de las preguntas que se plantea con todo ello, atendiendo a la situación geográfica de Canarias, es porqué recurrir a materiales de contextos biogeográficos tan lejanos disponiendo de otros, quizá más próximos en lo material y cultural, a Canarias como el continente africano. Y ciertamente, aunque se contemplaba inicialmente una fase de prospección en el mismo, los propios resultados preliminares y las reflexiones en torno a ellos aconsejaron realizar muestreos completamente dirigidos a su resolución. Y el planteamiento de partida –que puede ser perfectamente debatido como más o menos acertado– fue no buscar lo similar...sino lo diferente, atendiendo precisamente al concepto de cambio en las situaciones ambientales, sociales y económicas de las facetas más antiguas de la Prehistoria.

Los primeros y prometedores resultados<sup>91</sup>, trabajando de forma totalmente experimental con materiales vegetales y especialmente arqueológicos, aconsejaron orientar los muestreos de materiales hacia plantas, suelos y sedimentos muy concretos, siguiendo el objetivo de contar con aquellos que podían aportar información sobre contextos ambientales diferentes a los actuales, o al menos no tan conocidos en el campo de la arqueología canaria.

---

<sup>91</sup> Opinión personal del autor.

Esos muestreos buscaron entonces plantas muy concretas, que como *Phragmites australis* probablemente se desarrollen en algunas cuencas del cercano Marruecos y sedimentos que representaban condiciones de frío<sup>92</sup>, propio de la afectación de periodos glaciares, vestigios edáficos de etapas más frías que las actuales, de las cuales aun poco sabemos en Canarias. Probablemente suelos limosos y sedimentos de zonas húmedas también hubiésemos encontrado en los países africanos atlánticos. Pero en realidad se buscaban plantas terrestres iguales y sedimentos muy diferentes, porque también en ellos habría registros de microalgas muy diferentes a los analizados como muestras-problema.

Tipo de muestras	Islas Canarias	Península Ibérica	Norte de Europa
Arqueológicas	99%	1%	—
Edáficas	90%	5%	5%
Limnológicas	50%	25%	25%
Bioantropológicas	99%	1%	—
Plantas patrones	85%	10%	5%

**Tabla 1**, Distribución aproximada de la procedencia de las muestras analizadas.

Futuros estudios en la vecina África aportarán nuevos datos sobre los aspectos tratados, mostrándonos entonces si existen similitudes o discrepancias con los que hemos abordado. Por el momento, para el cierre de esta tarea experimental y de aportación metodológica, la iniciativa de analizar dicho heterogéneo conjunto muestral ha resultado, al menos a nivel formativo, totalmente fructífera. O al menos ha vuelto mucho más efectiva la tarea de aprender e interpretar —desde la variabilidad— lo que el estudio de una muestra aislada, estudiada hasta la extenuación y el mínimo detalle puede ofrecernos. Aunque evitando que una tarea sea sustituida por la otra, ya que en materia de partículas como los fitolitos o las microalgas ambas resultan necesarias.

Pese a ello, no ha sido un marco geográfico suficientemente amplio para conocerlo “todo”, pero sí para asumir la fase interpretativa tras la obtención y clasificación de datos. Digamos que el método de evaluación seguido, al respecto de la presencia y aportación de evidencias empíricas microscópicas susceptibles de elaboración de inferencias arqueológicas, se ha beneficiado del estudio de muestras muy dispares. Especialmente cuando éstas son estudiadas buscando microfósiles vegetales en el seno de parte de la matriz que los ha albergado, por millones, miles o cientos de años. Me atengo, por todo lo expuesto, a la máxima de Publio Sirio: “...la práctica es el mejor de los instructores”.

<sup>92</sup> Los limos que J. Chaline nos indicó como reclamo, para indagar en los cambios de los ambientes que funcionaron como escenario de las diferentes sociedades humanas de la Prehistoria.

**Plantas patrones.****Plantas de talla macroscópica.**

Se han procesado plantas que responden tanto a los grupos de las gimnospermas como angiospermas (mono y dicotiledóneas), para comprobar sus contenidos biominerales. Atendiendo al conocimiento sobre su producción en el reino vegetal, no se ha contemplado la recolección y estudio de plantas inferiores por debajo del rango de los pteridofitos, entendiendo que grupos como los hongos y los líquenes presentan por lo general oxalatos y sólo ocasionalmente sílice (Simkiss & Wilbur, 1989). No tratándose en principio de plantas que entraban dentro del repertorio de las que pretendían ser identificadas en entornos arqueológicos y edáficos.

Si bien las plantas patrones han sido en su mayoría recolectadas en Tenerife, con algunos taxones concretos traídos desde Gran Canaria y La Gomera, tanto en materia de material fresco como herborizado, algunas especies han sido recolectadas en ambiente continental europeo. Este ha sido el caso de algunas gramíneas como *Phragmites australis*, que después de calificarla como “paradigma vegetal” –por razones que se exponen en varias ocasiones– ha sido muestreada en al menos en cuatro localizaciones de la Península Ibérica (Castilla-León, Galicia, Asturias y País Vasco) y dos del norte de Europa (Escocia y Noruega). Lo que sumando las recolectadas en Canarias nos ha permitido disponer, entre especies y subespecies de *P. australis*, el estudio de un total de diez taxones, facilitando un conocimiento más en profundidad de las morfologías de fitolitos más comunes en la misma. En concreto en el plano morfométrico y el de multiplicidad y redundancia de determinadas morfologías entre ejemplares de una misma especie o subespecie<sup>93</sup> (Tabla 2).

Taxón (especie)	Lugar	Localidad	Zona/Región
<i>Phragmites australis</i>	Bco. de Benijos	Taganana	norte Tenerife
<i>Phragmites australis</i>	Ctra. Mesa Mota	La Laguna	norte Tenerife
<i>Phragmites australis</i>	Maris. Maspalomas	Arguineguin	sur Gran Canaria
<i>Phragmites australis</i>	Jardín Canario	Tafira Alta	norte Gran Canaria
<i>Phragmites australis</i>	Valle Gran Rey	Valle Gran Rey	sur La Gomera
<i>Phragmites australis</i>	Maris. Loch Dubh	Tarbet	norte Escocia
<i>Phragmites australis</i>	Marj. Refvik Beach	Möloy	costa central Noruega
<i>Phragmites australis</i>	Ribera del Tormes	Salamanca	Castilla-León
<i>Phragmites australis</i>	Marj. Río Orio	Zarautz	Guipúzcoa
<i>Phragmites australis</i>	Marj. Ribadesella	Ribadesella	Asturias
<i>Phragmites australis</i>	Marj. Catoira	Arousa	Galicia

**Tabla 2**, Localizaciones de taxones de *Phragmites australis*.

<sup>93</sup> Efectivamente una de las primeras impresiones de visu sobre los ejemplares traídos del exterior es que presentaban ciertas variaciones morfológicas, entre ellas y las existentes en Canarias, especialmente en la inflorescencia y la talla, lo cual indicaba que aunque habíamos identificado y recolectado la misma planta (*P. australis*), algunos ejemplares presentaban las lógicas diferencias asociadas a contextos biogeográficos más septentrionales. Que a nivel taxonómico suponía estar ante subespecies pertenecientes a *P. australis* (Dr. A. Santos, 2010. Com. Pers.).

El objetivo de conocer las biomineralizaciones desarrolladas por un tipo de planta u otro motivó que no se restringiera inicialmente la búsqueda a determinados grupos, como las herbáceas o las arbóreas, dado que se buscaba un conocimiento más global, pero claramente evaluador de la producción biomineral de unas y de otras. Tras comprobar que en la selección de plantas procesadas, procedentes de Canarias, se mantenían las lecturas aportadas por anteriores trabajos, realizados en otros contextos biogeográficos, como en la desigual producción de biomineralizaciones silíceas (y oxalatos de calcio) entre las herbáceas y las especies arbóreas, entendimos que la primera parte de nuestro trabajo estaba realizado. Del cual ofrecemos en esta Tesis algunos aspectos que creemos fundamentales, aunque por motivos de esquematización de resultados obtenidos y la necesidad de trabajos con mayor profundidad (en los preceptos de tipo morfométrico y estadístico) solamente se muestra el realizado con algunas especies vegetales.

Tal es el caso de plantas que hemos entendido como más relevantes en cuestiones arqueobotánicas globales, que sólo hemos asumido parcialmente, como el pino canario (*P. canariensis*), la retama del Teide (*Spartocytisus supranubius*), el helecho común (*Pteridium aquilinum*), la palmera canaria (*Phoenix canariensis*) y una sucinta selección de especies de la laurisilva, como el laurel/loro (*Laurus novocanariensis*) o el tilo/til (*Ocotea foetens*). Como específico en el apartado referente a las tipologías de fitolitos estudiados (que no pretenden ser todas las contempladas en trabajos similares), la labor de observación microscópica de estos años (2002-2012) ha puesto de manifiesto la existencia de determinadas tipologías, morfologías o morfotipos que por su propia relevancia morfométrica (de formas y ornamentaciones) y cuantitativa (de unas tipologías con respecto a otras) deben ser objeto de trabajos con mayor profundidad, ampliando las recolecciones de plantas patrones, para contar con la variabilidad aportada por el desarrollo vegetal en diferentes contextos biogeográficos (**Figura 56**).

Las plantas recolectadas desde 2002 y de las cuales se aportó una primera impresión sobre las biomineralizaciones que producían (Afonso, 2004b), procedían en su mayoría de la Isla de Tenerife. Sobre algunas de ellas se realizaron trabajos en profundidad en materia de análisis morfométrico y estadístico. Prácticas que confirmaron la relevancia de los mismos a la hora de establecer parámetros que pudieran funcionar como factores discriminantes, con mayor o menor grado de valor taxonómico, para ser empleados en el reconocimiento de plantas de las cuales únicamente han permanecido sus partículas más resistentes, en este caso silicofitolitos.

En años posteriores y hasta 2011 se continuó recolectando plantas, pero ya siguiendo objetivos concretos, de verificación de una determinada tipología de fitolitos o en base a la propia producción de los mismos. Sin embargo, resta aun la sistematización de la Colección de Referencia, confeccionada mediante el estudio de las plantas patrones, siguiendo preceptos marcados por trabajos similares, realizados con vegetales de Próximo Oriente (Albert *et al.*; 1999) o cuenca mediterránea (Tsarsidou *et al.*, 2007).



**Figura 56**, Inflorescencia de *Phragmites australis* correspondiente al taxón recolectado en los marjales del Río Orio, cercano a Zarautz (Guipúzcoa). La recolección sistemática de esta especie, en diferentes localidades situadas entre las latitudes 31-62°N, ha permitido plantear que se trata de varias subespecies presentes en el mismo tipo de ecosistemas (marismas y marjales monoespecíficos), pero con diferencias taxonómicas propias del proceso adaptativo a cada uno de ellos.

### Microalgas.

A diferencia de las plantas de talla macroscópica, que pueden ser localizadas en la naturaleza y ser sometidas a tratamientos de laboratorio, para hacerlo con microalgas vivas habría que poner en práctica otros mecanismos de investigación que ya no corresponden a los objetivos de nuestro trabajo, más versado en conocerlas a nivel fósil. Pero tal y como ocurre con la investigación limnológica y paleontológica, la praxis centrada en la recolección de sedimentos y/o suelos de cuencas sedimentarias sumergidas (marinas o de agua dulce) resulta la más apropiada para su estudio. Dado que los taxones observados al microscopio pueden ser comparados con los contenidos en las obras de referencia, y que pese a su complejidad pueden ser adscritos a géneros, especies y subespecies concretas.

Por todo ello, el estudio de microalgas en esta Tesis ha seguido la opción de obtener conocimiento mediante la recolección de muestras en aquellos ambientes donde podrían desarrollarse microalgas de forma natural, esto es sin signos directos de acción antrópica. Entendiendo que las morfologías de valvas y quistes de diatomeas y crisofitas observadas/os en los contextos arqueológicos muestran precisamente un desarrollo acorde a las condiciones derivadas de diferentes actividades antrópicas, se procedió a recolectar sedimentos de zonas con humedad actual o pasada<sup>94</sup>.

<sup>94</sup> Este sería el caso de sedimentos de antiguas fuentes situadas en la zona de Las Cañadas y que ya fueran citadas por fuentes arqueológicas (Diego, 1968). Como se indica en el Capítulo de Resultados 5-IV. Se detectaron casos donde no habiendo presencia de agua en la actualidad, si se percibía un ambiente vegetal vinculado a la

Los puntos más relevantes, donde se han llevado a cabo extracciones de muestras superficiales para el estudio de microalgas pertenecen en su mayoría de las Islas Canarias, en concreto de Tenerife, a los que hay que sumar los obtenidos en ámbitos continentales, especialmente de la Península Ibérica y norte de Europa (Noruega), según se especifica en la **Tabla 3**.

### Suelos y sedimentos.

#### Formación jurásica de Tereñes (Asturias).

Pese a que la mayor antigüedad de la muestras debía corresponderse con materiales de las Islas Canarias, el hecho de que en las Islas no se produjeran los procesos físicos y biológicos que involucraron la evolución de numerosos organismos, motivó que se intentara conocer —a modo de prueba— algunos materiales que respondían a etapas geológicas y biológicas donde aun podrían evidenciarse ausencias de determinados organismos o bien “presencias” que ya manifestaban procesos evolutivos con repercusión en la actualidad.

Muestras sedimentos microalgas	Localidad	Lat.	Long.	Altitud
Fuente de La Piedra	Cañada del Capricho	28°13' 13.28N	16°37' 25"O	2143
Fuente de Los Chupaderos	Izaña	28°16' 54"N	16°31' 22"O	2223
Galería de El Cedro	Roque El Cedro	28°13' 36"N	16°42' 00.18"O	2155
Punto Húmedo Los Roques	Playa de Los Roques	28°24' 14.95"N	16°34' 31"O	5
Puntos Húmedos Altos	Pico Teide	28°15' 57"N	16° 39' 23" O	3210
Barranco de El Riachuelo	Barranco El Riachuelo	28°12' 36.89"N	16°37' 46.49"O	2090
Ibon de Batisielles	Batisielles, Benasque	42°39' 12.07"N	0°37' 46.98"O	1703
Ibones de Remuñe	Remuñe, Benasque	42°41' 13.56"N	0°34' 01.23"O	2.224
Glaciar de Briksdal	Briksdal	61°39' 805"N	6°51' 180"O	900
Glaciar de Kjenndal	Kjenndal	61° 53.673 N	6° 33.201" O	574
Ría de Villaviciosa	Villaviciosa, Asturias	43°30' 46.45"N	5°24' 01.20"O	1
Formación jurasica de Tereñes	Tereñes	43°28' 29"N	5°06' 070"O	1,5
Punto Húmedo Volcán Ciego	Lomo de Chío	28°15' 33.52"N	16°41' 20.79"O	2378
Charca montñ. Old Strynefjell Road	Stryn	61° 57.819 N	007° 25480 E	¿1438?
Camayor (Somiedo) Charca montaña	Somiedo	43°03' 34 N	43°03' 34 N	1700

**Tabla 3,** Localizaciones de los muestreos para el estudio de microalgas y sedimentos de zonas húmedas.

Y en todo caso el hecho de analizar materiales de varios cientos de millones de años, aportaba la fundamental referencia de materiales mucho más antiguos que lo que cabría esperar en un trabajo de prehistoria, al menos con respecto al desarrollo del género *Homo*. Superando ese límite cronológico (situado a comienzos del Cuaternario,  $\pm 2$  Ma), donde los botánicos fijan los

---

misma, con la persistencia de plantas edafohidrófilas, en este caso del tipo de las labiadas (*Lamiaceae*) del tipo de *Mentha longifolia* en este caso concreto.



momentos desde donde es posible establecer comparativos con la flora actual, dado que es aproximadamente desde entonces cuando los organismos vegetales frenan su evolución, siendo muy semejantes a los actuales (Helbaeck, 1980). El estudio de los limos de la Formación Tereñes aportaba todas esas posibilidades, dada su pertenencia a procesos físicos y biológicos muy diferentes a los que acontecerán cientos de millones de años después.

Por ello la cronología del estudio muestral, al menos el que atiende a las muestras contextuales, tiene su límite inferior en el Jurásico superior (160-141 Ma), mediante el estudio preliminar de las margas grises, o limos según otros autores, procedentes de la Formación Tereñes, conocida a nivel científico y divulgativo por compartir junto con las Formaciones Vega y Lastres un notable conjunto de icnitas de dinosaurios, encuadrados en el Jurásico (213-144 Ma; 195-141 Ma según autores).

Las muestras proceden de un nivel de margas o limos grises, aun reconocible en la costa acantilada cercana a Ribadesella (**Figura 57**), que habría sido eliminado por la erosión marina. Presentando en la actualidad una rasa marina, donde se localizan las mencionadas icnitas de saurópodos y otros dinosaurios. Las margas o limos allí presentes corresponderían a un nivel de costa fangosa propia de un mar interior de aguas someras o *lagoon* (Ruíz-Omeñaca *et al.*, 2008; García-Ramos *et al.*, 2010; entre otros).



**Figura 57**, Estrato geológico con icnitas de la Formación Tereñes (Jurásico superior), en la playa/acantilados del mismo nombre. El nivel limoso muestreado correspondería al situado sobre esta plataforma, que habría resultado eliminado por la erosión costera. J.A.

Si nos atenemos al momento geológico y biológico que representan estos materiales, su importancia aumenta a la hora de realizar sobre ellos un análisis microscópico, ya que en teoría nada de lo allí presente podría paralelizarse a lo observado en muestras pertenecientes a secuencias holocenas. Ya que como se sabe el Jurásico es un periodo de gran expansión biológica, donde aparece también el grupo vegetal más evolucionado hasta la

actualidad: las angiospermas. Lo que hemos entendido como *limos de la Formación Tereñes* guardaba por tanto una alta relevancia en esta Tesis, al constituirse como el límite inferior en términos cronológicos de la misma.

Su tratamiento y estudio ha permitido conocer el material más antiguo de todo el conjunto muestral, aportando información relacionada con un medioambiente muy diferente al actual, cuya observación microscópica ha generado cuestiones concretas que son expuestas en el apartado correspondiente<sup>95</sup>.

#### **Niveles pleistocénicos de Ambrona (Soria).**

Los yacimientos de Torralba y Ambrona se localizan en el valle del río Masegar (=arroyo de La Mentirosa), afluente del río Jalón, en Soria, siendo uno de sus mayores puntos de interés su contenido en industria achelense, estando por tanto asociados a poblaciones humanas del Paleolítico inferior de la Península Ibérica. Según Butzer (1965) se trata en realidad de dos yacimientos gemelos, separados entre sí, y que formaban parte del mismo nivel de terraza aluvial del río Masegar, situado a unos 40-45 m de distancia. Siendo por lo tanto en dos fragmentos de la misma formación estratigráfica, denominada Formación Torralba. Su composición estaría constituida por depósitos detríticos de ladera y fluviales, así como margas de origen lacustre somero con una edad anterior al interglaciar Mindel-Riss (Pérez-González *et al.* 1997).

Los materiales analizados corresponden a la fracción limo (50-2  $\mu\text{m}$ ) estudiada por A. Pinilla (CCMA<sup>96</sup>, CSIC, Madrid) y obtenidas desde muestras en bruto procedentes de varios niveles de Ambrona, mediante un protocolo específico para el estudio de fitolitos en relación con las partículas minerales con las que se integran en la matriz edáfica (Pinilla & Bustillo, 1997).

La relativa riqueza de microfósiles de estas muestras permite orientar sus conjuntos (fitolitos y microalgas) hacia el medio ambiente existente en esos momentos, cuando el yacimiento achelense se formó en lo que era entonces una llanura de inundación, donde proliferaban especies vegetales de ambiente húmedo. Y en todo caso un lugar constituido, en la prehistoria, como punto fundamental para la explotación de recursos faunísticos y quizás vegetales.

#### **Terrazas pleistocénicas del Manzanares (Madrid).**

Como continuación del seguimiento de los registros microscópicos pertenecientes a contextos del Paleolítico Inferior de la Península Ibérica, el análisis de contextos con evidencias arqueológicas –en este caso asociadas a fauna pleistocénica– pasa por el de muestras de terrazas aluviales de la provincia de Madrid (paleoriberas del río Manzanares) correspondientes a inicios del Cuaternario. En esta zona junto con la del Jarama son abundantes los hallazgos de grandes bóvidos en yacimientos del Pleistoceno, dentro de los cuales es común la presencia de *Bos primigenius* (uro o toro primitivo), siempre más abundante que *Bison priscus* (bisonte de estepa primitivo) en contextos de acumulaciones de arenas fluviales o areneros (Sesé y Soto, 2002).

Las inferencias asociadas a tales hallazgos sitúan la presencia de este tipo de grandes herbívoros desarrollándose en contextos del Pleistoceno medio, al

---

<sup>95</sup> Resultados 5-V.

<sup>96</sup> Centro de Ciencias Medioambientales, Departamento de Suelos, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, Serrano 115.

menos para *Bos primigenius*, en paleoambientes propios de esta especie, menos tolerante a rigores fríos que *Bison priscus* que habría experimentado —durante el Pleistoceno— una extensión hacia territorios septentrionales mayor que la de *Bos primigenius*. El uro o toro primitivo, *Bos primigenius*, tendría sus preferencias ambientales en zonas menos frías, con humedad pero temperaturas más templadas, lo cual quizás se halle en relación con su presencia casi hasta la actualidad (siglo XVII).

La muestra analizada corresponde a sedimentos contextuales a restos de esta última especie, localizados durante las obras de remodelación viaria del extrarradio de Madrid (M-30). Se trataba concretamente de un cráneo de “uro” (*Bos primigenius*) en buen estado de conservación, asociado a industria lítica del Paleolítico Inferior en esa zona. Este hallazgo motivó el estudio de sedimentos desde muy diferentes perspectivas, una de ellas la palinología<sup>97</sup>. Y sobre los mismos pudo llevarse a cabo una primera inspección de fitolitos, así como obtener algunas de las características básicas del mismo, como su granulometría, etc.

La muestra analizada siguió dos procesos de tratamientos separados y sobre dos porciones diferentes de la misma. El primero de ellos tendente exclusivamente a la detección de fitolitos, siguiendo el protocolo descrito por Barcena y Flores (1990), empleado por Bárcena (1994) e igualmente por Hernández (2006b). El segundo en el que puede considerarse derivación del primero y que es descrito como protocolo estándar empleado en esta Tesis (Capítulo 4, Prácticas Analíticas), que aunque igualmente iba encaminado al estudio de fitolitos, permite la caracterización parcial del sustrato portador mediante la estimación de la materia orgánica oxidable, así como su contenido en fracciones granulométricas con posibilidad de lecturas asociadas al comportamiento textural del sustrato.

Se trata en todo caso de un reducido conjunto de muestras que hemos entendido como de fundamental importancia formativa, pese a tratarse de análisis puntuales, ya que me ha permitido contar con mayor criterio a la hora de analizar muestras-problema. Porque siempre se ha buscado en ellas percibir características, de matrices edáficas o sedimentarias y registros microfósiles vegetales, propias de contextos naturales muy antiguos, o en todo caso diferentes a los actuales.

Pero sin duda es el estudio de las secuencias más antiguas de la humanidad la principal motivación de este trabajo, la cual deriva de la percepción de amplias posibilidades, para un estudio arqueobotánico, de acercamiento a los paleoambientes que potenciaron, limitaron o evitaron diferentes modelos de desarrollo en la escala evolutiva del género *Homo*. Como lo es la perspectiva, ya mencionada como antecedente teórico, que la relación sociedad-medio natural nos ofrece la posibilidad —en este caso desde registros microscópicos— de incidir, al menos en parte, en el modelo social y económico de determinadas poblaciones del pasado. Aunque asumo que es una perspectiva que parte de la observación, propia de un analista social actual, de que nuestras sociedades ofrecen una diversa gama de comportamientos para con

---

<sup>97</sup> Mediante el análisis paleopalínológico llevado a cabo por la Dra. C. Rivas (Dpto. de Geología, Sección Paleontología, USAL) que nos permitió acceder a la muestra para estudiar su posible contenido en fitolitos.

el medio natural, donde prima la explotación intensiva de aquellos que aportan mayores beneficios a la economía local, salvo que ésta se encuentre limitada por causas ecológicas extremadamente evidentes (caso de regeneración de acuíferos en Canarias) o sea el propio ambiente vegetal un recurso económico de interés turístico (también el caso de Canarias).

El límite cronológico superior del conjunto muestral se situaría casi en la actualidad, con las muestras extraídas de capas superficiales de suelos y sedimentos, obviamente matizando la edad de estos contextos que, como los geológicos, representan una escala ínfima a nivel de generaciones humanas. Probablemente las muestras de tipo edáfico o sedimentario más reciente sean los de horizontes de sedimentos acuáticos, donde la deposición de materiales es prácticamente constante, especialmente a nivel de esqueletos silicificados de microalgas.

Igualmente recientes, en términos de cronología prehistórica, serían los residuos extraídos de restos humanos de época aborigen de Tenerife, en concreto de Las Cañadas del Teide (Momia de la Cañada del Capricho) y otros que, como los conservados en los fondos del Instituto Cabrera Pinto (La Laguna, Tenerife). Que con mayor seguridad cronológica en la primera, pueden tratarse de restos de los más antiguos pobladores aborígenes de Las Cañadas, pertenecientes a una época situada hacia el s. V d.C.

## Suelos y paleosuelos de las Islas Canarias.

### **Paleosuelos rubefactados (almagres): antecedentes y especificaciones.**

En Canarias —como en algunos otros lugares— se conocen como «almagres» a aquellos suelos que han sufrido los efectos del calor y el peso del material suprayacente, que suele ser, tanto en las Islas como en el Norte de África, el de una colada basáltica, por lo general de gran potencia (>1 m.), y en ocasiones de hasta 10 o más metros (Benayas *et al.*, 1987). Según estos últimos autores Kubiena (1956) los habría clasificado como productos de meteorización rojos, siendo posteriormente denominados por Kress (1964) como «*edafoides vulcanogénicos*».

En las muestras estudiadas hasta el momento, todas correspondientes a paleosuelos de Tenerife, también se han identificado suelos rubefactados de menos de 1 metro de potencia, e incluso de escasos centímetros. También en éstos el proceso de rubefacción se ha desencadenado cuando son afectados por el calor y el peso de una colada basáltica incandescente, efectos que dejan —como señal más común— una tonalidad rojiza en las capas más superficiales, aunque varía de uno a otro en cuanto a espesor de la misma. Según Benayas *et al.* (1987) dicho proceso se articularía cuando el calor de la colada produce una pérdida del agua de hidratación de los constituyentes del suelo, ocasionando un cambio de la plasticidad y cohesión del mismo, así como un enrojecimiento debido a la deshidratación de los óxidos de hierro presentes en las arcillas. Estos mismos autores citan a Almendros *et al.* (1984) para la explicación del proceso de rubefacción:

*“La coalescencia de las partículas coloidales por el calor origina un cambio en la distribución del tamaño del grano que se manifiesta en la disminución de la fracción arcilla, con formación de agregados estables”.*

Una consecuencia de ese proceso, que se constituye como característica para la detección de este tipo de sustratos, es su coloración roja fruto de la

rubefacción. Que además ha sido puesta en relación con aspectos paleoclimáticos, ya que para formarse requeriría de una precipitación superior a 500 mm. y temperatura  $>20^{\circ}\text{C}$  (Pedro, 1968; citado por Porta *et al.*, 2011).

Aunque en Canarias los numerosos ejemplos de este tipo de sustratos aun no han sido puestos en relación con aspectos paleoclimáticos, sin duda su estudio pormenorizado permitiría una aproximación al conocimiento de las secuencias climáticas que han afectado al Archipiélago.

Por ello los objetivos seguidos con el estudio de paleosuelos de esta Tesis doctoral, han contemplado el análisis parcial de los mismos, entendiendo que el conocimiento de algunas de sus características edáficas básicas, como los contenidos en materia orgánica y especialmente en fracciones granulométricas y registros microfósiles (silíceo y de oxalatos), insertos en los mismos, nos permitiría no sólo testear la metodología descrita para suelos, sino además permitirnos incorporarlos como evidencias paleoambientales. Ya que se trata de verdaderos suelos formados tiempo atrás bajo condiciones ambientales que pudieron ser o no semejantes a las actuales. Y porque su exposición a la atmósfera, quizás presentó condiciones para el desarrollo de vegetación, de la cual desconocemos sus características. De modo que, en su seno, podrían encontrarse evidencias de antiguas plantas bajo la forma de silicofitolitos o microalgas, que podrían permitir —tras su estudio microscópico— emitir lecturas sobre las fases de ocupación vegetal del medioambiente de las Islas durante los ciclos de conformación de paisaje muy antiguos, el mismo que posteriormente será ocupado por los primeros grupos humanos llegados a las Islas<sup>98</sup>.

Una de las primeras experiencias sobre la identificación de silicofitolitos en paleosuelos —aunque al parecer no rubefactados— será la de Alférez Delgado (1971), quién retomará los trabajos iniciados en 1965 por J. Benayas, en el estudio de fitolitos en suelos actuales. Alférez llega a plantear, con el estudio de un paleosuelo cuaternario de la terraza media del Tajo en Toledo, la importancia de la detección de este tipo de microfósiles, no sólo en la comprobación del carácter “paleo” de un determinado sustrato fósil, sino como medio para determinar fases climáticas cuaternarias, donde el clima se volvió más húmedo y suave; permitiendo así una aproximación a periodos interglaciares e interestadiales con resultado en forma de edafogénesis. Es aquí donde comienza, para la investigación de la disciplina de los fitolitos, pero con objetivos edafológico-arqueológicos, una de las primeras facetas de la misma, en este caso abordando procesos que relacionan las características edáficas de un paleosuelo con el registro microfósil inserto en las mismas.

Pero es en la cuestión de las dataciones de los paleosuelos canarios donde existe una mayor indefinición, puesto que la naturaleza de estos materiales puede ser abordada mediante diferentes técnicas. Con respecto a la edad de

---

<sup>98</sup> Espero cumplimentar con este apartado el compromiso adquirido con el Dr. Arnoldo Santos, sobre la realización de analíticas sobre un tipo de materiales que consideramos fundamentales para el estudio paleobotánico de flora de Canarias. Que nos llevaría desde su contenido en microfósiles vegetales al conocimiento de antiguas plantas que se habrían desarrollado en dichos paleosuelos antes de que las coladas volcánicas los sepultasen. Y especialmente por la oportunidad que nos brindan para conocer facetas paleobotánicas de Canarias que aun nos son en gran medida desconocidas.

las muestras analizadas, su situación, bajo materiales volcánicos de la poco definida Serie III, les hace más antiguos que ésta, pero hasta ese punto puede llegarse a nivel geológico. Sí que existe la posibilidad de obtener datos cronológicos absolutos aplicando la metodología propuesta por Carracedo *et al.* (2003), para lo cual habría que detectar primero restos de madera situados en el propio paleosuelo en niveles inferiores y superiores. Por el momento, hemos abordado su estudio microscópico con la certeza de buscar respuestas concretas sobre la vegetación de Tenerife en momentos donde el clima, e incluso la propia geografía del terreno, eran muy diferentes a los actuales.

Además de todo lo expuesto a nivel teórico, como ya se ha planteado al comienzo de esta Tesis, el estudio de paleosuelos de Tenerife sigue la idea de un estudio de Prehistoria, aquel que contempla esa “Prehistoria no-habitada” de Canarias, en momentos –hace 1Ma o 500.000 ka– en los que tenían lugar secuencias fundamentales para el género *Homo* en contextos no tan lejanos de las Islas.

### Muestras de paleosuelos.

Las muestras fueron tomadas después de realizar un seguimiento por varias zonas de la isla de Tenerife, localizando cuatro paleosuelos de similares características pero muy diferente situación y potencia (Tabla 4). Su localización podría permitir el posible estudio de la paleovegetación de la Isla en la totalidad de sus pisos bioclimáticos, aquellos definidos en sentido vertical desde la primera propuesta de Humboldt (1975)<sup>99</sup>. Y que si nos atenemos a algunos planteamientos al respecto, podría insertarse –este tipo de estudios– en la detección de formaciones vegetales anteriores a la actual organización de los pisos de vegetación, que serían resultado de un proceso de recolonización iniciada tras la última crisis morfoclimática pleistocena (Quirantes y Pérez, 1991).

Su muestreo –con alguna anécdota incluida<sup>100</sup>–, tratamiento y análisis microscópico nos guardaba algunas sorpresas que confirmaron la afortunada intencionalidad de su estudio, corroborando lecturas ya existentes (Alfárez, 1971) y marcando una vía propia de investigación en microfósiles, la que

---

<sup>99</sup> Obviamente se trata de una propuesta más que me permito exponer en función de las observaciones de campo realizadas, pero sobre todo atendiendo a los resultados que se describen en el capítulo correspondiente a los paleosuelos (Cap. Resultados V), que parecen indicar que efectivamente podría establecerse una relación entre la edad de los paleosuelos, situados en costa, medianías y cumbre de las Islas y su contenido en microfósiles vegetales, en concreto silicofitolitos.

<sup>100</sup> El proceso de muestreo del Paleosuelo DECA-1 conllevó pedir autorización al propietario de los terrenos donde se localizaba...una edificación en fase de cimentación. La llegada a la misma, con los pertrechos propios de un muestreo edáfico, motivó gran nerviosismo por parte del personal encargado de la misma. Los diálogos entre éstos y el autor de esta Tesis son para recordar, como lo fue la presteza con la que se realizó el muestreo en cuestión, probablemente el más apresurado y fugaz de todas las tareas de campo realizadas. En la actualidad no puede accederse al mencionado paleosuelo, al menos desde la zona donde fue muestreado, ya que lo impiden cientos de toneladas de hormigón. La anécdota, como se verá en el Capítulo de Resultados, subcapítulo V, reviste cierta importancia ya que iba acompañada del planteamiento personal de: “...espero que no haya nada importante”. Y como se verá...fue comprobar que las paradojas en ciencia existen.

atañe al estudio de antiguos sustratos edáficos cuya evolución se vio interrumpida por la llegada de materiales volcánicos locales. Lo cual detuvo todos los procesos involucrados en la edafogénesis edáfica de cada uno de ellos, propiciando la precipitación de procesos destructivos sobre sus cubiertas vegetales que, paradójicas de la naturaleza, propició el depósito de los fitolitos pertenecientes a las formaciones vegetales hasta ese momento existentes.

Muestras Paleosuelos	Localización	altitud	Nº muestras
Fuente de Joco	Dorsal Pedro Gil	1.860m	2
DECA-1	Los Majuelos	420 m.	3
Los Roques 1	Playa Los Roques	5 m.	3
El Cedro	Roque El Cedro	2100 m.	1

Tabla 4, Procedencia de muestras de paleosuelos.

#### **Paleosuelo de Fuente de Joco.**

Constituido como la primera muestra analizada de este tipo de material, su edad puede ser de las más recientes del conjunto, correspondiendo a los últimos episodios volcánicos de la dorsal central de Tenerife (Dorsal de Pedro Gil). Pero que sin duda aun resulta más temprano que el posterior proceso de colonización vegetal que en la actualidad se observa en la zona.

Su contenido en partículas minerales guió las primeras impresiones al respecto de las posibilidades de análisis de fitolitos en paleosuelos. Su situación actual, en una zona forestal y de muy probable escasa presencia antrópica hasta la construcción de la carretera TF-24, que une los núcleos urbanos del noreste de Tenerife con Las Cañadas del Teide, reviste en la importancia de conocer procesos de desarrollo vegetal anteriores a tal circunstancia.

El estudio de este primer paleosuelo conllevó el empleo de una metodología básica, mediante el ataque con ácido clorhídrico y la eliminación de la fracción arcilla. Los resultados fueron espectaculares, aunque no en el sentido de los registros microfósiles, de los cuales no existía prácticamente ninguna evidencia, sino de las características mineralógicas de la muestra, básicamente formada por piroxenos de augita de tamaño limo. Dado que esta misma muestra se trató también en Madrid (Laboratorio del Dpto. de Suelos, CCMA, CSIC) los resultados fueron tomados –en el plano experimental como positivos<sup>101</sup>, dado que entendimos que si no se localizaban microfósiles es porque no los había (tal cual de felices).

#### **Paleosuelo de Los Roques (Tenerife)**

Se constituye como el paleosuelo rubefactado más antiguo, situado bajo numerosos episodios de coladas basálticas y paquetes paleoedáficos. Su importancia radica en estar situado en una zona (Valle de La Orotava) donde se produjeron relevantes episodios volcánicos y geológicos, además de la

<sup>101</sup> Al menos optimistas, ya que tras las varias repeticiones realizadas con la misma muestra se llegaba a la misma conclusión: concentración de partículas microscópicas de piroxenos de augita y prácticamente ningún tipo de microfósil vegetal.

formación de este potente paleosuelo (>100 cm.) antes de ser sellado por dichos eventos volcánicos.

### **Paleosuelo DECA-1 (La Laguna)**

Ejemplo de numerosos niveles de paleosuelo que se detectan en la zona de medianías situada entre La Laguna y Santa Cruz de Tenerife, su localización se sitúa a gran profundidad de la superficie actual, detectándose sobre el paquete rubefactado varios episodios de depósito de coladas lávicas de diferente naturaleza y cronología. Se trató esta de una intervención de urgencia, previo consentimiento del propietario de los terrenos, dado que se iba a proceder al sellado de la zona en cuestión. En la actualidad no puede accederse al nivel donde se sitúa el perfil.

Eventualmente hemos correlacionado la antigüedad de este paleosuelo con los existentes en niveles geológicos de la zona de Santa Cruz de Tenerife, y en concreto con el detectado en los niveles inferiores del Barranco de Santos, donde cobra gran potencia. La gran potencia del conjunto situado por encima de estos paleosuelos, que como ocurre con Los Roques se sitúa bajo sucesivos episodios de coladas basálticas, indica que se trata de materiales muy antiguos, configurados en un paisaje completamente diferente al actual. Y sin duda bajo unas condiciones climáticas que aun deben definirse.

### **Suelos de las Islas Canarias.**

#### **Suelos de Laurisilva (Anaga, Tenerife)**

El muestreo de suelos de esta zona no sólo se circunscribe al de naturaleza edáfica sino al de ésta alterada por intervención humana, algo que se hizo evidente durante el transcurso de los muestreos y analíticas asociadas al estudio de los registros microscópicos, en concreto a los propios de la práctica biogeográfica (Afonso *et al.*, 2010).

Se trata de dos tipos de muestras, por una parte las pertenecientes a perfiles edáficos “clásicos” como el de Las Lajas (altos de Tegueste) y en otros casos de muestras superficiales que buscaban el objetivo de conocer las biomineralizaciones, propias de flora de la Laurisilva canaria, depositadas en los primeros centímetros de suelo/sedimento. También hay que sumar a estos dos tipos las muestras superficiales de carboneras históricas

#### **Suelos de Las Cañadas del Teide.**

Como más adelante se expresa, el muestreo y análisis de suelos de Las Cañadas del Teide buscaba no sólo conocer algunas de sus características (especialmente contenido microscópico y granulometría), sino poner éstas en relación con los procesos de ocupación antrópica acontecidos durante la etapa prehistórica de esta zona de Tenerife, cuando se descubrió realmente este marco natural y comenzó a ser explotado como por parte de las actividades propias de los primeros habitantes de la Isla.

No albergábamos dudas al respecto de la necesidad de conocer, lo más ampliamente posible, las características de los mundos microscópicos de Las Cañadas, pero también —atendiendo a esa *cuasi* obsesión por el estudio del Cuaternario— de su componente granulométrico, y por derivación de los tratamientos que el objetivo microfósil demanda, de otros datos como contenidos en materia orgánica y carbonatos.



### Perfil R-18, Llano de Ucanca.

Las muestras analizadas corresponden primeramente a un ejemplo de los suelos que puede albergar el Llano de Ucanca, en este caso el Perfil R-18 realizado como parte de los contenidos de la Tesis Doctoral del Dr. A. Guerra<sup>102</sup>, para ejemplificar la potencia y singularidad de los suelos que rellenan las depresiones de Las Cañadas del Teide. Potencia que permitirá, sin lugar a dudas, llevar a cabo futuras investigaciones, no sólo en el ámbito de la edafología sino además en el de la arqueología. No olvidemos que en algunos puntos de los horizontes de esos suelos acontecieron también las secuencias de ocupación antrópica más antiguas de Las Cañadas.

No estamos ante suelos no-perturbados, por mucho que las huellas de ocupación antrópica se vuelvan aquí imperceptibles, sino ante suelos –fruto de procesos naturales donde, en momentos que desconocemos totalmente, se comenzó a transitar, ocupar y explotar un medio natural hasta entonces deshabitado. Podríamos hipotetizar que en realidad la llegada humana, en este caso al circo occidental de Las Cañadas, no fue muy distinta a la que hoy acontece cuando se comienza el descenso –desde Los Azulejos– hacia la depresión de Ucanca, aunque sin vehículos a motor. Pero sin duda el tránsito sobre esos suelos, de personas, de animales domesticados, propició cambios en los mismos de los cuales no es por el momento imposible describir sus rasgos materiales, arqueológicos, microscópicos.

El criterio cronológico marca sin duda la importancia en el estudio de suelos cuando éste pretende ser incorporado a otro de clara vocación arqueológica. Siendo siempre relevante su conocimiento cuando se pretende analizar el contexto de un determinado proceso histórico, pero más a medida que éste se aleja de la actualidad e involucra a paisajes cuya historia se desconoce. Los paisajes de la Prehistoria dejan su huella en los suelos, recuperarla es posible mediante el empleo de disciplinas de reconstrucción paleoambiental que, como la paleontología y la sedimentología aglutinan otras que recuperan hasta la evidencia más pequeña. Como ya hemos propuesto para el estudio de suelos y secuencias geológicas muy antiguas, la formación de estos materiales supera en mucho a las de una generación humana.

Los suelos son un recurso no renovable precisamente porque su formación es mucho más lenta, en casi todos los contextos ambientales, que una generación humana (Porta *et al.*, 1999). Planteamiento que resulta igualmente fundamental para el estudio de paquetes edáficos con objetivos arqueológicos. Desde un determinado momento/s el suelo sostuvo la presencia y actividades antrópicas. Como antes se mencionó, la huella de esos momentos se prolongará o detendrá al compás de la intensidad de dicha presencia y los restos de sus actividades. Disciplinas como la micromorfología y la propia arqueología saben definir los parámetros que marcan los cambios por esa ausencia, presencia, incremento o reducción. También el análisis de fitolitos, en unión de los parámetros propios de cada contexto edáfico pueden permitirnos –tras valorar la vegetación de una zona– evaluar los registros dejados en cada horizonte por la misma.

---

<sup>102</sup> Dpto. de Edafología y Geología (ULL).

Los suelos de Las Cañadas nos aportan la fundamental experiencia de tratar con materiales anteriores a la ocupación humana, pese a que como hemos planteado en algún nivel de los mismos ésta se hizo patente. Fruto de procesos aluviales que probablemente se incrementaron durante el Holoceno, los suelos de Las Cañadas se crearon desde un alto componente aluvial. Pero en el proceso edafogénico colaboraron diferentes materiales parentales y procesos que abrieron la puerta a diversos tipos de suelos. Así Regosoles, Fluvisoles, Leptosoles e incluso Andosoles son algunos de los que se han desarrollado en la cota superior a los 2.000 m.s.n.m.

#### **Valle/Llano de Chafarí.**

Sin duda se trata de uno de los objetivos más buscados de esta Tesis doctoral, dado que junto con el análisis de los sedimentos de la estructura de combustión del yacimiento Chafarí Norte 3 (CHN-3) debía aportarnos algunas respuestas sobre algunas características del sustrato y el posible registro microfósil contenido en éste. Obviamente se trataba, se trata, de unas muestras muy especiales, dado que representan al sustrato más antiguo de esta zona, desarrollados sobre concretas condiciones climáticas y sobre los cuales se desarrolló —al menos en sus niveles más superficiales— la ocupación antrópica de esa pequeña depresión<sup>103</sup>. Las sorpresas obviamente vinieron de la mano de las propias intervenciones superficiales (>50 cm.), tras llevar a cabo no pocas prospecciones en todo el perímetro de esta pequeña llanura, que inicialmente entendimos como lógicamente aluvial y luego como un material edáfico de excepción.

Atendiendo a la configuración actual del Valle, que puede observarse surcado por varios cauces de escorrentías, que en cuestiones de erosión hídrica podrían encontrarse a nivel de regueros, se llevaron a cabo tres tomas de muestras, una de ellas en uno de estos cauces, que presentan rellenos de arenas finas a gruesas.

Se practicaron finalmente dos sondeos, de los cuales uno simplemente buscaba definir la existencia de un paquete arenoso que podría indicar la presencia de una zona de desagüe lateral del valle. Este es el caso del sondeo denominado CH-ME-1, que alcanzó una profundidad de 30 cm. En el segundo caso se buscaba detectar el propio sustrato edáfico del Valle, sin que éste fuese del tipo ya mencionado. Efectivamente, pudo localizarse un tipo de suelo netamente diferente al anterior, situado hacia el centro de la zona central, donde no es perceptible vegetación alguna. Aquí pudo alcanzarse la profundidad de 45 cm. y realizar un pequeño perfil sobre el que se realizaron varias tomas de muestras, a diferentes profundidades. Es el Perfil Chafarí-I (CH-I).

---

<sup>103</sup> Pese a que el topónimo hace referencia a la existencia de un valle, desde el punto de vista geográfico y de otro tipo la configuración geológica y geográfica de Chafarí no se ajusta al concepto de tal depresión, por más que se encuentre delimitado por dos elevaciones. Quizá en origen pudo aplicarse el nombre de "valle" para diferenciar esta depresión de aquellas que representan claramente a formaciones de cañada y que inicialmente no se corresponde con la que presenta Chafarí. Por razones asociadas a la investigación y conocimiento ya existente sobre esta zona, mantenemos a lo largo de esta Tesis el topónimo completo, introduciendo en algunos momentos —como alternativa más lógica— el concepto de Llano, que quizá se ajusta más a la realidad.

Dentro del muestreo de esta última zona se recogió una muestra superficial de lo que parece un material tipo *lahar* o *surge*, como el ya detectado en amplias zonas del Barranco de La Arena, laderas de Pico Viejo e incluso en el propio Valle que nos ocupa.

#### **Suelos de la vega de Arucas (Gran Canaria).**

Muestras superficiales de suelos agrícolas de la zona de La Cerera (altos de Arucas) y de la Vega de la misma localidad, en este caso las correspondientes a cultivos de caña de azúcar y una zona cercana donde se desarrollaban cañaverales de *Arundo donax*. El objetivo en todos los casos era conocer especialmente el componente textural de los suelos, en concreto de su contenido en arcillas, pero sin desestimar el de conjuntos microfósiles.

#### **Suelos de La Laguna (Perfil Coromoto)**

Aunque la localización del perfil se encuentra fuera de lo que es la propia cuenca donde se aloja la ciudad de San Cristóbal de La Laguna y por ello no presenta las características de una llanura de inundación, su potencia es similar y su vinculación a los procesos formadores de suelo, como zona de transición y Monteverde, le otorgan la importancia de un sustrato antiguo muy evolucionado.

Se constituye como el perfil edáfico más potente muestreado para la elaboración de esta Tesis, ya que su profundidad supera los 180 cm., máxima alcanzada en el muestreo selectivo, de moderada definición, llevado a cabo en el mismo<sup>104</sup>.

#### **Suelos ocupados por *Phoenix canariensis*.**

Son un conjunto de muestras obtenidas con el fin de evaluar la concentración de sus fitolitos, atendiendo a las características de la concentración de ejemplares de *P. canariensis* y sus tejidos de desecho en superficie. El mayor muestreo, en extensión, fue llevado a cabo en el Camino Largo (La Laguna) y de forma puntual en el Valle del Ingenio (Vallehermoso, La Gomera) así como en el Barranco de Guayedra (Agaete, Gran Canaria). Los muestreos en este caso también corresponden a los primeros centímetros de suelo, inmediato a los pies de la planta, previa retirada de 1-2 centímetros ocupados por materia orgánica y piedras.

En el apartado de Resultados correspondiente a este tipo de suelos, se ejemplifica la aplicación arqueológica de esta práctica formativa mediante la detección de fitolitos de palmera en contextos inusuales para los mismos, como son los sustratos arqueológicos de un asentamiento histórico de colmenas, situado en las inmediaciones del Lomo de Chío (Las Cañadas del Teide).

#### **Perfiles litoestratigráficos.**

##### **Perfil BLACH-1**

Sumamente importante desde la perspectiva microfósil vegetal y edáfica, este perfil natural se encuentra en un corte erosivo del margen derecho (dirección Boca de Tauce) del Barranco de La Arena. Presenta una de las mayores secuencias litoestratigráficas basadas en sucesivas deposiciones de materiales

---

<sup>104</sup> Con el asesoramiento y colaboración del Dr. A. Guerra (Dpto. de Edafología y Geología, ULL).

tipo lahar/surge de los presentes en el área de actuación (con excepción de los Puntos Húmedos Altos, +3.000 m.s.n.m.). Sobre los cuales se sitúa, a algo de distancia del corte erosivo, un paquete edáfico de reducida potencia, que escasamente supera los 40 cm.

El perfil está constituido por una larga secuencia de materiales, aparentemente freatomagmáticos, cuyos estratos superiores presentan niveles muchos más finos que los precedentes, detectándose algunas líneas de discontinuidad en ellos. Aunque en la zona del perfil no se observa paquete edáfico, éste existía previamente sobre dichos niveles, habiendo retrocedido por causa de la erosión diferencial. Las prospecciones y muestreos determinaron que el paquete edáfico adquiriría, sobre el perfil, entre 30-40 cm. de potencia. Constituyéndose como el sustrato donde ha arraigado la vegetación potencial de la zona, mayormente representada por *Pterocephalus lasiospermus*, gramíneas y en menor medida *Spartocytisus supranubius*.

Como se expone en el apartado correspondiente (Análisis de Materiales de Las Cañadas del Teide), se designaron varios estratos sobre los que se llevó a cabo un muestreo selectivo, que en algunos casos se complicó por la dureza del material.

Aunque se ha procurado obtener una cronología relativa para los materiales que integran la mayor parte del perfil, ello no ha sido posible, entre otras cosas por estar fuera de los objetivos de los especialistas geólogos consultados. No obstante, en virtud de las observaciones realizadas y atestiguándose la presencia de un paquete edáfico en su superficie, así como atendiendo a la lentitud de los procesos edafogénicos en la mayoría de las zonas que integran las Cañadas del Teide, su cronología podría ser preholocénica. Encontrándonos por tanto ante materiales muy antiguos, cuyo estudio reviste especial relevancia, sobre todo en cuanto a la posible detección de silicofitolitos en su seno.

### **Perfil BLACH-2**

Este pequeño perfil se localiza en una cota ligeramente inferior a BLACH-1. Su naturaleza es muy diferente a la de éste, ya que no aparece constituido por materiales freatomagmáticos sino propios de rellenos de arroyada situados sobre un nivel arcilloso. O en todo caso podría tratarse precisamente del horizonte edáfico desarrollado sobre niveles de ese tipo y que en el perfil BLACH-1 ha resultado desmantelado en la zona del borde del mismo. Aunque en esta Tesis no se contemplan los resultados de su análisis, las observaciones y tareas de campo parecen indicar que está constituido por un paquete edáfico similar al localizado sobre el Perfil BLACH-1, pudiéndose tratar del reflejo del mismo situado en la margen opuesta del Barranco de La Arena. Con lo cual podría formularse la hipótesis de que se trataría de una misma zona litoestratigráfica, con el mismo proceso edafogénico —con base en el material parental de lahar/surge— que habría resultado dividida por efecto erosivo del cauce activo del Barranco de La Arena.

### **Materiales arqueológicos de las Islas Canarias.**

El análisis de materiales arqueológicos, desde el de microfósiles como fitolitos y microalgas, responde al objetivo de identificarlos como parte de antiguas plantas que pudieron ser almacenadas, procesadas o consumidas. El conjunto analizado corresponde en su mayoría a las Islas Canarias, y de ellas Gran

Canaria y Tenerife, aunque se han analizado algunos materiales de la Isla de La Gomera<sup>105</sup> que no son referidos en esta Tesis.

### Sedimentos arqueológicos.

#### Sedimentos de La Cerera (Aruacas, Gran Canaria).

Los sedimentos de La Cerera analizados corresponden al corte o perfil 2 del yacimiento y a los muestreados por el Dr. C. Criado para llevar a cabo el estudio geomorfológico sobre el mismo (Criado & Hansen, 2009). Se trata de muestras provenientes de los principales niveles de los que consta la estratigrafía en esta zona del yacimiento, una pequeña oquedad natural situada en las laderas de la Montaña de Arucas y que muy probablemente se encontrara asociada a un poblado aborigen situado en las inmediaciones de la cueva.

Muestras de La Cerera		
Corte 1	Corte 2	Corte 3
CE-1.	CE-2.2a	CE-3.1
CE-2	CE-2.2b	CE-3.3a
CE-1.4	CE-2.2c	CE-3.3b
	CE-2.3	CE-3.5
	CE-2.5	
	CE-2.8	

**Tabla 5,** Designación de muestras de La Cerera.

Las muestras tomadas alcanzan una profundidad aproximada de 160 cm. en lo que se consideraba un nivel pre-arqueológico (Criado & Hansen, 2009) denominado CE-2.2 a, para llegar en vertical hasta una profundidad de unos 15 cm. de la superficie, en lo que se denomina nivel CE-2.8. En ambas zonas se llevaron a cabo dataciones absolutas que dieron como resultado, para la primera de ellas, unas fechas situadas entre 330-460 AD y para segunda de 620-700 AD. Momentos e intervalo cronológico, sumamente importantes para el estudio de las secuencias prehistóricas de Gran Canaria, al permitirnos no sólo abordar el posible comienzo de la ocupación aborigen del yacimiento sino además la de los cambios acaecidos en el mismo, incluso hasta cuando éstos se asocian al periodo de contacto con los europeos, antes de la conquista de Gran Canaria y su inserción definitiva en la Corona de Castilla, al menos desde 1485 (Aznar, 1992).

Si bien las muestras totales analizadas para conocer sus características microfósiles y de matriz portante han sido las tomadas de los Cortes 1, 2 y 3, en esta Tesis únicamente se contempla el estudio pormenorizado del C.2 (Tabla 5) introduciendo datos muy puntuales sobre los otros dos.

#### Sedimentos de Chafarí Norte 3 (Las Cañadas del Teide).

Las muestras de sedimentos analizadas corresponden en realidad a la estructura de combustión, identificada y excavada en el yacimiento conocido

<sup>105</sup> En concreto se estudiaron los sedimentos del yacimiento Acceso al Pescante de Vallehermoso (Vallehermoso), un interesante ejemplo de enterramiento colectivo que presenta muy especiales características arqueológicas, así como una cronología que permite abordar aspectos de la sociedad aborigen en los primeros siglos de la Era.

como Chafarí Norte 3, por el equipo de la Dra. B. Galván, en una de las tres estructuras de cabaña pertenecientes a este conjunto arqueológico. El estudio en este caso no se centra por tanto en sedimentos, en su acepción formal, sino de estos en unión de ceniza y restos de combustión, entre los cuales se ha destacado la presencia de nódulos carbonatados (Hernández, 2006). Aunque por la naturaleza de las muestras el tratamiento aplicado sea el de sedimentos y suelos, no puede olvidarse que al tratarse de materiales sujetos a procesos de combustión, los objetivos seguidos para su estudio atienden especialmente a parte de la gama de actividades vinculadas al uso del fuego. En concreto a la relacionada con las plantas empleadas como combustible. Como se verá, el estudio de los sedimentos derivó en dos facetas que involucran diferentes número de muestras. En el primer caso, el estudio microscópico obligó a la revisión del total de muestras procedentes del hogar (con excepción del levantamiento 1), sin llevar a cabo sobre ellas la totalidad de pruebas vinculadas a obtener información sobre su matriz sedimentaria. En el segundo caso, se redujo el número de muestras analizadas para llevar a cabo sobre ellas un estudio con mayor volumen que el empleado para el análisis de fitolitos (por lo general de 1 gr.). Por ello se seleccionó un grupo perteneciente a la cuadrícula G-12, la establecida sobre la propia estructura del hogar, haciendo hincapié en el sector B de la misma, ya que es el coincidía con la zona central de dicha estructura.

No obstante, dado que el método empleado para el tratamiento y estudio microscópico de las muestras contempla la valoración de algunas de sus características y propiedades de sedimentos, los datos obtenidos a nivel microfósil pueden ser puestos en relación con aspectos relevantes de los mismos. En este caso la presencia de carbonatos ha sido tomada como referencia expresa que aconsejaba un tratamiento comedido, o al menos diversificado como para permitir confirmar, valorar y en lo posible ampliar, las lecturas arqueológicas ya existentes desde el análisis microfósil y método designado como MCAM.

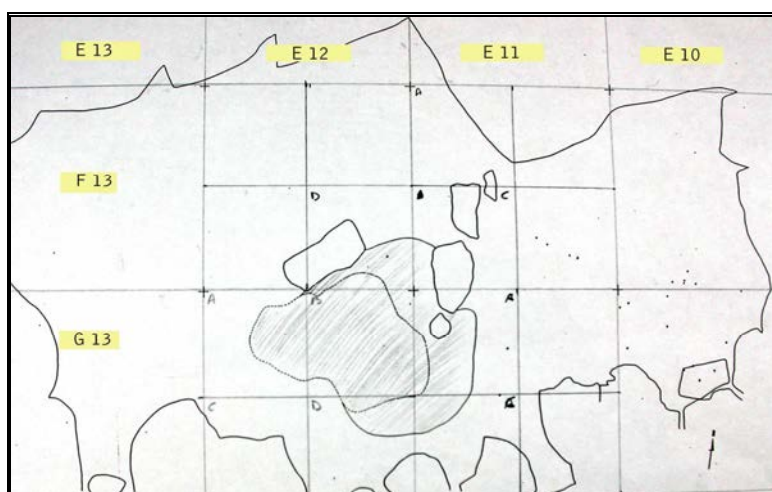
Aunque las muestras analizadas corresponden en su totalidad a la mencionada estructura de combustión, la necesidad de conocer los mismos parámetros de ésta en suelos motivó el muestreo de suelos inmediatos actuales. Buscando con ello –como ya se especifica en el apartado correspondiente– obtener una referencia sobre un material en principio no antropizado, si es que podemos aplicar este calificativo a la extensión de Las Cañadas del Teide. Más en la actualidad, cuando ya conocemos realmente lo que puede ser la intensa huella arqueológica de esta zona de Tenerife.

Dado que el método de análisis microfósil empleado centra su estudio empírico en la recuperación de evidencias directamente relacionadas con el mundo vegetal y edáfico de una zona, el estudio parcial de los sedimentos de Chafarí ha sido puesto en relación con algunos de los materiales existentes en esta zona de Las Cañadas del Teide. Sin aislar los registros y lecturas de su contexto natural actual y paleoambiental, punto éste donde únicamente poseemos datos directos procedentes del análisis antracológico –y en parte los propios sedimentológicos– llevado a cabo los sedimentos de la estructura de combustión (Machado & Galván, 1998). En ese sentido la labor desplegada, en su mayoría a nivel experimental, con sedimentos, suelos y cortes

litoestratigráficos de Las Cañadas, ha buscado definir características comunes u opuestas con tales sedimentos.

Las dataciones absolutas existentes, para esta zona del yacimiento, sitúan la última actividad aborígen entre 1200-1500 d.C., para el levantamiento 4, a partir del cual se consideran niveles históricos (Machado & Galván, 1998). Los levantamientos 4,5, 6 y 7 se consideran aborígenes.

La propia estructuración de la excavación, sobre el hogar de CH-N3 motivó que los estudios tendientes a conocer las características del sustrato se centraran en la cuadrícula G-12 y Sector B, establecidos sobre el propio centro de la estructura de combustión (Figura 58). Mientras que el tratamiento y observación microscópica se realizó sobre todas las muestras disponibles, con excepción del Levantamiento/Talla 1, que superaban en algo la treintena, el estudio de los sedimentos –sobre los que se muestran los resultados granulométricos y otros– se realizó finalmente sobre una selección de los mismos, casi todos pertenecientes a una misma cuadrícula (G-12) y al propio sector B.



**Figura 58**, Croquis de la estructura de combustión de CH-N3<sup>106</sup>.

Dicho estudio permite comparar resultados entre varias zonas de un mismo levantamiento, como se buscaba realizar con el registro microfósil, cuya complejidad final aconsejó reducir los objetivos explicativos, ya que los metodológicos así lo aconsejaban, a emitir algunas conclusiones, más de tipo cualitativo que cuantitativo, sobre los componentes biominerales con categoría microfósil detectados en el hogar de CH-N3. Atendiendo precisamente a tal complejidad, se llevó a cabo el mencionado estudio selectivo paralelo de los sedimentos de todas las tallas disponibles pertenecientes a la misma zona del hogar (G-12, s.B). Proceder que nos permitió abordar el estudio de algunas de las características del material que en realidad resulta protagonista de excepción en esta zona del yacimiento: el sedimento ceniciento de su estructura de combustión, y que creíamos

<sup>106</sup> Facilitado por la Dra. B. Galván, Dpto. de Prehistoria...(ULL).

guardaba claves explicativas nada desdeñables para un estudio microfósil, sino todo lo contrario<sup>107</sup>.

Una de las muestras que se incluyó en todos los estudios comparativos, de fracciones granulométricas, contenidos en materia orgánica, carbonatos y conjuntos microfósiles fue la tomada en las inmediaciones del yacimiento, en el suelo actual, recogiendo entre 0-5 cm. de la superficie del terreno. Entendiendo que la información proporcionada podría funcionar como comparativa de la obtenida desde los sedimentos arqueológicos de CH-N3, al tratarse de un suelo al que creemos antropizado pero no en el grado de concentración de los sedimentos de la estructura de combustión del mencionado yacimiento (Tabla 6).

Muestra	Talla/lev.	Cuadr.	Sector	Z	Obs.
CH-N3 e.c.		G12		133	barrido hg.
CH-N3 e.c.		G12		132-134	sed.
CH-N3 e.c.	5	G12	C		
CH-N3 e.c.	5	G12	C	134-135	
CH-N3 e.c.	5	G12	B		
CH-N3 e.c.	5	G12	A-B		ext. Hg
CH-N3 e.c.	5	G12	B	133	hg.
CH-N3 e.c.	5	G12	A	133-134	hg.
CH-N3 e.c.	5	G12	B	133-134	hg.
CH-N3 e.c.	5	G12	B	134-135	hg.
CH-N3 e.c.	5	G12	A	134-135	hg.
CH-N3 e.c.	5	G12		134	limp. Hg.
CH-N3 e.c.	5	G12		133	barrido hg.
CH-N3 e.c.	2	G12			suscep.
CH-N3 e.c.	5	G12	C	133	fuera hg.
CH-N3 e.c.	3	G12			sed.8
CH-N3 e.c.	2	G12			1
CH-N3 e.c.	7	G12	C-D		ext. Hg.
CH-N3 e.c.	7	F14			fin susc.
CH-N3 e.c.	6	G12	B	135,5	hg.
CH-N3 e.c.	6	G12		137,5	hg.
CH-N3 e.c.	6	G12		134-137,5	costra hg.
CH-N3 e.c.	7	F-13			fin hg.
CH-N3 e.c.	7	G12	B/A	137,8-138,2	costra hg.
CH-N3 e.c.	7	G12		138	centro hg.
CH-N3 e.c.	6	G12	B	135-136	hg.
CH-N3 e.c.	6	G12	A		hg.
CH-N3 e.c.	6	G12	B		hg.
CH-N3 e.c.	6	G12	B	137,3	hg.
CH-N3 e.c.	5	G12	C	132	retama
CH-N3 e.c.	7	G12	C	137,5-138,7	
CH-N3 e.c.	6	G12	C	137,4	
CH-N3 e.c.	5	G12	D	133	
CH-N3 e.c.	3	G12			suscep.

<sup>107</sup> Efectivamente el estudio de la matriz que engloba los sedimentos creemos que resulta de fundamental abordaje antes y durante un estudio de microfósiles vegetales, pues puede guardar las claves del funcionamiento global en el tiempo de unos y otros.



CH-N3 e.c.	5	G12	A		
CH-N3 e.c.	5	G12	B	132	
CH-N3 e.c.	4	G-13		128,8	
Valle Chafarí.	-	-	-	-	Suelo 0-5 cm.

**Tabla 6**, Sedimentos de la estructura de combustión de CH-N3.

Sin embargo, los problemas metodológicos surgidos en el transcurso del tratamiento y observación de muestras al microscopio óptico, motivaron la necesidad de realizar pruebas concretas sobre los contenidos en carbonatos de las muestras, para lo cual se realizó una selección de las mismas pertenecientes a la misma cuadrícula y la práctica totalidad de levantamientos, concretamente entre el 2 y el 7. Tomando de nuevo como referencia el suelo de la superficie actual, no arqueológica, al menos en la misma proporción que los sedimentos de CH-N3.

Muestra	Talla/Lev.	Cuadr.	Sc.	Obs.
Valle Chafarí				Hor. Sup. Act
CH-N3	2	G-12	B	
CH-N3	3	G-12	B	
CH-N3	4	G-12	B	
CH-N3	5	G-12	B	
CH-N3	6	G-12	B	
CH-N3	7	G-12	B	centro hg.
CH-N3	7	F-14		fin hg.

**Tabla 7**, Muestras de CH-N3 seleccionadas para el estudio de sedimentos.

La mencionada selección de muestras (**Tabla 7**) permitió una aproximación más fidedigna a ciertos parámetros, como los contenidos en materia orgánica, carbonatos y facciones granulométricas. Permitiendo cumplimentar un necesario apartado, dentro del estudio microscópico de los sedimentos del hogar de CH-N3, tendente a concatenar los aspectos observados con menores volúmenes de muestra.

### Sedimentos superficiales del Inventario Arqueológico del Parque Nacional del Teide (2003-2007).

De estas muestras, analizadas en su mayor parte para la realización de un informe sobre las características de la superficie de diversos enclaves arqueológicos de Las Cañadas del Teide. De este conjunto solamente tomamos algunos de los resultados obtenidos, por su relevancia a la hora de ratificar la idoneidad del método de intervención microarqueológica empleado. Lo cual se puso de manifiesto con los pertenecientes a algunos puntos donde se localizó agua en pequeñas cantidades (Punto Húmedo Volcán Ciego/Cabaña Escarpe).

### MATERIALES BIOANTROPOLÓGICOS.

#### Residuos intestinales

El análisis de este tipo de materiales debe diferenciarse de los más similares a los mismos: los coprolitos o heces fecales fosilizadas. Del estudio de los cuales

parte no obstante la metodología para ser tratados y analizados con el fin de identificar partículas vegetales o animales relacionadas con la dieta y alimentación humanas (Afonso, 2004b). En este caso nuestro campo de pruebas y de obtención de información microscópica fue el coprolito denominado CO-LC-1, material recuperado en el transcurso de las intervenciones arqueológicas llevadas a cabo en la Iglesia de La Concepción de Santa Cruz de Tenerife, bajo la dirección de la Dra. M. Arnay. Pese a que el estudio de este singular material se encuentra aun por publicar de forma global, su relevancia radica en habernos permitido obtener datos parciales sobre sus contenidos microscópicos, comprobando la idoneidad del método empleado, basado en Danielson (1993) y Juan-Tresserras (1997).

Aunque se trata de un material enclavado en un ámbito cronológico histórico relativamente reciente, como es el de finales del siglo XVIII, efectivamente su importancia deriva de tratarse de una evidencia arqueológica única, ya que por el momento los materiales analizados de naturaleza similar pero ámbito cultural vinculado a la etapa aborígen, se corresponden más con el concepto de residuos intestinales que el de coprolitos (heces fecales fosilizadas), caso del trabajo realizado sobre momias de esa etapa histórica (Gijón *et al.* 2009).

El objetivo de localizar microfósiles en esta muestra fue plenamente alcanzado, como especificamos en los resultados obtenidos de forma preliminar (Afonso, 2004b), mediante la identificación de fitolitos y gránulos de almidón, así como una serie de evidencias macroscópicas que permiten plantear también el consumo de frutos de la higuera (Afonso *et al.*, 2011a).

Ciertamente, su estudio pormenorizado partió de ese trabajo experimental, dado que no se conocía la metodología ni los posibles resultados de la misma. Las evidencias de microfósiles fueron completamente detectables, como lo fueron a nivel macroscópico, con la presencia de semillas que en principio hemos adscrito a frutos de *Ficus carica*. La relevancia de ese material, su alta rentabilidad en términos arqueológicos, quedó confirmada cuando se observaron elementos que correspondían a larvas de parásitos intestinales y que resultaron pertenecer, entre otros similares aun en estudio, a *Trichuris trichura*, un parásito asociado a la ingestión de alimentos contaminados por heces fecales (Arnay *et al.*, 2008) y sobre los que también pudieron realizarse estudios genéticos (Gijón *et al.* 2010).

Con tales antecedentes, obtenidos con el tratamiento del coprolito denominado CO-LC-1, entendimos que cualquier material semejante –sobre todo si se encontraba en contextos arqueológicos–, revestía de enorme interés para nuestra investigación, la cual adquiriría poco a poco un verdadero talante interdisciplinar. Aunque obviamente no dispusimos de idénticos materiales que insertar como materiales analizados en esta Tesis, sí que se logró con otros cuyo estudio se nutre de la experiencia del mencionado material de La Concepción. Y que responden al mismo proceso fisiológico inicial, como son los residuos resultantes de la digestión humana pero que, a diferencia de los coprolitos post-mortem, no han sido evacuados tras la muerte del individuo, cuando acontece la obvia relajación del esfínter anal. En el caso de los residuos se trata, como su nombre indica, de residuos que no han salido al exterior y que se conservaban en el intestino grueso para posteriormente hacerlo. Son los residuos intestinales.



**Figura 59**, Labores de muestreo en los restos humanos de la Cañada del Capricho, en este caso para la extracción de posibles residuos de alimentos alojados en la zona abdominal.

Su recuperación se ha realiza igualmente en el plano de la revisión de restos humanos, momificados o no, en aquellas zonas del cuerpo (esqueleto) en las que pudieron descomponerse las vísceras del abdomen, como en la pelvis y en concreto entre los huesos sacro e iliaco. Aquí se lleva a cabo una inspección ocular para distinguir si los huesos o los tejidos conservados contienen además algún tipo de residuos, cuya extracción se realiza mediante material quirúrgico y medidas de protección que garanticen la no-contaminación de la muestra obtenida (**Figura 59**).

#### **Momia del enterramiento de La Cañada del Capricho (Las Cañadas del Teide).**

Se trata de los restos parcialmente “momificados” de un individuo adulto, recuperado en el transcurso de una intervención arqueológica a finales de los años 70’ del siglo XX. En lugar donde se encontraba es una pequeña oquedad natural colgada en un pequeño escarpe rocoso de esta peculiar zona de Las Cañadas. Aunque el enterramiento constaba de dos cuerpos, solamente se dispuso, para el análisis microfósil de uno de ellos.

Los restos conservados son escasos, reduciéndose a parte del esqueleto con excepción del cráneo. Lo cual no impidió llevar a cabo los muestreos tendentes al análisis de microfósiles, el cual se realizó extrayendo muestras del cóccix con instrumental quirúrgico, obteniendo una cantidad de muestra escasa pero suficiente para este tipo de estudios y el de parásitos intestinales<sup>108</sup>.

<sup>108</sup> Por ello la labor de identificación de residuos, vinculados a los restos y contenido del sistema digestivo, se llevó a cabo entre las Dras. M. Arnay (Dpto. de Prehistoria, Antropología e Historia Antigua), H. Gijón (Dpto. de Parasitología, ULL) y el autor de la presente Tesis.

La importancia de su estudio, de su muestreo, radica en que permite abordar, también aquí de forma directa, la alimentación en las poblaciones aborígenes, al menos en el plano de los productos vegetales y dentro de ellos el de aquellos que generan aquellos elementos o partículas microscópicas que se contemplan como de intervención microscópica, en su vertiente arqueológica. En este caso concreto, al contrario que lo que cabría esperar en el segundo material analizado, los referentes vegetales buscados debían indicarnos aspectos sobre la alimentación seguida por los guanches durante su estancia en Las Cañadas del Teide. La cual, a modo de hipótesis, se vería reducida a los productos vegetales transportados desde los lugares de hábitat, o bien ser captados en esa zona de Tenerife, cuestión que de antemano considerábamos poco probable.

### **Momia del Instituto Cabrera Pinto.**

Un material similar al anterior pero del cual contábamos con mayor volumen de muestra, recuperado en este caso en la cavidad anal de los restos, entendiéndolo que al contrario que aquél podíamos estar ante lo que se denominan *coprolitos postmortem*. Si bien los objetivos de estudio eran similares –conocer la dieta desde el registro microfósil– el hecho de estar ante restos humanos de un enterramiento aborigen de medianías o de costa, planteaba la posibilidad de que nos informara tanto de la flora de origen cultivado (cereales, leguminosas, etc.) como silvestre, resultado de posibles tareas de recolección en la naturaleza. Lo cual resultaba en este caso más factible que en el caso de Las Cañadas, donde por el momento no existe casi ninguna especie vegetal que pueda considerarse comestible, o al menos no en el grado de suponer un alimento recurrente.

En todo caso la imprecisión en la localización del origen geográfico de la momia del Cabrera Pinto, abría la puerta a un reto metodológico: aportar datos sobre su origen, el de la persona que una vez deambuló por diferentes zonas, mediante el análisis de sus restos fecales. Con la puntualización de tomar en consideración que dichos restos orgánicos hacen referencia a las últimas ingestas de alimentos, y que por lo tanto sólo nos informarían de los alimentos a los que tuviera acceso varias horas antes de su muerte. Fueran tomados éstos en su área de hábitat o no.

### **Residuos de industrias de molturación.**

Sin duda uno de los materiales sobre los que se experimenta mayor inquietud investigadora, en Arqueología, son los residuos de industrias de molturación, dado que se busca en ellos evidencias directas de los productos procesados. Los materiales tratados en esta Tesis, que dada su complejidad requerirán de trabajos con mayor profundidad antes de ser publicados, corresponden a piezas de este tipo recuperadas del yacimiento de La Cerera (Arucas, Gran Canaria) y en menor medida a Chafarí (Las Cañadas del Teide). En los primeros, se debió plantear una estrategia previa de recuperación de residuos que es especificada en el Capítulo de Técnicas Analíticas, designándose la posibilidad de separar dos tipos de ellos, unos con alto componente del sedimento que ha envuelto las piezas por siglos (residuo A) y otro, menos abundante (residuo B), más vinculado a los existentes en la superficie de abrasión de las piezas. Es aquí donde se estimaba localizar microfósiles pertenecientes a grupos vegetales como los cereales, o en todo caso otro tipo de evidencias que permitieran identificar diferentes productos de éstos.

Para llevar a cabo la recuperación de residuos desde las piezas líticas<sup>109</sup> se procesaron un total de 25 fragmentos o piezas completas, superiores en su mayor parte, de molinos de rotación recuperados en la campaña de 2004 en el yacimiento de La Cerera. Tras someter cada pieza a lavados sucesivos y recuperar ambos residuos, los materiales netos<sup>110</sup> obtenidos para seguir todo el procedimiento de análisis presentaban un peso promedio de 0,9863 grs. para el residuo A y 0,1332 grs. para el residuo B. Lo cual permitía proceder a su estudio microscópico para la identificación de los microfósiles planteados como sujetos empíricos de estudio.

### **Las Cañadas del Teide: elementos de molturación.**

Se trata de un pequeño conjunto de muestras correspondientes a piezas líticas de molturación procedentes del Valle de Chafarí, sobre la que se intentó realizar la separación de los sedimentos cubrientes de las piezas y el que podría contener residuos relacionados con la funcionalidad de las mismas, en concreto de la posible molturación de productos vegetales comestibles, como los cereales.

El hecho que pertenecieran a elementos líticos de esta zona de Las Cañadas y a industrias de factura aborígen revestía especial interés, puesto que conjuntamente con el estudio microscópico de los restos humanos de El Capricho, suponen los referentes arqueológicos más directamente relacionados con la alimentación aborígen en la alta montaña de Tenerife. Aunque, como se verá, su estudio, al menos empleando la metodología también desplegada sobre los elementos de molturación de La Cerera, quizás no haya aportado el tipo de información buscada, pero sí nos permite comprobar la dificultad para discriminar entre los dos registros microfósiles que pueden albergar este tipo de muestras: los pertenecientes al propio ambiente edáfico y sedimentario y los que lo son al neto residuo resultante de la propia función de las piezas líticas.

Como en el caso de La Cerera, los residuos analizados se diferenciaron en los conceptos ya descritos, denominando “A” al primer residuo extraído y que está constituido en su mayor parte por sedimento contextual y “B” al que en teoría debe pertenecer, en su mayor parte al menos, a posibles restos de materiales vegetales molturados. Por lo general, en base a las primeras prácticas experimentales<sup>111</sup>, el residuo B siempre es significativamente inferior en volumen al A.

### **Sedimentos de zonas húmedas**

---

<sup>109</sup> Propuesto, dirigido y supervisado por la Dra. Amelia Rodríguez (Universidad de Las Palmas de Gran Canaria).

<sup>110</sup> Quedaba aun pendiente proceder a la dispersión y eliminación de la fracción arcilla, cuyas altas concentraciones (>40%) en el sedimento arqueológico de La Cerera determinaban serias complicaciones para el necesario estudio microscópico de las muestras de residuos.

<sup>111</sup> De hecho las muestras analizadas finalmente al microscopio corresponden a las obtenidas en sendas prácticas de laboratorio con alumnos de Historia. Los cuales podrán encontrar en las siglas de cada muestra las que corresponden a sus apellidos, que fueron empleadas como firmas de los materiales que trataron en ese contexto. La inspección microscópica se realizó posteriormente a la obtención de dichas muestras durante clases prácticas.

Muestras fundamentales para conocer, entender e interpretar los registros de microalgas, aunque también de otros microfósiles que, como los fitolitos de flora local, podrían formar parte de los microfósiles que otorgan —a un sedimento acuático— carácter biogénico. Su muestreo debería haber seguido un protocolo de extracción específico, basado en el empleo de equipos de sondeo para la extracción de testigos inalterados de las columnas estratigráficas existentes en cada contexto. Sin embargo, ante la imposibilidad de desplegar dichos procedimientos por entenderse como práctica limnológica preliminar, ello no fue posible, debiéndose optar por realizar muestreos experimentales, basados en la obtención manual de los primeros centímetros de la posible secuencia sedimentaria de pozas, charcos y arroyos de montaña. En algunos casos las características de la zona muestreada indicaban la inexistencia de dicha estratigrafía o bien su mínima potencia, cuestión a plantear como debate metodológico, dado que se trataba de escasas acumulaciones de materiales gruesos de la fracción arena (>200  $\mu$ m). Este fue el caso de los Puntos Húmedos Altos<sup>112</sup>.

Los materiales analizados en su mayoría corresponden a sedimentos finos extraídos in situ mediante botes plásticos dotados de tapa a rosca. Corresponden a los primeros centímetros de la posible secuencia estratigráfica y por tanto los más susceptibles de ser modificados por episodios de fuertes escorrentías, con la reactivación drástica del cauce.

Por motivos formativos, experimentales y de aplicación a los objetivos de *conocer para reconocer* evidencias directamente vinculadas a la existencia de agua, las muestras han sido catalogadas<sup>113</sup> dentro de tres grupos: **Zonas húmedas de Las Cañadas del Teide**, **Zonas húmedas Insulares** y **Zonas húmedas continentales**. Obviamente, en el primero de los casos se trata de puntos localizados en esa zona de Tenerife, que en algunas ocasiones no sólo responde a las características propias de una zona donde existe una surgencia natural (manantial, etc.) sino que, además, puede considerarse como “fuente”. Ese sería el caso de La Piedra y El Cedro, y también de Los Chupaderos, pero situada ya fuera del ámbito estricto de Las Cañadas del Teide. Aquí también estarían incluidos los muestreos de la zona de El Riachuelo y los denominados Puntos Húmedos Altos, situados por encima de los 3.000 metros de altitud, en el edificio Teide. Cuyo registro biomineral y mineral no sólo resultaba fundamental conocer para definir una posible zona de concentración de agua, en este caso en estado sólido más probablemente que líquido, sino para insertar la información proporcionada en la temática de los recursos hídricos explotados por las poblaciones prehistóricas e históricas de la alta montaña de Tenerife. Los datos de localización de estas muestras se expresan en la anterior **Tabla 3**.

Zonas como la designada como “Volcán Ciego” representaban al conjunto de muestras obtenidas en el transcurso de prospecciones arqueológicas en las propias laderas de Pico Viejo<sup>114</sup>, donde se localizaron puntos con mínima presencia de agua, aquí en forma de goteros que aparentemente no dejaban

---

<sup>112</sup> Ver Capítulo 5-II, Resultados, Análisis de sedimentos de Zonas Húmedas.

<sup>113</sup> Especialmente con vistas a la presentación de resultados al respecto de las características observadas durante su estudio.

<sup>114</sup> Inventario Arqueológico del Parque Nacional del Teide, Parques Nacionales, 2003-2007.

huella en el inestable sustrato inferior, pero sí en la roca del escarpe, con el desarrollo de una incipiente vegetación briofítica<sup>115</sup>.

Dentro del grupo de las muestras pertenecientes a Puntos Húmedos Continentales se encuentran algunas que en cierta manera responden, a nivel biológico más que geográfico, a las enclavadas en la zona de montaña de Tenerife, por lo cual su estudio presentaba alto interés. Es el caso de las muestras tomadas en lagos, riachuelos y escorrentías de montaña de Los Pirineos (*Remuñe* y *Batisselles*) y Macizo de Somiedo (*Vega de Camayor*), entre otras que por motivos metodológicos no se presentan en esta Tesis. Dentro de esta categoría se incluyen las muestras tomadas en cauces, morrenas glaciares y charcas de montaña de ambiente glaciar (*Briksdal*, *Kjenndal*) y periglacial (*OldStrynefjell*), entendiéndose que su estudio revestía alto interés a nivel limnológico.

Un tercer grupo, someramente tratado, lo constituyen las muestras de los Puntos Húmedos Insulares, con un único ejemplo tomado de una surgencia que fluye desde una galería artificial excavada en la *Playa de Los Roques* (Puerto de La Cruz, Tenerife). Se trata de un pequeño charco situado a pie mismo de playa, afectado por las mareas altas de mayor nivel (anuales) y que recibe una escorrentía de la mencionada galería inmediata. La estabilidad de este pequeño charco parece atestiguada mediante la presencia de una mata de *Colocasia esculenta*, conocida en Canarias como “ñamera” por desarrollar el tubérculo conocido como “ñame”, muy apreciado en gastronomía tradicional. En el escaso sedimento húmedo fino recuperado<sup>116</sup>, se esperaba encontrar una representación de las especiales condiciones limnológicas del sustrato, con aporte de agua dulce y salada.

### Sedimentos de zonas glaciares y periglaciares.

Por lo motivos ya expuestos y atendiendo especialmente a la posibilidad de conocer las características de materiales y registros microfósiles desarrollados bajo condiciones glaciares o periglaciares, se muestrearon algunas zonas del centro de Noruega. Se trata siempre de sustratos superficiales cercanos a las lenguas glaciares y en otros casos —con objetivos claramente limnológicos— situados bajo columnas de agua en charcas de montaña y arroyos (**Tabla 9**).

En las zonas muestreadas se llevaron a cabo observaciones de campo como las referentes a la flora local y los sustratos presentes tanto de forma inmediata como más alejadas de las lenguas glaciares. En todo caso las muestras tomadas en *Briksdal* y *Kjenndal* distaban como máximo de un centenar de metros con respecto a las masas de hielo, entendiéndose por tanto

<sup>115</sup> En este caso resultó paradójico localizar, en la zona superior del escarpe una somera planta de cabaña, en un entorno donde por única representación vegetal aparecía un ejemplar de retama, cuyo desarrollo podría estar vinculado a la reserva de agua existente en el subsuelo.

<sup>116</sup> Sin duda colabora en la escasa estratigrafía de este pequeño charco varios aspectos, como el propio sustrato de base inestable y la posible acción de mareas más altas de lo habitual. No obstante, como puede apreciarse en la **Figura 737 (Volumen II)**, existe cierto proceso de edafización que permite el desarrollo de especies vegetales arbustivas y herbáceas, todas asociadas a las condiciones aportadas —a un ambiente propio de primera línea de playa— por la surgencia proveniente de la galería inmediata.

que existe una relación directa con las mismas, sobre todo en el segundo caso, donde se observa muy escasa acumulación de materiales finos, en torno a la lengua glaciar. Mientras que en el glaciar de Briksdal son notables las acumulaciones de materiales finos y gruesos, bajo la forma de grandes morrenas laterales y frontales.

Localización	Muestra	Latitud	Longitud	Altitud
Valle Glacial de Briksdal	Morrena lateral	61° 39.805 N	006° 51.638 E	atmós. Inest.
Valle Glacial de Kjenndal	Sedimento cauce seco	61° 53.673 N	006° 33.201 E	574
Valle Glacial de Kjenndal	Sedimento bajo agua cauce	61° 53.673 N	006° 33.201 E	572
Arroyo altos Roberg	Sedimento bajo agua cauce	61° 53.769 N	006° 33.044 E	606
Charca montaña Old Strynefjell Road	Sedimento bajo agua charca	61° 57.819 N	007° 25480 E	¿1438?

**Tabla 9,** Localización de las muestras de zonas glaciares y periglaciares.

### Heces fecales de herbívoros.

Como ya se ha planteado, existe la posibilidad de conocer los alimentos vegetales consumidos, por humanos o animales herbívoros a través de su análisis pormenorizado, macroscópico para detectar restos perceptibles a simple vista como semillas y tejidos vegetales, y microscópicos como fitolitos, polen y otros elementos con un rango inferior a 500  $\mu\text{m}$ .

En este caso el estudio de heces fecales de herbívoros seguía el objetivo concreto de conocer los hábitos alimenticios de varios tipos de tales animales, unos domésticos y otros salvajes. Esta tarea parte de una paradoja arqueológica anterior, como es la creada en torno al coprolito ya mencionado y localizado durante las campañas de excavación de la Iglesia de La Concepción. Aunque con las salvedades impuestas por su origen humano, los resultados de aquel permitieron plantear el estudio de heces fecales como forma de aproximarnos al complejo estudio del consumo de vegetales nativos por parte de los ganados prehistóricos en Las Cañadas del Teide. Y por supuesto esos planteamientos nos llevaban a los únicos herbívoros de gran talla que aun consumen vegetación en la zona: los muflones introducidos en 1970 . Desde ahí no era aventurado analizar otros animales a través de sus heces fecales, y así llegamos a la posibilidad de analizar no sólo algunos ejemplares pertenecientes a herbívoros domésticos como la cabra y la oveja, sino a otros muy asociados a la fauna silvestre del Cuaternario europeo y americano: los bueyes almizcleros (*Ovibos moschatus*). Pese a que su desarrollo nada tiene que ver con la prehistoria de Canarias, la posibilidad era cierta, con el fin de proyectar el conocimiento adquirido hacia otros contextos, indagando en las preferencias de una especie herbívora prehistórica, representante actual de secuencias cronológicas muy antiguas y ambientes naturales diferentes a los actuales.

Con tales antecedentes, obtenidos con el tratamiento del coprolito denominado CO-LC-1, entendimos que cualquier material semejante, sobre todo si se encontraba en contextos arqueológicos, revestía de enorme interés



para nuestra investigación, que adquiriría poco a poco un verdadero talante interdisciplinar.

Heces fecales herbívoros	Localidad	Coord geo.	Z/Alt.
<i>Capra aegragus</i>	La Esperanza	28°27'01.12"N-16°22'42.22"O	939
<i>Bos taurus</i>	Somiedo	43°03'23.45"N-6°06'09.48"O	1608
<i>Ovis orientalis</i>	Ben Lawers	56°33'03.64"N-6°06'09.48"O	943
<i>Ovibos moschatus</i>	Dovre	62°15'49.42"N-9°26'47.48"O	1.138
<i>Ovis musimon</i>	Laderas Pico Viejo	28°14'23.45"-16°40'10.31"O	2.302

**Tabla 10,** Muestras de heces fecales de herbívoros actuales.

De este modo, asumiendo de nuevo el carácter experimental de este apartado, se contó con un limitado pero heterogéneo conjunto de muestras, procedentes de animales domésticos con mayor o menor grado de libertad a la hora de pastar (caso de las ovejas escocesas y las cabras canarias) e incluso suelta estacional (ganado vacuno de Somiedo). Y en el caso de herbívoros salvajes, disponíamos del caso más directamente asociado al objetivo de asumir, de manera experimental, el estudio de los hábitos alimenticios del herbívoro de gran talla que en la actualidad utiliza la flora endémica de Las Cañadas como su alimento, mediante el registro de fitolitos dejados en sus heces fecales.

Obviamente en la última categoría contamos con la fortuna de poder incluir el estudio de la flora de alta montaña europea más septentrional (Noruega), a través del registro contenido en las heces fecales de buey almizclero<sup>117</sup>. Cabe destacar las diferencias que deberíamos detectar entre unos y otros materiales, dado que especies como la cabra doméstica podría consumir tanto plantas silvestres como piensos específicos y restos de vegetales, dieta propia de los animales estabulados en las Islas Canarias. Por su parte el ganado vacuno de la zona de Somiedo es gran consumidor del denominado “pasto de diente”, vegetación rasa en su mayoría de gramíneas *Pooideae*.

Por su parte el estudio de las heces fecales de muflón, como ya fuera confirmado con el realizado por Alfayate y Rodríguez-Luengo (1991), facilitaría la compleja tarea de abordar sus preferencias alimenticias actuales. Y aunque existen diferencias tanto en éstas como en la zona por donde se mueven en la actualidad, su constitución –muy similar a la de las cabras– podría facilitarnos la de entender su incidencia en la flora local, como ya lo había hecho el mencionado trabajo, pero ahora mostrándonos si los fitolitos contenidos en sus heces podían permitirlo. Comprobación, posibilidad experimental y explicativa aportadas desde un único proceder.

### **Materiales de Egipto.**

#### **Sedimentos del río Nilo.**

Las muestras proceden de las riberas del río a su paso por Aswan. Se trataba en este caso de un tipo de muestras que bien podría representar las históricas

<sup>117</sup> Muestras obtenidas durante la inspección a una zona de montaña frecuentada por estos grandes bóvidos, y que parecían diferenciarse notablemente de otro herbívoro existente en la zona, como es la oveja doméstica.

potencialidades de los denominados “limos del Nilo”. Obviamente no esperábamos encontrar en ellas evidencias de actividad antrópica, bajo la forma de microfósiles asociados a agricultura o partículas de carbón, pero sí la propia textura de un material muy importante en la historia de la antigua cultura egipcia. Igualmente el hecho de estar ante materiales asociados al agua, debía aportarnos información sobre aquellos organismos que mejor pueden hacerlo: las microalgas. En este caso, cualquier información sobre los tipos, especies o variedades de las mismas existentes en las muestras de lodo, serían de sustancial relevancia a la hora de conocer las características del medio donde se desarrollaron, que en este caso supone uno de los materiales más emblemáticos de la Historia Antigua.

### **Adobes de época faraónica.**

Se trata de un peculiar grupo de muestras de adobes procedentes de diferentes localizaciones de Egipto, todas pertenecientes a época faraónica. Su análisis seguía el objetivo de conocer, como no, su registro microscópico, entendiendo que se trata de materiales con posible contenido vegetal, vinculado estrechamente con los usos constructivos de los egipcios desde el Periodo Arcaico (3.000-2.000 a.C.).

La única muestra de adobes de la que presentamos resultados<sup>118</sup>, procede del recinto funerario de Shunet ez-Zebib, en Abidos, que según O'Connor (2009) habría sido construido c. 2660 a.C. Pese a que en la actualidad se sitúa a unos 2 km. del río Nilo, su alta cronología plantea que podría haber estado –en su época de creación y actividad– más cercano al cauce del mismo, por estarlo de un núcleo urbano<sup>119</sup>, siendo viable introducir criterios de variaciones paleoambientales, en época de la II Dinastía, con respecto a la actualidad. El recinto, cuya complejidad e interpretación ha llamado la atención desde que se levantó el primer plano del mismo, en época napoleónica, hasta después de las primeras intervenciones arqueológicas, sigue siendo aun poco conocido, en parte por lo esporádico de las intervenciones arqueológicas a que estado sometido. Su situación y construcción coincide con la capital de finales del Periodo Arcaico y en concreto del reinado de Khasekhemwy. Según describe O'Connor (2009) dicha complejidad viene dada no sólo por su especial configuración, sino por el conjunto de estructuras anexas a los restos de mayor envergadura: los propios muros del recinto de adobe.

Los adobes son parte de las estructuras de cerramiento, que en algunos casos alcanzan 11 metros de altura. Aunque su aspecto debía ser diferente cuando presentaban su capa ornamental externa, su interior está constituido por innumerables ladrillos de adobe, confeccionados con la habitual mezcla de barro, agua y material vegetal. Este último, justifica en sí mismo y por varios motivos el análisis microscópico del material, si bien es la posibilidad de identificar plantas en base a los fitolitos existentes en la matriz arcillosa, tal posibilidad lleva a otros aspectos arqueobotánicos como la explotación de determinados recursos vegetales y funcionalidad de los mismos así como a su definición como indicadores paleoambientales.

---

<sup>118</sup> Si bien las muestras de las que disponemos alcanzan la decena, por el momento éstas se encuentran en estudio.

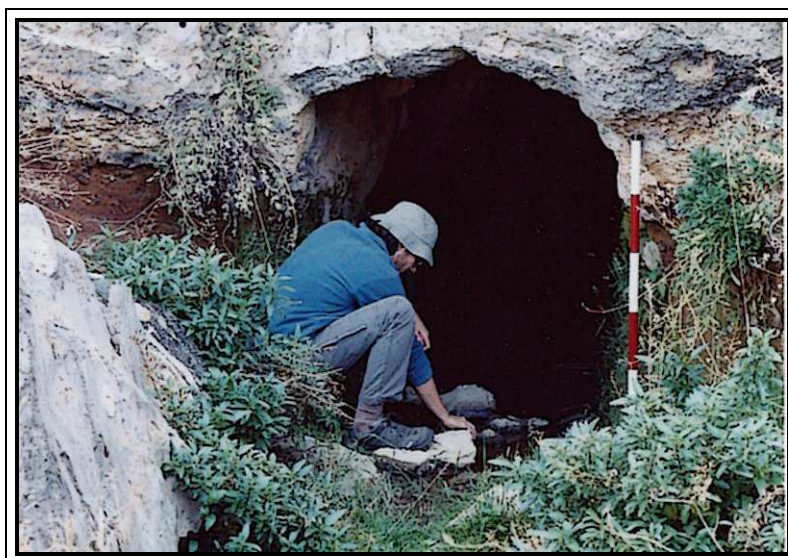
<sup>119</sup> Dr. M.A. Molinero Polo (Dpto. de Prehistoria, Antropología, Arqueología e Historia Antigua, ULL), 2012, Com. Pers.

Dada la orientación práctica del análisis de fitolitos, en nuestro caso asumiendo las posibilidades de unas especies vegetales frente a otras de más compleja definición, la posibilidad de abordar el contenido de un material confeccionado en parte con barro fino y en parte con materia vegetal, suponía estar ante la posibilidad de enlazar el conocimiento existente hacia el estudio de la vegetación de marismas y marjales, en este caso de origen fluvial.

#### **Sedimentos arqueológicos de El Llanillo (Arguineguín, Gran Canaria).**

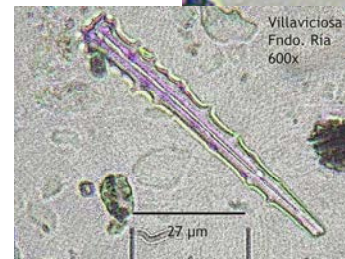
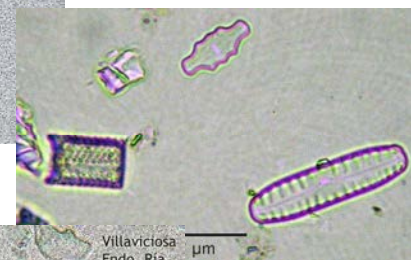
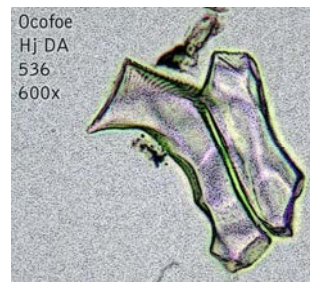
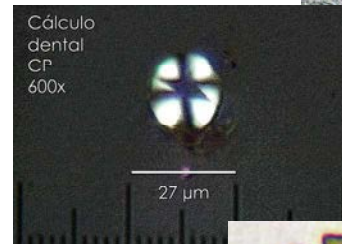
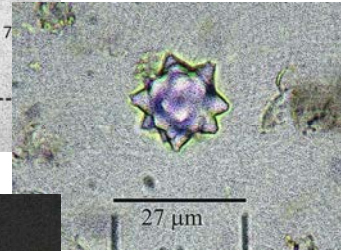
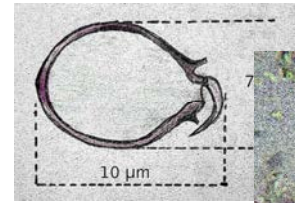
La inclusión de los resultados de su estudio se producen de forma completamente dirigida tras conocer previamente los obtenidos con el conjunto muestral inicial de esta Tesis. Puede decirse que su estudio significó la apertura de la investigación sobre fitolitos de células buliformes cuneiformes. Sobre las que versamos un apartado específico que permite sintetizar los trabajos orientados hacia el conocimiento concreto de ese tipo de fitolitos. Las muestras fueron recogidas personalmente en el yacimiento cuando éste ya había llegado a su nivel base y sus características se exponen el capítulo correspondiente a Resultados 5-III, tras acometer la exposición de resultados de La Cerera, también en Gran Canaria.

Las muestras representan a casi todas las estancias de las que consta este yacimiento, incluidas las de tipo funerario, localizadas al SW del mismo. La labor de recogida de muestras y contextualización arqueológicas de las mismas se llevó a cabo bajo el asesoramiento de los Dres. Julio Cuenca y José Guillén.



Muestreo de sedimentos superficiales en la Galería de El Cedro.

### Capítulo 3: Elementos microscópicos de intervención.



#### Contenidos:

- Fitolitos: antecedentes, clasificación y primeras contribuciones desde el estudio experimental.
- Microalgas diatomeas.
- Microalgas crisofitas
- Oxalatos de calcio/ Pseudomorfos de calcita
- Gránulos de almidón
- Espículas de esponjas

## FITOLITOS.

**Aspectos preliminares.**

El objetivo eminentemente evaluador que sigue la estructuración de esta Tesis, al respecto de ofrecer datos, informaciones y lecturas derivadas en su mayor parte de trabajos experimentales, ha supuesto que el apartado puramente descriptivo y de antecedentes, en el campo de la investigación general de fitolitos, se haya abordado de forma parcial. Entendiendo que el aporte de la información directa, obtenida con el estudio del contexto de actuación, supone ilustrar mediante ejemplos y datos directos aquellos elementos y parámetros que se están definiendo en el texto.

Todo ello entendiendo que numerosos aspectos sobre el tema ya se encuentran desarrollados en una amplia y cada vez más especializada bibliografía, tanto la que puede considerarse clásica (Rapp & Mullholland, 1992; Piperno, 2006; entre otros) como bajo la forma de cada vez más abundantes y específicos artículos. Entre los que existen claros ejemplos de aplicación arqueológica (Albert *et al.*, 1999; Weiner, 2010; Korstanje, 2005; entre otros), pero cuyo estudio específico siempre parte del análisis pormenorizado de determinadas plantas (Rapp & Mullholland, 1992; Gallego & Distel, 2004; entre otros). Contando además con la publicación monográfica *in extenso* más reciente, como es la de D. Piperno (2006), donde se contienen muchos de los múltiples aspectos que involucran al “mundo de los fitolitos”.

Se trata en todo caso de numerosísimos trabajos que ya nos han permitido describir —mediante términos mayormente consensuados— aquellos fitolitos más comunes, como los desarrollados por las gramíneas (*Poaceae*). Formas que podríamos ejemplificar en sus apéndices epidérmicos, como habituales formas de silicificaciones externas o los de células lar desarrollados a nivel interno por esa familia botánica (**Figuras 60 y 61**). Pero como veremos en estas páginas, son muchas las morfologías o morfotipos cuyas características pueden ser descritas e interpretadas en función del conocimiento ya existente en materia de fitolitos, donde los parámetros que permiten su clasificación y valoración —como evidencias empíricas— cada vez alcanzar un mayor acercamiento a su estudio. Intentando establecerse las bases para una mejor definición de sus características, que faciliten, de forma consensuada, aplicarlos en la resolución de cuestiones relacionadas con las plantas en el pasado.

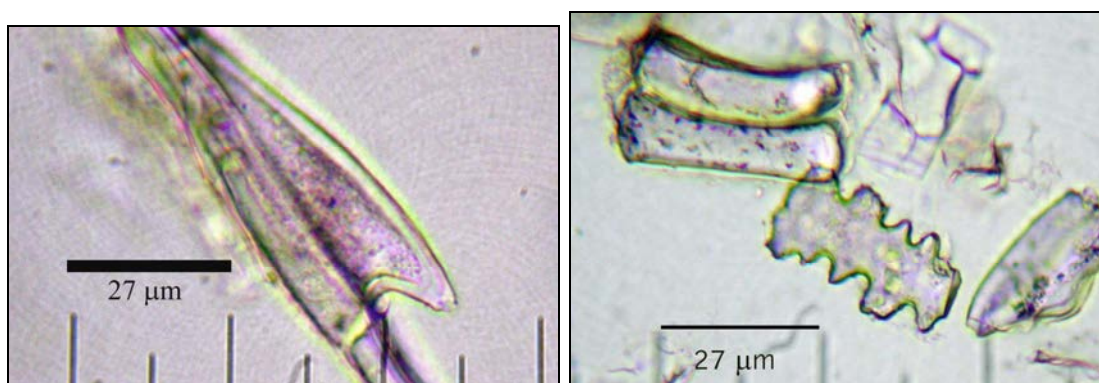
Sin embargo, el hecho de que esta investigación se constituyera como la primera toma de contacto con el estudio de fitolitos, en contextos arqueológicos y edáficos de Canarias, supuso obligatoriamente el estudio de los desarrollados por la flora de las Islas<sup>1</sup>. Del mismo modo, el trabajo realizado en ese sentido debía tener una oportuna expresión descriptiva y de

---

<sup>1</sup> Como tarea experimental previa se analizaron especies pertenecientes a las familias botánicas más representadas en Canarias, comenzando por las consideradas endemismos de las Islas. Posteriormente la labor continuó con plantas autóctonas e introducidas, resultando de igual relevancia el estudio realizado sobre especies que protagonizan formaciones vegetales importantes —en términos paleobotánicos y arqueobotánicos— como robles, hayas o gramíneas formadoras de praderas mono-específicas de marismas. Igualmente se debió proceder al estudio de plantas alimenticias, atendiendo especialmente a los cereales, leguminosas y hortalizas.

clasificación preliminar, que contemplara las claves y nomenclaturas contenidas en los trabajos especializados ya existentes.

Por ello, la opción llevada a cabo en esta Tesis –a nivel de abordaje de los aspectos más relevantes sobre los fitolitos presentes en la flora de Canarias– ha sido otorgarle suma importancia al trabajo experimental, en concreto aquél realizado con plantas representativas en las Islas, ampliando en algunos casos concretos a otras similares, desarrolladas en contextos biogeográficos continentales. Atendiendo a dichos aspectos, se ha optado por presentar, en el capítulo relacionado con los antecedentes en su estudio, aquellas tipologías de fitolitos detectadas durante las tareas de inspección microscópica en suelos y sedimentos. En la medida de lo posible se ha atendido a una descripción completa de los mismos, basada en su forma, ornamentación y tamaño. Entendiendo que tales descripciones cumplimentaban el objetivo de aplicar las pautas de actuación con los conjuntos de fitolitos detectados a nivel de referencia, ejemplificando –tanto unas como otros– los resultados obtenidos a nivel experimental.



**Figura 60** (Izqda.), Fitolito de apéndice epidérmico en hojas de *Agrostis* sp. (Taxón de Kjenndal Glacier, Noruega), una de las tipologías más comunes en contextos edáficos y arqueológicos. **Figura 61** (Drcha.), conjunto de silicificaciones en hojas de *Zea mays* (taxón de La Esperanza, Tenerife), una de las especies más estudiadas con objetivos arqueobotánicos en América del Sur. Ambas 600x. J.A.

Ello ha motivado que en el presente capítulo se aúnen conocimientos documentales específicos con aquellos directamente obtenidos tras el tratamiento y observación microscópica de plantas patrones<sup>2</sup>, llevando así nuestra experiencia al plano del conocimiento general ya existente en materia de fitolitos. De este modo y a nivel preliminar, se ha procurado presentar, de forma conjunta, algunos aspectos descriptivos de fitolitos a nivel general con los presentes en la flora de Canarias, analizados éstos como representantes de las principales familias botánicas presentes en las Islas. E igualmente la presentación, descripción y propuesta de clasificación de los fitolitos,

<sup>2</sup> Entendiendo como tales aquellas que han sido recolectadas y procesadas para realizar las fundamentales preparaciones que nos permiten el estudio microscópico, que son además las que pasan a formar parte de la Colección de Referencia, denominada a efectos prácticos como Colección Experimental de Referencia Fitoliteca-1 (CER-Fitoliteca-1).

localizados durante el estudio de diversos contextos naturales (suelos, sedimentos) y arqueológicos, creemos que permite contactar con la realidad de estas partículas sin que medie el conocimiento experimental, lo cual sin duda amplía la percepción de los fitolitos cuando ya deben considerarse microfósiles de antiguas plantas. Y es que en algunos casos determinados fitolitos, desarrollados por un taxón vegetal, propio de específicas condiciones ambientales, nos aportan las posibilidades explicativas sobre concretas tipologías fitolíticas, que aparecen de forma común en contextos ambientales más o menos antropizados, indicándonos por ejemplo la presencia de gramíneas (**Figuras 60 y 61**). Y si estas pueden indicarnos –como nos aportaron Twiss, Suess & Smith (1969) y posteriormente Twiss (1992)– información sobre determinadas condiciones ambientales y paleoambientales.

### **Plantas que han guiado el estudio de fitolitos.**

#### **Los cereales**

En casos muy concretos, el estudio de conjuntos de fitolitos, de un determinado taxón, puede asociarse a prácticas alimenticias muy antiguas, lo cual no sólo ha permitido profundizar en el estudio de las mismas, sino en la propia evolución del cultígeno desde las formas botánicas nativas, donde ha sido determinante la manipulación humana desde la Prehistoria. Dos casos ejemplifican perfectamente las posibilidades de los registros de fitolitos en este sentido. El primero de ellos podría ser perfectamente el de los trabajos sobre *Zea mays* y las variedades de su ancestro silvestre (conocido como *teosinte*) en Sudamérica, donde tanto la investigación de fitolitos en plantas nativas y cultivadas, como de concretos contextos arqueológicos (Pearsall, 1978; Piperno, 1984, 1985, 1988; Korstanje, 2002, 2005; entre otros) ha aportado valiosas pruebas complementarias al estudio genético del maíz/millo. Las cuales confirman la relativa rapidez de la transformación de la planta<sup>3</sup>, gracias a las prácticas de selección antrópicas, que han causado una evolución más intensa que la producida –más gradualmente– por la especiación natural (López-Bellido, 1991).

El segundo caso se vincula a un cereal de ámbito más oriental y mediterráneo como la cebada (*Hordeum vulgare* sp.), aunque quizá mejor citarlas como “cebadas” ya que al igual que los trigos, su diversificación supone una consecuencia lógica del manejo del cultivo, considerado uno de los más antiguos y que algunos autores estiman en 15.000 años (Bellido, 1991). Como bien atestiguan varios trabajos al respecto (Ball *et al.*, 1999; Rosen, 1992; entre otros), la identificación de la cebada cultivada también es posible en base a la de sus *esqueletos silíceos*, un aspecto que nos introduce en el complejo tema de su domesticación, como el cereal más prontamente empleado en la alimentación humana y animal.

Llegado este punto resulta complejo abstraerse de las secuencias más antiguas de las Islas Canarias en cuanto al mundo de los cereales, ya que los conjuntos de fitolitos que desarrollan suponen una de las vías de investigación más fructíferas en el estudio de la arqueobotánica (Rosen, 1992; entre otros), tal y como ya lo hace en el ámbito de las evidencias paleocarpológicas (Morales, 2006; entre otros). En ese sentido, sumado al tema del *binomio cebada-trigo*, que en ese orden parece ser el de mayor consenso actual para

---

<sup>3</sup> Que resulta especialmente espectacular en su inflorescencia o mazorca.

la Prehistoria de Canarias, hemos retomado la cuestión de aquellas gramíneas que pudieron participar en una *agricultura frumentaria experimental*, aunque sólo sea en el plano hipotético, pero sobre el que se ha desplegado una mínima actividad experimental real. En esa cuestión nos llegó el ejemplo del que ha sido denominado “trigo guanche” y cuyo seguimiento de campo quedó inconcluso, pese a contar con las primeras impresiones de componente etnobotánico al respecto<sup>4</sup>. Es decir, en un momento dado se nos planteó la posibilidad de indagar en lo que pudieron ser intentos de ampliar la oferta de cereales traídos a Canarias por sus primeros pobladores. O en todo caso poder llegar a aportar algún dato sobre tan emblemático cereal, y si es que éste constituyó una semilla que terminó perdiéndose, o bien pudo obedecer a esa práctica de agricultura experimental explotando aun más las posibilidades del entorno natural de las Islas.

Si bien finalmente no pudimos localizar espigas de esta legendaria planta, optamos por seguir entonces la ruta más factible al respecto, como es la experimental, siguiendo los planteamientos que observan a *Aegilops* sp. como un posible candidato a ser el legendario “trigo guanche”. La cuestión aquí tampoco es baladí: a los registros arqueobotánicos existentes, podíamos añadir como ruta de búsqueda e indagación, la de fitolitos (concretamente esqueletos silíceos de sus inflorescencias) del género *Aegilops* sp.. Cuyo estudio microscópico confirmó su ya propuesta vinculación con el género *Triticum*, al que pertenecen todos los trigos (López Bellido, 1990). Creemos que de este modo la ruta quedaba abierta<sup>5</sup>.

#### **La flora de Canarias por descubrir...desde sus registros biominerales.**

Obviamente la Flora de Canarias se constituye como un enorme conjunto de plantas donde los cereales son una mínima parte, en concreto como especies introducidas. De toda ellas –como especificamos en el capítulo de contexto ambiental– había que llevar a cabo una selección representativa, tomando en consideración familias como *Poaceae*, atendiendo a su alta producción de fitolitos de sílice y por tanto sus amplias posibilidades en estudios paleobotánicos; *Arecaceae*, el restringido grupo de las palmeras donde *Phoenix canariensis* suponía un obligado punto de partida; las gimnospermas por el mismo motivo pero ejemplificado por *Pinus canariensis* y otras coníferas nativas así como una serie de dicotiledóneas arbóreas que, como las lauráceas, debían ser estudiadas por su vinculación con secuencias muy antiguas de las Islas (Laurisilva) y su poco conocido papel como recurso vegetal en época aborígen. Ni que decir tiene que plantas como la higuera, por su claro papel como frutal probablemente introducido en época prehistórica o las leguminosas de alta montaña (la triada *Spartocytisus-Adenocarpus-Chamaecytisus*) que guardan especial interés en el estudio

---

<sup>4</sup> A. Tejera, 2003; E. Beltrán, 2003; Com. Pers.

<sup>5</sup> Aunque en esa misma hipótesis entraba igualmente una gramínea endémica como *Arrhenatherum calderae*, que posee características que podrían calificarla como “cereal potencial”, el estudio de sus fitolitos confirma el mismo pero con la limitación de realizar un seguimiento más amplio. En todo caso, hemos comprobado que produce una pequeña semilla que podría llegar a ser procesada como alimento, siempre y cuando se compruebe que no presenta toxicidad. Dichas semillas fueron obtenidas tanto en recolecciones de campo como facilitadas por D. E. Carqué (Sección de Rescate Genético, Parque Nacional del Teide).



arqueobotánico del contexto “Cañadas del Teide”, guiaron en un primer momento los ciclos recolección-análisis-verificación en materia biomineral. Luego, como se expone a lo largo de estas líneas, había que ajustar el amplio conocimiento existente a lo que la flora de Canarias nos mostraba, yendo de este modo de lo general a lo particular.

En todo caso, en este apartado, centramos nuestro objetivo en ofrecer una imagen lo más nítida posible de los fitolitos detectados, sin olvidar que su objetivo es una aproximación a la identificación y valoración arqueobotánica de posibles plantas empleadas en la Prehistoria de Canarias. Con lo cual el apartado de su descripción debía atender, lo más directamente posible, a la complejidad adquirida por el estudio de fitolitos en las últimas décadas. De modo que aspectos como los criterios de tipo descriptivo, clasificatorio, pero sin olvidar que otros relacionados con las tareas de muestreo, disposición de formaciones vegetales, taxonomía y tafonomía constituyen la base para emplear —el estudio de conjuntos de fitolitos— como microfósiles vegetales de excepción tanto en uno como otro contexto, natural o antropizado, edáfico o arqueológico.

En definitiva se han intentado seguir los planteamientos esbozados en trabajos ya existentes —en algunos casos considerados como clásicos— y los más recientes antes del cierre de esta Tesis doctoral. Debo mencionar que en el inicio de la investigación no se habían estudiado, como probablemente ocurra tras el cierre de la misma, la totalidad de las obras de referencia al respecto, dado lo ingente de su volumen ya en el año 1999, cuando Krunge publica la mayor recopilación bibliográfica existente hasta ese momento. No obstante, en algunos casos, trabajos de recopilación (Meunier & Colin, 2001) y monográficos más recientes (Piperno, 2006) nos han permitido conocer y en parte solucionar, las numerosas cuestiones afrontadas en la aplicación del análisis de fitolitos, tanto en las de descripción, clasificación y aplicación a los materiales analizados en Canarias.

Será la labor de análisis en profundidad de la flora local la que deba continuarse con aquellas especies, presentes en las Islas, con conocida producción en silicofitolitos y oxalatos, que sin duda colaborarán —a partir de su análisis biomineral— en un mayor conocimiento de la producción fitolítica local, ampliando el aquí reflejado. Por ello, a la luz de las fuentes documentales disponibles y como última revisión de alguna de ellas, parece aconsejable matizar términos y definiciones, aunque sea únicamente bajo la posibilidad de adquirir visiones complejas sobre los pormenores de las herramientas de estudio, en este caso los fitolitos. Ya que esto es lo que son los fitolitos dentro de un trabajo versado sobre su aplicabilidad a determinados procesos históricos, así como en aquellos naturales acaecidos en concretas secuencias espacio-temporales, en concreto de las enclavadas en Prehistoria. Y es que el conocimiento ya existente de los pormenores de un determinado material, objeto —o partículas en nuestro caso— sigue siendo indispensable para conocer la evidencia empírica, también de aquellas que serán tomadas como base para el desarrollo de una lectura histórica.

#### **Aspectos básicos de los fitolitos en su aplicación a las Ciencias de la Tierra.**

El conocimiento actual de los fitolitos deriva, en su mayor parte, de trabajos desarrollados durante la primera mitad del siglo XIX y sobre todo desde la segunda, en lo que D. Piperno (2006) denomina —estableciendo una primera

propuesta cronológica de la disciplina— *Etapa de descubrimiento y exploración*. Desde entonces, pasando por las reflexiones sobre la relación científica entre los respectivos trabajos de Ehrenberg y Darwin (Zucol, 1992), así como de Struve y los generados en la órbita de la Escuela Alemana (Grob, 1896 y otros), llegamos a los generados con posterioridad a la 2ª G.M, en lo que supone un periodo de clara vocación ecológica, cuando sin duda se afianza la disciplina desde muy diversas perspectivas y aplicaciones. En ese periodo será fundamental la marcada multidisciplinariedad que le aportan edafólogos, agrónomos y botánicos europeos y norteamericanos. Contexto donde también se desarrollará, el ya clásico, trabajo de Twiss, Suess & Smith (1969). Que permitirá contar con el primer sistema de clasificación de fitolitos de células cortas de las gramíneas, estableciendo las bases para su reconocimiento y vinculación con las tres principales subfamilias *Poaceae*, así como su conjunción en otras tantas subfamilias y tribus, implementando con ello el valor de los fitolitos de células cortas.

Desde 1971, año de la publicación de I. Rovner en *Quaternary Research*, disponemos del primer trabajo sobre la investigación en fitolitos, con su abordaje de las limitaciones y posibilidades como aplicación en materia de reconstrucción paleoecológica. Desde entonces *multiplicidad* y *redundancia* son términos que acompañan cualquier trabajo sobre fitolitos, tanto en contextos actuales como pasados. Para Piperno (2006), dicho trabajo además potenciará la percepción de los paleobotánicos hacia este tipo de estudios, ya que desde entonces será tomado y empleado como una eficaz herramienta de investigación paleoecológica y arqueológica.

La siguiente fase de la secuencia propuesta por Piperno —que con muchos matices se mantiene hasta la actualidad— comienza en 1978, es cuando se sientan las bases de la aplicación real del análisis de fitolitos a contextos arqueológicos y de investigación paleoambiental. Cabe citar así los primeros trabajos que los emplean como *proxy data* en el estudio del uso prehistórico de plantas, la domesticación de algunas de ellas y el medio vegetal imperante en determinadas épocas y zonas (Bozarth, 1986, entre otros; Pearsall 1978, entre otros; Piperno, 1984; entre otros). Adquiere así importancia en el estudio de las culturas y entornos de América del Sur y especialmente en el proceso de domesticación del maíz/millo (*Zea mays*) como base de sus estructuras productoras. Pero también en un complejo conocimiento que comienza a complementar, desde entonces, al ya adquirido mediante los registros paleopalinológicos— sobre materiales como suelos y sedimentos arqueológicos de bosques de tierras bajas tropicales, llegando incluso a ofrecer datos paleobotánicos, sobre yacimientos situados en bosques neotropicales, donde las condiciones del sustrato no eran las adecuadas para la preservación de otros restos vegetales. Puede decirse que estos trabajos consolidan la disciplina, haciéndola y volviéndola aplicable —especialmente a nivel metodológico— para el mundo de la arqueología.

A nivel de aplicación paleoambiental, será de nuevo Twiss (1992) quién confirme las posibilidades paleoambientales de los fitolitos *Poaceae* de células cortas. En su artículo, inserto en la clásica compilación de Rapp & Mullholland (1992), aporta la posibilidad de estimar condiciones ambientales en función de los ratios entre los fitolitos de células cortas de las tres subfamilias principales de gramíneas (*Pooideae*, *Panicoideae* y *Chloridoideae*). La primera

aplicación de lo que vino a denominarse *índice de aridez*, había sido puesta en práctica por Diester-Haass *et al.* (1973) en su estudio de sondeos profundos (cores) de sedimentos entre el noroeste de África y el Atlántico norte. Entonces se estudiaron las asociaciones fitolíticas que, junto con los datos de diatomeas y terrígenos eólicos, permitieron detectar cambios paleoambientales en una secuencia de unos 140.000 años BP.

De ese modo se sucederán trabajos que nos aportan nuevas versiones de los mundos prehistóricos, abordando contextos muy antiguos para conocer poblaciones cazadoras-recolectoras del Paleolítico inferior africano (Domínguez-Rodrigo *et al.*, 2001) y su ambiente (Albert, 2006). Del mismo modo se abordan secuencias posteriores, donde igualmente resultaron fundamentales los criterios metodológicos de los fitolitos para indagar en los modelos de ocupación de las poblaciones neandertales en Próximo Oriente (Albert *et al.*, 1999, entre otros). En esa misma década, la investigación de fitolitos, se empleará para conocer los sistemas de producción agrícolas y ganadero en el Formativo andino. Siendo buen reflejo de los mismos el trabajo doctoral de Korstanje (2005), que además incorporará la idea de un análisis multipropósito<sup>6</sup>, contemplando la recuperación no sólo de silicofitolitos, sino del resto de microfósiles presentes en muestras de sedimentos arqueológicos (Korstanje & Babot, 2004; entre otros).

Tal y como se ha descrito en trabajos anteriores (Afonso, 2004, 2007, 2010) también en Canarias hoy puede considerarse una disciplina con amplias posibilidades de aplicación, cuyos pormenores sobre conjuntos vegetales experimentales, arqueológicos y edáficos ya se encontraban ampliamente desarrollados en numerosas publicaciones de referencia ajenas a los contextos de las Islas. Que no son otras que la ya clásica de Rapp & Mullholland (1992) donde se especifican muchos de los campos de aplicación, el Volumen N° 4 de Monografías del CSIC (Pinilla *et al.*, 1997) y la recopilación de trabajos de Meunier & Colin (2001). Siendo la más reciente de ellas, entre numerosos artículos y comunicaciones, la monografía de D. Piperno (2006).

### ¿Pero... qué es un fitolito?

Si nos atenemos a su naturaleza, se trata de una biomineralización, tal y como la entienden Simkiss & Wilbur (1989), ya que supone el resultado del proceso por el cual se crean cuerpos sólidos desde iones solubles, captados y sintetizados desde la solución edáfica por parte de un organismo vegetal terrestre. Aunque se trata éste de un proceso que no sólo desarrolla lo que entendemos como “fitolitos” sino también otros tipos similares de partículas vegetales. Ya que no son considerados fitolitos aquellas partículas similares (de base silíceas) generadas por plantas microscópicas, aunque compartan con las anteriores la capacidad sintetizar SiO<sub>2</sub> desde el medio donde se desarrollan, en este caso desde agua dulce o salada. De tal modo que las valvas de diatomeas, así como otras partes, de otras microalgas, comparten un mismo proceso formativo con los fitolitos pero no así denominación. Aunque entre todos, cuando son localizados en contextos posteriores a su

---

<sup>6</sup> Haciendo referencia al análisis que contempla la recuperación de otros microfósiles, algunos dentro del propio rango de los fitolitos, como los oxalatos de calcio pero también de esferulitas de fauna herbívora, gránulos de almidón y microalgas, del tipo de las valvas de diatomeas y quistes de crisofitas.

desarrollo como organismos vivos, constituyan un conjunto que ha venido en denominarse “microfósiles vegetales”. Por ello, la denominación “fitolitos” hace referencia exclusiva a un grupo, conjuntos, de elementos microscópicos con entidad propia, que son desarrollados por plantas terrestres, en principio con independencia de que se trate de los de base silíceo (silicofitolitos) o composición de sales de oxalatos de calcio o fosfatos.

Por ello, dentro de las numerosas morfologías de los fitolitos no entrarían las valvas de microalgas diatomeas y los quistes endógenos (de resistencia) producidos por las crisofitas, como tampoco las espículas de esponjas, que en este caso proceden de la parte silicificada de estos primitivos animales sésiles. En todo caso debe destacarse que el mismo proceso de síntesis de  $\text{SiO}_2$  se produce tanto en fitolitos como en microalgas y esponjas, de forma tan similar como para producir partículas o elementos altamente silicificados, que perduran –manteniendo sus formas originales– en sustratos edáficos y sedimentarios (terrestres y acuáticos). Desde esa perspectiva, todos son considerados microfósiles vegetales silíceos, de base altamente silicificada, pero con las salvedades mencionadas.

Si bien la mayoría los investigadores especializados asumen que al denominar fitolito a una partícula, ésta se encuentra formada por sílice amorfo o hidratado ( $\text{SiO}_2$ ), y conviene diferenciarla de otras biomineralizaciones que como los oxalatos de calcio ( $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ) solamente son considerados fitolitos en algunas obras de referencia (Rapp & Mullholland, 1992; Pinilla & Bustillo, 1997; Juan-Tresserras, 1997; Korstanje, (tesis) entre otros). En realidad este proceder sigue la designación propuesta por Ehrenberg (1846, 1854) al definirlos como tejidos silicificados provenientes de las plantas –a los que él denominó *phytolitaria*– y que por tanto hacía referencia expresa a partículas con alto contenido en sílice, no contemplando por entonces los oxalatos de calcio o compuestos de fosfato que, pese a derivar como los de sílice de un proceso de biomineralización, no serían denominados fitolitos sino simplemente *oxalatos*<sup>7</sup> (Juan-Tresserras, 1997).

De atenernos a esta norma, obviamente deben asumirse las bases químicas que rigen el comportamiento de lo que ya podemos denominar fitolitos, sin confundirlos con otras biomineralizaciones no-silíceas. Siendo especialmente importante resaltar dicha diferenciación, ya que existe una relación directa entre ésta y los métodos encaminados al aislamiento de fitolitos, tanto desde los tejidos vegetales de los que proceden como de aquellos contextos donde se encuentran depositados, tal que suelos y sedimentos arqueológicos. En esos materiales se encuentran íntimamente vinculados con aquellas partículas y compuestos que conforman su matriz, como materia orgánica, carbonatos y fracciones granulométricas. Por ello la primera salvedad, que debe hacerse es que el comportamiento de los fitolitos, será directamente proporcional a las

---

<sup>7</sup> En la actualidad autores e investigadores de microfósiles en contextos arqueológicos, como A. Korstanje (Museo Arqueológico de Tucumán, Argentina), opinan que el término es igualmente válido para este tipo de biomineralizaciones (2010, Com. Pers.). En otros casos la importancia dada al estudio de silicofitolitos supone la eliminación de todo el registro microfósil que no presenta esa base química (oxalatos de calcio), para lo cual plantean la necesidad de diseñar protocolos de tratamiento y valoración que resuelvan esa cuestión (Albert, 2003, Com. Pers.), pero inicialmente se sigue planteando como fitolitos únicamente a los primeros.

características del medio donde se localizan, viéndose afectados o no por la incidencia de aquellos procesos que a nivel postdeposicional suponen la disolución o conservación de toda partícula con esta composición.

Los fitolitos no están compuestos por silicio (Si) sino por dióxido de silicio, más conocido como sílice ( $\text{SiO}_2$ ) o sílice amorfa hidratada ( $\text{SiO}_2$  5-15%  $\text{H}_2\text{O}$ ). Para que se produzca su deposición, bajo la forma de un sólido, las plantas que los generan primeramente lo absorben, como ácido monosilícico [ $\text{Si}(\text{OH})_4$ ], a través de las raíces y la savia bruta presente en la solución del suelo. Siendo depositado gradualmente en sus tejidos (internos y externos) como sílice amorfa. De forma que el ácido es absorbido, en solución, por las raíces de la planta junto con otras sustancias minerales y transportado hacia las hojas a través de los vasos (Bartoli 1981; Jones & Handreck, 1967; Raven, 1983; Sangster, 1970a, 1970b; entre otros). El siguiente proceso involucra tanto la evapotranspiración vegetal como la cantidad de sílice importada por la planta, obviamente en función de su disposición en el sustrato. En éste la sílice mineral se encuentra principalmente como producto de la alteración de silicatos primarios o disolución de cuarzos de la roca madre.

Efectivamente, mientras que el silicio no se encuentra en la naturaleza de forma libre (Babor & Ibarz, 1977), la sílice es muy común, presentándose en formas muy variadas de rocas como el cuarzo, hasta tal punto que la mayoría de ellas, salvo las de base caliza, contienen altas proporciones de sílice, como ejemplo los cuarzos o el vidrio volcánico. No obstante, esa misma concentración –pese a guardar los enlaces químicos propios de  $\text{SiO}_2$ – no presenta el mismo aspecto microscópico de los fitolitos, los cuales toman buena parte de su composición sin desarrollar estructura cristalina. Por lo que se trata de elementos formados mayoritariamente por dióxido de silicio, que contienen una proporción variable de agua estimada entre 4% y 9% (Piperno, 2006), así como pequeñas cantidades de Al, Fe, Mn, P, Cu, N y C orgánico, que suponen entre <1% y 5% del peso total de los fitolitos (Piperno, 2006; Bartoli & Wilding, 1980; Jones & Beavers, 1963; Wilding, 1967; Wilding *et al.*, 1967; entre otros). Pudiendo por tanto afirmar que su contenido en sílice oscila entre un 90% y 95%.

Al presentar esa composición altamente silicificada, aunque ésta tenga un origen biogénico (vegetal), su comportamiento óptico es isótropo, con un rango de índice de refracción situado entre 1.41 y 1.47 y una densidad estimada entre 1.5 y 2.3. Varios autores comentan, acerca de su coloración, que ésta es, bajo luz transmitida, ligeramente marrón o inexistente, siendo muchos altamente transparentes (Piperno, 2006; Jones & Beavers, 1963). Aunque que creemos que este hecho quizás esté relacionado con el tipo de microscopio empleado, dado que en nuestras observaciones –realizadas entre el año 2002 y 2012– la percepción general es que los fitolitos presentan una característica y ligera coloración malva/rosácea que los hace fácilmente reconocibles<sup>8</sup> (Figura 62) entre partículas minerales, con excepción de las de vidrio volcánico (Figura 63). Dicho particular involucra tanto a fitolitos de pequeño tamaño (<50  $\mu\text{m}$ ) como a los mayores (>100  $\mu\text{m}$ ),

---

<sup>8</sup> Particular que comparten con otras elementos biominerales como las valvas de diatomeas, quistes de crisofitas, espículas de esponjas y algunos tipos de radiolarios. En los casos que confluyen varios grupos, aunque la coloración es muy similar las características morfológicas son cruciales para distinguir unos de otros.

independientemente de su morfología, estando más relacionadas con la densidad de la misma, lo cual determina una mayor o menor intensidad cromática, siendo ésta muy alta en morfologías como las masivas células buliformes de los tejidos aéreos de *Brachypodium sylvaticum* (Figura 64) o las grandes traqueidas de *Ocotea foetens* (Figura 65). No obstante, la coloración en los rangos más comunes no suele variar sustancialmente, hecho que garantiza la detección sistemática de fitolitos de muy variada morfología en las muestras sometidas a inspección microscópica.

Aunque en la mayoría de los casos presentan formas distinguibles y clasificables por grupos, en algunas plantas el componente amorfo es tan elevado como para únicamente poderlas describir como formas alargadas, delgadas o globulares de muy pequeño tamaño. No obstante, por ejemplo con respecto al vidrio volcánico –que también presenta una composición y densidad similares– las diferencias morfológicas son tan apreciables como para poder afirmar que estamos ante éstos y no ante silicofitolitos.



**Figura 62** (Izqda.), Fitolito de célula larga trapezoidal de bordes sinuosos, en suelos de Las Cañadas del Teide, 600x.. **Figura 63** (Drcha.), Fragmento de vidrio volcánico microscópico en la misma muestra. 400x. J.A.

Pero no podemos olvidar que los suelos, sedimentos y aguas, en el primer caso derivados de la meteorización y disolución de rocas con alto contenido en sílice, son los que acumulan un alto contenido en este compuesto, permitiendo –y ya llevado al mundo de las biomineralizaciones y los microfósiles– a los organismos vegetales, que se desarrollan sobre y dentro de éstos, adquirirlo e incluirlo como parte más o menos fundamental de sus tejidos internos o externos. Es así como algunas plantas lo sintetizan en gran cantidad –bajo formas definidas– tanto en las de origen terrestre (caso de las gramíneas como familia de mayor concentración) como acuático (valvas de diatomeas y quistes de crisófitas), existiendo algunos organismos animales primitivos que, como las esponjas, forman los canales por los que hacen discurrir el agua de la que obtienen sus nutrientes, y la sílice que conforma dichos canales, que reciben el nombre genérico de espículas.

Se trata en todo caso de una composición química que podemos calificar como “altamente resistente”. La sílice tiene un punto de fusión y ebullición

muy elevado, superior a los 1500°C<sup>9</sup> y su resistencia al ácido puede considerarse alta, siendo únicamente soluble en ácido fluorhídrico (HF). Por el contrario ácidos como el clorhídrico (HCl) de forma aislada o en conjunción con nítrico (HNO<sub>3</sub>), en la conocida unión química de “agua regia”, permiten liberarlos de los carbonatos y fosfatos presentes en la matriz edáfica, facilitando así su nítida observación. Aunque especialmente colabora en ello la previa eliminación de materia orgánica, mediante su oxidación en presencia de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), que permite observarlos limpios de compuestos y partículas adheridas a su superficie<sup>10</sup>.

La bibliografía al respecto es suficientemente amplia y diversa, incrementándose rápidamente en la actualidad y siguiendo la misma tónica entre 1990 y 2010, cuando son abordados numerosos aspectos relacionados con los fitolitos, caso de la monografía de D. Piperno (2006). Como aquellos estudios parciales y específicos enfocados —entre otras disciplinas— directamente a la práctica arqueológica (Weiner, 2010). No obstante, creemos fundamentales algunas obras de referencia —que ya pueden considerarse clásicas— en su aplicación práctica a contextos edáficos (Piperno, 1985; Pinilla & Bustillo, 1997; Zucol & Brea, 2005; entre otros) y arqueológicos (Juan-Tresserras, 1997; Bowdery, 1998; Albert, 1999, 2006; entre otros), y donde se siempre prevalece la necesidad del estudio preliminar en las plantas vivas que los originan y bajo qué circunstancias de formación se producen (Rapp and Mullholland, 1992; entre otros). Un conocimiento que comúnmente ha sido abordado —de forma inicial— desde sus características morfológicas, parámetro que aunque fundamental no debe considerarse único, ya que sólo la toma en consideración de aspectos como el tamaño, la forma y grosor de su sección, la disposición de sus principales ejes de simetría y la ornamentación/textura pueden permitirnos discriminar a nivel taxonómico entre fitolitos en muchos casos similares. En este sentido la propuesta del ICPN 1.0 de Madella *et al.* (2005), parece recoger todos los parámetros necesarios para llevar a cabo tal objetivo.

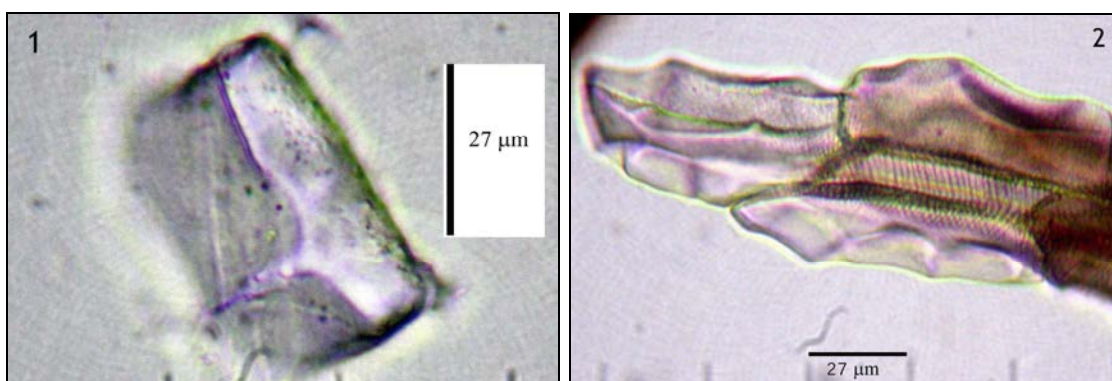
Igualmente, el criterio cuantitativo nos permite conocer las concentraciones de un determinado morfotipo fitolítico en partes concretas de una planta. Este parámetro obviamente cobra especial relevancia en la

---

<sup>9</sup> Las pruebas realizadas en el Dpto. de Edafología y Geología (ULL) con esponjas marinas —formadas básicamente por espículas silíceas— han proporcionado datos como que su punto de fusión se sitúa por encima de 1.500° centígrados. Observándose entonces modificaciones microscópicas en su estructura interna, que responden a la apertura de este proceso. Estos resultados pueden en parte extrapolarse a los silicofitolitos, en la mayoría de los casos, puesto que el %SiO<sub>2</sub> en ambos casos es muy similar, muy alto.

<sup>10</sup> Aunque sin olvidar que en esos métodos básicos de aislamiento de fitolitos de la matriz que los engloba debe igualmente eliminarse, en parte o en su totalidad, las partículas que integran la textura de suelos y sedimentos y donde las partículas de arcilla (<2 µm) son especialmente susceptibles de impedir tal estudio, que de no producirse un acertado proceso de desagregación y eliminación (decantación), aglutinan al resto de partículas minerales dentro de los característicos agregados arcillosos, los mismos que pueden contener fitolitos que se vuelven difíciles de detectar y describir (en tipo y concentración) durante una inspección microscópica volcada a su identificación.

valoración de fitolitos en materiales como suelos y sedimentos, donde se insertan como parte de la matriz edáfica y donde solamente un conocimiento sobre sus concentraciones, por gramo de muestra vegetal neta, puede indicarnos la relevancia de los mismos en un determinado tipo de sustrato. En el caso concreto –como ocurre en el aparato metodológico e interpretativo de esta tesis– de querer valorar las concentraciones de determinados fitolitos entre parte de las partículas que forman un suelo/sedimento a nivel textural (arenas <200  $\mu\text{m}$  y limos totales), el aspecto cuantitativo significa disponer de una valoración real de fitolitos por partículas minerales, lo cual acelera notablemente los procesos de cómputo total, y por tanto las lecturas sobre la significación de los registros de fitolitos en una determinada zona de suelos y sedimentos.



**Figura 64**, Coloración de fitolito de célula paralelepípeda en *Brachypodium sylvaticum*. **Figura 65**, Variaciones de color en fitolitos de traqueidas facetadas en *Ocotea foetens*. Ambas 600x.

Dicho conocimiento debe preceder al intento de reconocerlos, y servirnos como base empírica para estudios arqueológicos y paleoecológicos, donde forman parte de las partículas depositadas en tiempo y espacio concretos. Esta característica es la que les otorga calidad de microfósiles, como partes perdurables de antiguos organismos vegetales. Es un hecho constatado que se les localiza en numerosos materiales sedimentarios terrestres (Rovner, 1988; Jones, 1964; entre otros), marinos (Buckry, 1979, 1980; entre otros) y obviamente lacustres (Piperno, 1985; entre otros), con cronologías muy antiguas<sup>11</sup>. Igualmente los contextos de localización pueden ser la totalidad de los existentes en el planeta, desde los ambientes más propicios con desarrollo de plantas que los producen hasta otros de grandes rigores climáticos, como podrían ser los desiertos de arena y roca, hasta zonas polares antárticas (Carter, 1999; Thorn, 2004; entre otros) o sub-polares cercanas a ese mismo continente (Thorn, 2006; entre otros).

Aunque podría generalizarse en el sentido de que se encuentran fitolitos en todas aquellas zonas donde haya existido algún tipo de vegetación con capacidad de síntesis de sílice, con independencia de su cronología pero no

<sup>11</sup> Como límite cronológico a la estabilidad, que según Rovner (1988) pueden llegar a tener los fitolitos en horizontes edáficos, Rapp & Mullholland (1992) citan el reconocimiento, por parte de Jones (1964), de fitolitos de sílice en rocas sedimentarias del Paleoceno, con unos 60 Ma de antigüedad.



tanto de los procesos tafonómicos inherentes a las condiciones del sustrato de acogida, que sí pueden obrar en detrimento de su conservación. Ya que pueden abrirse procesos de disolución que la limiten, como ya se ha planteado cuando los sustratos resultan fuertemente alcalinos ( $\text{pH} > 8$ ) y presentan circulación hídrica (Bartoli & Wilding, 1980; Albert, 1999; Piperno, 2006; entre otros), parámetro este último que puede ser resultar determinante, ya que como confirma Runge & Runge (1997) existen suelos, como los de selva tropical, donde el pH, de tendencia ácida, no impide que se produzca la disolución de la  $\text{SiO}_2$ . En resumidas cuentas, con la matriz fuertemente silicificada de los fitolitos no ocurre sino el mismo proceso que acontece cuando la sílice mineral es afectada por fenómenos de meteorización y lavado (Porta *et al.*, 1999). Efectivamente, como exponen varios autores (Dixon, 1989; Iler, 1979; entre otros), el proceso de disolución de cualquier cuerpo de base silíceo ( $\text{SiO}_2$ ) se incrementa drásticamente desde un pH de 8-8,5, completándose dicho proceso cuando el grado de alcalinidad alcanza 12.

Como bien apuntara Rovner (1971), el potencial de los fitolitos para llevar a cabo reconstrucciones paleoambientales, puede compararse con el de los estudios paleopalinológicos, e incluso compensar el vacío de palinomorfos<sup>12</sup> en muchas zonas, donde sí es posible localizar fitolitos<sup>13</sup>. En la mayoría de los casos —si atendemos a su estudio en zonas extremas— existe un claro componente recurrente en cuanto a representatividad por familias botánicas, más cuando se trata de las gramíneas (*Poaceae*) con su conocida adaptabilidad ecosistémica. Pero también los producen familias como *Asteraceae*, *Cyperaceae*, *Palmae* o *Boraginaceae*, *Lauraceae* que, entre otras, han sido confirmadas —en virtud de nuestra labor experimental— en la flora de Canarias y por tanto plausibles de funcionar como de posible reconocimiento en contextos muy antiguos, empleando para ello la caracterización de sus fitolitos, en algunos casos con propiedades de diagnóstico (Afonso, 2004a, 2004b). Lo cual solamente indica que son muchas las opciones para aplicar el potencial explicativo, no sólo a nivel paleoambiental sino arqueológico, en el

---

<sup>12</sup> Como es sabido, la acumulación de polen requiere de específicas condiciones de depósito, siendo escasos y concretos los microambientes de sedimentación donde éste se produce. Aunque por lo general esos ambientes son propicios también para el depósito de fitolitos, esto no ocurre a la inversa. La densidad aportada por el alto contenido en  $\text{SiO}_2$  obra de forma opuesta a los palinomorfos, permitiendo que sean incorporados al sustrato edáfico o sedimentario de forma directamente proporcional a la desintegración de los tejidos vegetales donde se han desarrollado. El componente aerovagante, que pueden compartir los fitolitos con aquellos, acontece únicamente cuando intervienen mecanismos naturales o antrópicos que modifican la intensidad de los procesos habituales que movilizan polen y esporas. Por lo general dicho proceso, como la lluvia polínica, se desarrolla de forma habitual sin que involucre al registro de fitolitos, que de forma común tienden a insertarse en el sustrato edáfico, junto al resto de partículas sólidas que lo conforman.

<sup>13</sup> Pese a ello, a nivel tafonómico, los fitolitos se encuentran sujetos a los mismos procesos que afectan a aquellas partículas minerales de similar talla, como los limos (50-2 micras) y las arenas finas (200/250-50 micras). Estando por ello sujetos a la acción de los agentes atmosféricos que actúan sobre tales partículas, aunque en materia de capacidad aerovagante ésta es notablemente inferior a la de los palinomorfos. Por lo que no son en absoluto partículas estables ni inmóviles en suelos (Korstanje, Tesis, 2006).

estudio de procesos enclavados en la Prehistoria e incluso en secuencias anteriores.

No obstante, las posibles restricciones explicativas que acontecen cuando se pretende su aplicación en un determinado contexto se ven siempre compensadas con los avances logrados en su estudio analítico actual, siendo fundamental la profundización a nivel morfométrico y cuantitativo<sup>14</sup>.

Como ocurre con otros elementos microscópicos de interés arqueobotánico y paleoambiental, y volviendo a mencionar el polen como fundamental referencia, existen dificultades reales para realizar una identificación taxonómica más allá del nivel de género, aunque no en todos los casos<sup>15</sup>. Dicha limitación obedece, al contrario que con los palinomorfos, a la similitud morfológica —que no tanto morfométrica— existente entre los grupos vegetales que generan silicofitolitos, ya enunciada como *redundancia*, junto al término de *multiplicidad*, por I. Rovner (1971). Efectivamente podemos encontrar, dentro del conjunto morfológico de silicofitolitos de una determinada planta, formas que son muy similares a las presentes en otras especies. Y a su vez, varias morfologías —de una misma tipología de fitolitos— en los tejidos de la misma zona de la misma planta.

Ya a mediados de los 80' (s. XX), D. Piperno citaba que la investigación de fitolitos debía aun superar algunos problemas para ser aplicada en su detección en suelos. Pero también aludía a las posibilidades ofrecidas por el estudio experimental de plantas actuales, que sin duda podían permitirnos evaluar los registros de fitolitos —entonces en las muestras de sondeos del Canal de Panamá (1985)— conociendo previamente su origen en los tejidos vegetales vivos. Y ante el problema real de la redundancia morfológica entre especies, Piperno lo ejemplificaba con la gran similitud existente entre las formas esféricas de la familia *Palmae*. Aunque entendía que ésta podía ser resuelta —con vistas a clasificarlas más allá del nivel de género— atendiendo a las características ornamentales de su superficie. Efectivamente, como bien demostraron Pinilla & Bustillo (1997), es posible localizar parámetros morfométricos diferenciadores en esa tipología de fitolitos y en concreto sobre morfotipos tan similares como los de palmáceas (*globular echinate*, ICPN 1.0). Para ello aplicaron todas las técnicas posibles en el estudio de los fitolitos presentes en las plantas de referencia y en especial su estudio detallado mediante microscopía electrónica. Aunque aun hoy esto no sea

---

<sup>14</sup> Igualmente, siento especial interés por el desarrollo de una herramienta informática de reconocimiento de imagen, que nos permitiría acelerar el proceso de identificación y significación cuantitativa por morfotipos y grupos vegetales. Aportándonos con ello la posibilidad de dirigirnos directamente a la valoración de conjuntos de fitolitos en relación con procesos antrópicos concretos, tanto los de relación directa con la sociedad como la dieta y la participación en la misma de determinados vegetales, como los que indirectamente lo hacen con el estudio de antiguos espacios habitados o utilizados para otra función. Igualmente dicha herramienta permitiría acelerar la valoración entre conjuntos propios de ambientes naturales como antropizados, o la sumamente interesante secuencia de la antropización de los primeros.

<sup>15</sup> Los estudios con las plantas patrones y la colección de referencia siguen teniendo aquí la llave de lograr aproximaciones taxonómicas más certeras. Eso y obviamente sendos trabajos morfométricos de base estadística con cada planta sujeta a estudio de fitolitos.

todas las veces factible, se trata de una limitación que, sin duda, será superada en un futuro no muy lejano.

Pero no parece aventurado plantear que siempre puede aparecer un determinado aspecto morfométrico, que permita diferenciar dos fitolitos muy similares en forma y tamaño. Y eso es precisamente lo que Pinilla & Bustillo confirmaron con el estudio de los silicofitolitos de formas globulares con picos o equinados<sup>16</sup> (*globular echinate*, ICPN 1.0), generados en los tejidos aéreos del “palmito” (*Chamaerops humilis*) y la palmera datilera (*Phoenix dactylifera*). Entonces se trataba de dilucidar cuestiones paleoambientales desde el análisis de suelos y fitolitos localizados en secuencias arcillosas con silcretas de la zona de Vallecas-Vicálvaro, al sureste de Madrid capital. En este caso, el estudio microscópico detallado, de la terminación de los pequeños picos o salientes apuntados (*prickles*), que ornamentan la superficie de dichos morfotipos esféricos —y compartidos por el grupo de las palmeras—, fueron observados mediante un equipo SEM. Pudiendo comprobar como la terminación de los morfotipos globulares/esféricos de *Chamaerops humilis* era muy diferente a que presentaban los de *Phoenix dactylifera*.

Efectivamente existía una diferencia sustancial en la terminación de dichos salientes apuntados, siendo más complejos éstos en la primera especie que en la segunda, aunque tales detalles no son perceptibles al microscopio óptico, al menos hasta una magnificación límite, para este tipo de instrumentos, como es la de 1500x (inmersión de aceite). La única diferencia apreciable, al menos entre los fitolitos similares al palmito y la palmera canaria, es que los de ésta última son significativamente más puntiagudos, o al menos su ornamentación equinada resulta, a una magnificación de 600x, más contundente (>longitud y ángulo) y más fácil de apreciar que la existente en el palmito. Del mismo modo las diferencias entre el mismo morfotipo globular equinado parece ser muy discreta entre *Phoenix canariensis* y *P. dactylifera*, incluso bajo la potencia de magnificación de un equipo SEM (Figuras 66 y 67). Particular que deberá ser resuelto en futuros trabajos, donde igualmente se incorpore —a los datos morfométricos— alguna herramienta estadística de tipo multivariante.

No obstante, siguiendo la experiencia de Pinilla y Bustillo (1997), que aconseja la necesidad de profundizar, mediante toda la tecnología gradualmente disponible a nuestro alcance y la fundamental aportación del trabajo con muestras de referencia, creímos aconsejable realizar una experiencia similar<sup>17</sup> comparando las morfologías presentes en *Phoenix dactylifera* con las de la única especie de palmera endémica de Canarias —*P.*

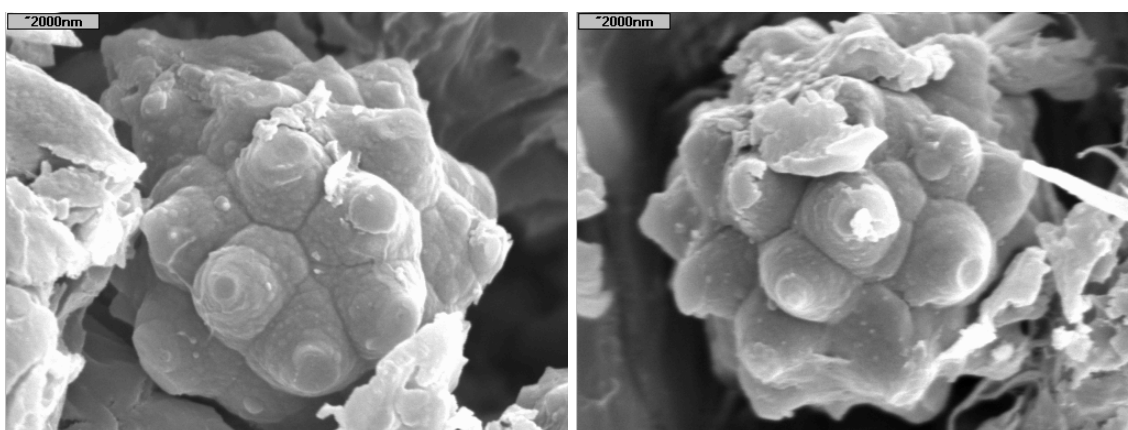
---

<sup>16</sup> Realizo aquí la traducción del término *echinate* propuesto por Madella *et al.* (2005) en su propuesta de sistematización nomenclatural para fitolitos al existir ya la misma en la disciplina palinológica. Efectivamente se emplea el término equinado para definir una ornamentación similar a la que presentan los fitolitos globulares de palmeras, con pequeños salientes apuntados, aparentemente de base circular al microscopio óptico, y que en realidad parece ser pentagonal (SEM, Figuras 66 y 67). En todo caso el término castellano empleado para definir la ornamentación del polen *Dittrichia viscosa* (La Serna & Domínguez, 2003) parece ser totalmente apto para ser empleado con los fitolitos globulares con picos (equinados) de palmáceas.

<sup>17</sup> Empleando en este caso el equipo de microscopía electrónica (Servicios Generales, ULL) sobre tejidos de ambas especies.

*canariensis*—, dado que el grado de redundancia entre los morfotipos de ambas especies, a nivel morfométrico, es muy acusado (**Figuras 66 y 67**).

Y efectivamente, las diferencias pueden ser mínimas, pero —como ocurre en otros morfotipos fitolíticos— parece haberlas, como indican las imágenes del microscopio electrónico y que parecen confirmar las observaciones realizadas al microscopio óptico con series de datos morfométricos. En el caso de ambas palmeras la confirmación parece llegar, dado que aquí es muy estrecha la línea discriminante, desde el parámetro de la ornamentación equinada<sup>18</sup> (*echinate*, ICPN 1.0) que comparten los morfotipos globulares dominantes en todos los tipos de palmeras existentes, y que parece más denso y de menor proyección —de los pequeños salientes apuntados que la conforman— en *Phoenix dactylifera* que en *P. canariensis*<sup>19</sup>.



**Figura 66** (Izqda.), Silicofitolito globular equinado en hojas de *Phoenix canariensis* (taxón Jardín Botánico del Puerto de La Cruz). **Figura 67** (Drcha.), Morfología similar en hojas de *Phoenix dactylifera* (taxón Puerto de La Cruz), Estudio SEM (ULL, Servicios Generales). Ambas 2000x. J.L./J.A.

Pero para llegar a ese punto, otra perspectiva de estudio, en el conocimiento de la herramienta de trabajo, debía ser la de abordar el cómo y el porqué de los fitolitos, su realidad como elemento microscópico en el seno de los tejidos vegetales y su mecanismo químico de configuración. Pese a que subyace siempre como objetivo en nuestro trabajo su versión microfósil, cuando ya están consolidadas como partículas aisladas —en mayor o menor medida— representando la evidencia de antiguas plantas en contextos arqueológicos y paleontológicos, en materiales edáficos y sedimentarios, que quizás ya no guardan otro reflejo de antiguos paisajes vegetales y paisajes antropizados. Pero creíamos, y como se confirma que debe ser la primera labor en su estudio, que conocer algunos pormenores de su génesis aporta un primer mecanismo de valoración cuando lo que se pretende es insertarlo en una explicación, en un proceso social de la Prehistoria. Y es que debe

<sup>18</sup> Este término, preexistente en palinología (La Serna & Domínguez, 2003; entre otros), es uno de los que perfectamente pueden ser empleados como traducción del que figura en la propuesta ICPN 1.0 (Madella *et al.*, 2005) en lengua inglesa.

<sup>19</sup> Ver Capítulo Plantas de Referencia, apartado Palmáceas, fichas de *Phoenix canariensis* y *P. dactylifera* (Capítulo 5-I).

entenderse que únicamente conociendo la naturaleza de un material, elemento o partícula, puede posteriormente buscársela, reconociendo —aquí mediante un análisis microarqueológico—, el posible significado de su presencia en un determinado contexto. No todas las plantas desarrollan una concentración similar de fitolitos, muchas de ellas no lo hacen sino en una muy pequeña porción, y ésta no tiene porqué adquirir características de diagnóstico y en algunos casos ni siquiera una morfología fácilmente reconocible. Por lo general la alta producción de silicificaciones —de fitolitos— guarda la posibilidad de que, en el abanico de formas presentadas por una planta a nivel interno o externo, alguna de ellas permita adscribirla a un determinado género e incluso a una determinada especie. Es entonces cuando hablamos de una morfología, de un fitolito con características de diagnóstico taxonómico.

Aunque en su monografía sobre biomineralizaciones, Simkiss & Wilbur (1989) utilicen únicamente el término de *fitolito* (*phytolith*) en escasas ocasiones, lo cierto es que llegan a definir de forma compleja y nítida lo que es su mecanismo de desarrollo en los organismos vegetales y animales (esponjas y otros). Allí son descritos como producto de un proceso de biomineralización, y por tanto de la síntesis de  $\text{SiO}_2$ , llevada a cabo ésta por un organismo vegetal desde la solución del suelo (Simkiss & Wilbur, 1989). Un proceso diferencial, en cuanto a su grado de desarrollo en determinadas plantas, que les permite fijarlo bajo determinadas formas en el interior y exterior de sus tejidos aéreos (Rapp & Mullholland, 1992; entre otros). En todo caso, un lento pero continuado proceso que involucra la síntesis de moléculas de sílice amorfo, hasta conformar un sólido con solución de continuidad, pero sin estructura cristalina. El mecanismo de deposición de  $\text{SiO}_2$  es bien descrito por Iler (1979) y contemplado en diversas partes de la planta, donde adquiere un patrón morfológico definido por especies y en función si es en el interior o el exterior de los tejidos, o en ambos. De tal manera que adoptará unas formas muy diversas en los primeros, mientras que en su mayoría tomará la de tricomas defensivos en la segunda. Dicha concentración de partículas silíceas es directamente proporcional al desarrollo de la planta en cuestión, produciéndose una gradual agregación de pequeñas esferas de  $\text{SiO}_2$  de entre 20 y 500 Å de diámetro (Iler, 1979).

Parece importante destacar, como dichos autores entienden, que se trata de un proceso muy ligado al de la evapotranspiración —y mecanismo anatómico asociado a ésta— ya que condiciona que unas presenten mayor concentración de fitolitos que otras. Este hecho resulta muy evidente en la flora local de ambientes muy secos y alta insolación, como Las Cañadas del Teide, donde podemos observar el desarrollo conjunto de gramíneas y leguminosas, pero en el cual las primeras superan en mucho —en producción de silicificaciones— al de las segundas (**Figuras 70 y 71**). Como ya citamos en parte, en el apartado correspondiente a la flora de Las Cañadas en su relación con la presencia de fitolitos en la misma, la polimerización desde  $\text{Si(OH)}_4$ , se encuentra estrechamente relacionada con el mecanismo de evaporación que presentan las plantas de un determinado entorno. Existe, en función de opinión de varios autores (Kaufman *et al.*, 1981; entre otros), y en especial de Simkiss & Wilbur (1989)— una obvia y estrecha relación entre el alto contenido en fitolitos y la concentración de agua y  $\text{Si(OH)}_4$  en la solución del suelo. De hecho, tal aseveración ha sido puesta, a nivel arqueológico, con la

existencia de prácticas de regadío, las cuales en unión de condiciones ambientales con altas temperaturas y precipitaciones moderadas, potenciarían la silicificación, que en plantas como los cereales redundarían en una mayor producción de fitolitos de esqueletos silíceos (Juan-Tresserras, 1997).

Pero como ya se ha mencionado, a igual disponibilidad de sílice en la misma no equivale igual respuesta en los tejidos de la planta, por los que el mecanismo metabólico que rige estos es sumamente desigual por grupos vegetales.

A tenor de las observaciones realizadas de forma experimental, sumada a la experiencia existente al respecto, podemos concluir en la sustancial diferencia ejemplificada por plantas de tan amplia distribución como las gramíneas, o las asociadas a formaciones de bosque como angiospermas dicotiledóneas y gimnospermas. Las primeras con una compleja gama de conjuntos fitolíticos y la segunda con un predominio claro de los oxalatos de calcio, entre los cuales existen fitolitos pero en muy baja proporción. Los datos son bastante esclarecedores en este sentido. Mientras se observa una concentración y profusión de formas fitolíticas en plantas herbáceas, como las ya citadas gramíneas, a la que siguen ciperáceas y compuestas e incluso en el caso de Canarias las boragináceas, donde es patente el alto grado de silicificación existente en los tejidos del amplio género *Echium* sp., existe una ausencia manifiesta de silicificaciones en todas aquellas que sí producen abundantes oxalatos de calcio. No cabe duda de que existe un mecanismo de producción de fitolitos, ligado a ciertos metabolismos vegetales y no a otros, pese a que todos presenten el de sintetizar fitolitos, pero no en la misma profusión de formas y concentración de las mismas.

Tales aspectos pueden observarse perfectamente en el estudio de fitolitos de numerosas gramíneas, como el ya paradigmático –para nuestra investigación– “carrizo” (*Phragmites australis*), o en un pariente tan próximo, a nivel de desarrollo biológico y taxonómico, como la “caña” o “caña borde” (*Arundo donax*), cuya similitud en la concentración de silicofitolitos –en todas sus partes aéreas– está aparejada a sus requisitos medioambientales que, aunque presentan ciertas diferencias ecosistémicas, se encuentra ligada un nivel freático más o menos alcanzable<sup>20</sup> (Figura 72). Y primeramente en todo ello debe asumirse que los sustratos donde se desarrollen derivan de materiales geológicos ricos en silicatos, que son los que aportaran, a una especie y otra, el nutriente básico para generar fitolitos: el dióxido de silicio o sílice (SiO<sub>2</sub>). Aunque en virtud del complejo conocimiento que va adquiriéndose, sobre el tipo de partículas que conocemos como fitolitos, sabemos que en su consolidación intervienen algunos aspectos que deben ser tenidos en cuenta, ya que no sólo involucran la potencialidad del medio natural para la implantación de determinadas plantas, sino sobre todo

---

<sup>20</sup> *Phragmites australis* parece diferenciarse notablemente de *Arundo donax* también en cuanto a su tolerancia a la salinidad, más restringida en la segunda. Por lo general las marismas y marjales con este componente se encuentran ocupadas por densos cañaverales de carrizos (carrizales), mientras que la caña tiende a colonizar fondos de barrancos o incluso zonas costeras, pero sin contacto directo con el agua salada (Observaciones personales del autor).

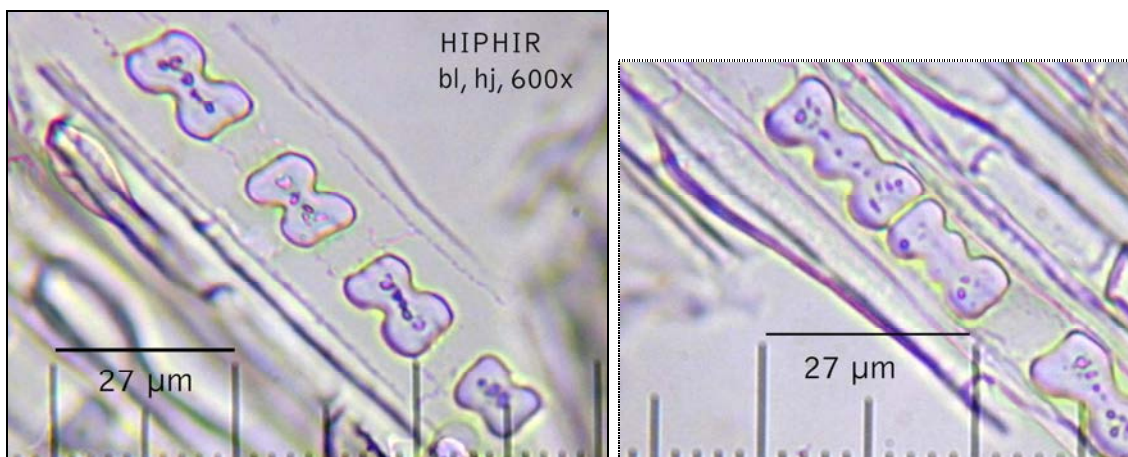
la capacidad de éstas —y especialmente su grado de desarrollo evolutivo— para adaptarse a dicho medio (**Figuras 72, 73, 74 y 75**).

Tal matización deriva no sólo de los numerosos trabajos existentes al respecto de la producción de silicofitolitos en plantas actuales (Rapp & Mullholland, 1992; Piperno, 2006; entre otros), sino especialmente de las observaciones directas, de campo y analítica experimental, realizadas sobre plantas pertenecientes a esta misma familia botánica. Muchas de ellas, pese a estar adaptadas a condiciones ambientales muy diferentes, presentan en la producción de tales partículas similares concentraciones de determinados fitolitos que como los de células cortas bilobuladas (*bilobate short cells*, ICPN 1.0) y propias del complejo panicoide —entre otras con propiedades de diagnóstico— aparecen en algunos casos de forma redundante, es decir que no son únicas en una sola especie. Esto ocurre con subfamilias como *Panicoideae* y especies pertenecientes a *Arundinoideae* como *Arundo donax*, ya que en ambas se observan células bilobuladas como las existentes en *Hiparrhenia hirta* (conocida popularmente como “cerrillo”). Quizás sea éste uno de los mejores ejemplos para ilustrar el problema de la redundancia enunciado por Rovner (1971), que junto con el de la multiplicidad suponen el principal inconveniente del análisis de fitolitos, al menos en su vertiente de reconocimiento taxonómico completo.

Esta similitud en formas, que hemos ejemplificado en lo que pueden definirse como fitolitos de células cortas bilobuladas (*bilobate short cells phytoliths*, ICPN 1.0), no debe sin embargo entenderse como de exacta similitud en sus características morfológicas, aspecto donde pueden encontrarse parámetros concretos como para diferenciar entre gramíneas de dos subfamilias diferentes. Ello obliga además a observar, aparte del aspecto biológico, el ecológico, ya que por ejemplo *Hiparrhenia hirta* y *Arundo donax* presentan diferentes requerimientos y preferencias ambientales, pese a que las dos puedan subsistir en la misma franja altitudinal. Efectivamente entre ambas especies —que coinciden en el morfotipo bilobulado como el de mayor concentración en cuanto células cortas— los requerimientos ambientales son diferentes, especialmente porque *Arundo donax* es una especie hidrófila, con clara tendencia a ocupar terrenos donde existe humedad edáfica, aunque ésta no lo sea a nivel superficial. Por el contrario *Hiparrhenia hirta* es, al menos en Canarias, una planta bien adaptada a condiciones de aridez e incluso de elevada salinidad.

Efectivamente *Hiparrhenia hirta* está totalmente adaptada a condiciones ambientales secas, incluso en algunos casos áridas (aunque con mínimo acceso a humedad edáfica) y de costa, y la otra con requerimientos hídricos muy altos, propios de ambientes de marismas y marjales, como los existentes en lagunas, lagos y ríos, e incluso de aguas salobres como los estuarios y formaciones de rías costeras e interiores de la cuenca mediterránea y atlántica. Tal diferencia ambiental puede perfectamente ser observada con la búsqueda, en el paisaje, de cañaverales de *Arundo donax*, localizados en cuencas con circulación hídrica más o menos superficial pero donde el nivel freático sea alcanzable, o al menos en determinadas situaciones estacionales (avenidas invernales). Incluso puede observarse su desarrollo asociado a

escorrentías producidas por cercanas infraestructuras artificiales<sup>21</sup>, de factura antrópica (Figuras 68 y 69).



**Figura 68** (Drcha.), Células cortas bilobuladas en hojas *Hiparrhenia hirta*. **Figura 69** (Izqda.), Células cortas trilobuladas en la misma especie, clasificables dentro del complejo panicoide propio de la subfamilia *Panicoideae*. Ambas 600x. J.A.

Pese a que existan otras plantas –incluso de la misma familia y subfamilias– que las mencionadas, que pueden desarrollarse en condiciones semejantes a las descritas, es importante señalar que sus fitolitos, en especial los desarrollados en sus hojas, pueden permitirnos distinguir ambas y por tanto indagar –de localizarlos en contextos no-usuales– en su valor como indicador de cambios medioambientales, asociados o no a diversas actividades antrópicas.

Es conveniente hacer de nuevo referencia a las publicaciones más recientes al respecto, como la monografía presentada por Piperno (2006), y en otro caso específica –hacia su aplicación arqueológica– como la de Weiner (2010), ya que en ambas se expresan todos los pormenores de la génesis de los fitolitos, así como muchas de sus características y posibilidades científicas de estudio. Desde los numerosos trabajos a los que se hace referencia en la primera publicación, los fitolitos se designan como el resultado de procesos biológicos y físicos por el que ciertas plantas superiores acumulan sílice sólido en zonas internas y externas de sus tejidos, después de haberlo absorbido en forma soluble desde la solución del suelo. Pero al emplear esta definición, resultado de una parcial revisión de lo escrito sobre fitolitos, ha parecido aconsejable también citar –por lo acertado de sus términos– la desarrollada por Simkiss & Wilbur (1989) en su monográfico sobre biomineralizaciones, en lo que parece ser una obra fundamental sobre este tipo de partículas desarrolladas por las plantas y otros organismos, aunque los fitolitos sean exclusivas de las primeras.

Ciertamente los fitolitos, a los que Simkiss & Wilbur mencionan como producto de una deposición de la sílice a nivel celular: “...son el resultado de un proceso de biomineralización por el cual las plantas convierten iones líquidos, desde la solución del suelo, en un sólido”. Aunque en realidad las

<sup>21</sup> Como estanques, balsas o canalizaciones de aguas de riego y consumo.



definiciones de Piperno y las de Simkiss & Wilbur conjugan los mismos principios, siempre me ha parecido más acertada la segunda, aunque se refiera no sólo a los fitolitos de sílice, como sí hace Piperno, sino también al resto de biomineralizaciones, como las de oxalato de calcio, el grupo más numeroso —si nos atenemos a un estudio global en organismos vegetales— en la naturaleza. No obstante, resulta obvio pensar que ha sido, la investigación de los silicofitolitos, la que ha llevado a designarlos como único tipo de fitolitos, más cuando Ehremberg, llamado a ser su primer investigador académico, los bautizará —empleando términos clásicos griegos— como *phytolitaria*, para definir al material silicificado procedente de las plantas (Rapp & Mullholland, 1992).

### Desde *Phytolitaria* y Charles Darwin hacia el futuro...

Bien describe Piperno lo que pudo ser el ejercicio intelectual de Ehremberg durante las observaciones de aquellos cuerpos silíceos, las mismas que le llevaron a designarlos como auténticas piedras microscópicas, sólidas por su naturaleza silícea. En esa experiencia, y como ya hemos realizado anteriormente (Afonso, 2008b) resulta esclarecedor citar el episodio de Cabo Verde y la conexión Ehremberg-Darwin. Efectivamente, como refleja Powers (1992), las muestras puestas a disposición del investigador alemán por el entonces joven naturalista en formación<sup>22</sup>, servirán para conocer algunos de los mecanismos tafonómicos que afectan a los fitolitos. En este caso aquellos que les llevan a ser captados por las corrientes atmosféricas y depositados muy lejos de su origen.



**Figura 70** (Izqda.), Fitolitos de células largas dendriformes y sección elíptica en hojas de *Arrhenatherum calderae*. **Figura 71** (Drcha.), Sección altamente silicificada (esqueleto silíceo) de la epidermis de los tallos de la misma especie y taxón (El Portillo, Tenerife). Ambas a 600x. J.A.

Paradójicamente será la innata curiosidad de alguien llamado Charles Darwin —por entonces un desconocido investigador novel—, el llamado a ser de los

<sup>22</sup> Darwin enviaba los materiales recolectados a Inglaterra cuando el *Beagle* recalaba un cierto número de días en puertos internacionales. El primer envío parece que se realizó desde Río de Janeiro (Brasil), siendo su destinatario el profesor y clérigo de Cambridge, J.S. Henslow, con quién Darwin había trabado amistad, derivada de su relación profesor-alumno.

primeros en recolectar las muestras<sup>23</sup> que permitirán conocer tanto a los fitolitos como a los procesos tafonómicos que les afectan en la naturaleza. Y acontecerá siguiendo sucesos que en principio nada tendrían que ver con depósitos comunes de fitolitos, situación que sin embargo permitirá avanzar drásticamente en su conocimiento.

Tales sucesos serán los que concurren durante y tras el célebre “episodio atmosférico” acaecido en el *periplo-Beagle* (1831-1836) —recogido por Powers (1992)— y que hará que Darwin también colaborase en el conocimiento que hoy tenemos sobre los fitolitos. Efectivamente hoy sabemos que junto con otras partículas vegetales, tanto en la actualidad como cuando son considerados microfósiles, pueden insertarse en las corrientes atmosféricas desde sus lugares de deposición original —por lo general cuencas hidrográficas secas— para recorrer grandes distancias, insertos en un proceso atmosférico similar al que afecta de forma habitual a la zona de Canarias y que popularmente conocemos como “calima”. En aquellas muestras de polvo, tomadas de la cubierta del *Beagle*, Ehremberg localizará varias clases de *phytolitaria*, pero antes —en lo que puede considerarse una temprana investigación interdisciplinar— el posterior autor de *El Origen de las Especies* las someterá a pruebas analíticas, ciertamente básicas en la actualidad pero vanguardistas en su época, como será comprobar su escasa reacción al ácido mediante reacción exotérmica<sup>24</sup>. Era el año de 1833, mientras el *Beagle* se encontraba muy cercano a Canarias, anclado en el Archipiélago de Cabo Verde<sup>25</sup>.

Pese a que no sabemos si guarda relevancia la conexión entre el descubridor de tales cuerpos microscópicos en las plantas (Ehremberg), y el también científico alemán Struve (1835), parece acertado plantear que el conocimiento sigue aquí una línea ascendente, llevando al primero a poder plantear que aquellos cuerpos microscópicos, tan resistentes y de formas características, son los mismos observados y descritos por Struve. Posteriormente los conjuntos de muestras estudiados por Ehremberg, procedentes de contextos biogeográficos y cronológicos muy dispares —en lo que parece una primera enseñanza a seguir, para obtener experiencia, en la investigación de fitolitos—, serán los que le permitan concluir que se trataba ya no sólo de elementos muy resistentes al paso del tiempo, sino que sus

---

<sup>23</sup> Dicha experiencia de muestreo exploratorio por parte de Darwin, y de análisis totalmente dirigido por parte de Ehremberg, supone la primera evidencia de los procesos tafonómicos que pueden generar registros secundarios de fitolitos.

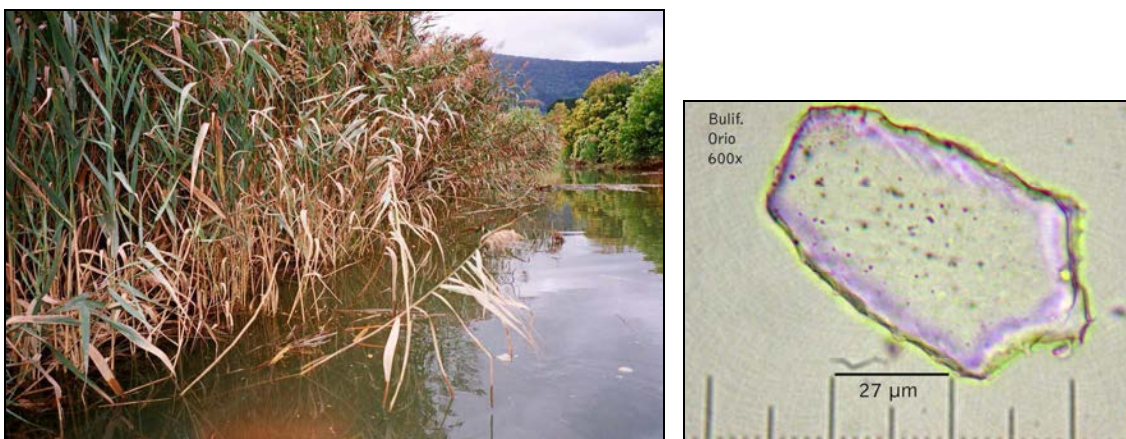
<sup>24</sup> Como comprobación de la reacción del material analizado a la oxidación de carbonatos.

<sup>25</sup> Darwin se encontraba comenzando el viaje de exploración que le llevaría a dar la vuelta al mundo y que entre 1831 y 1836 le permitiría obtener numerosa información para avanzar en su investigación, que culminará —como es de sobra conocido— con un avance de excepción para la Ciencia. Aunque una de las escalas de su viaje era Canarias, probablemente por estar bien informado de las particularidades de su naturaleza, su desembarco no pudo producirse en Tenerife, siendo las islas de Cabo Verde el lugar más cercano a Canarias donde recale el *Beagle* y donde Darwin comienza su trabajo como naturalista. En el viaje de regreso, aunque se empleó de nuevo la ruta atlántica, el *Beagle* tampoco pasará por Canarias, ya que partirá directamente desde Pernambuco (Brasil) con dirección a Falmouth (Inglaterra).

características derivaban directamente de las plantas que les dieron origen. Y que podrían designarlos como nueva herramienta de estudio para la ciencia del siglo XIX, obviamente esa era la lectura correcta. Como parece acertado el vocablo, de etimología griega, que escogerá para designarlos: *phytolitaria*.

Como ocurre con otros elementos microscópicos de interés arqueobotánico y paleoambiental, y en especial los palinomorfos (polen y esporas), existen dificultades reales para realizar una identificación taxonómica por debajo del nivel de género. Aunque con respecto a éstos —sus más directos bioindicadores microfósiles— presentan además el inconveniente de una restringida ubicuidad biológica, al menos en cuanto a las formas de diagnóstico, es decir que permitan una adscripción taxonómica completa. Podríamos decir que los fitolitos, al menos los de base silíceo, son escasos en los contextos sedimentarios, terrestres y marinos, pero sólo en aquellos que no presenten —entre sus partículas minerales— alguno de los tipos desarrollados por determinadas especies, y en concreto de la familia *Poaceae*. La alta producción silíceo de esta familia, unida a su alto componente cosmopolita y primolonizador, la convierten en el primer ejemplo de plantas productoras de fitolitos, los cuales es difícil no detectar —al menos de forma puntual— en un suelo o sedimento natural.

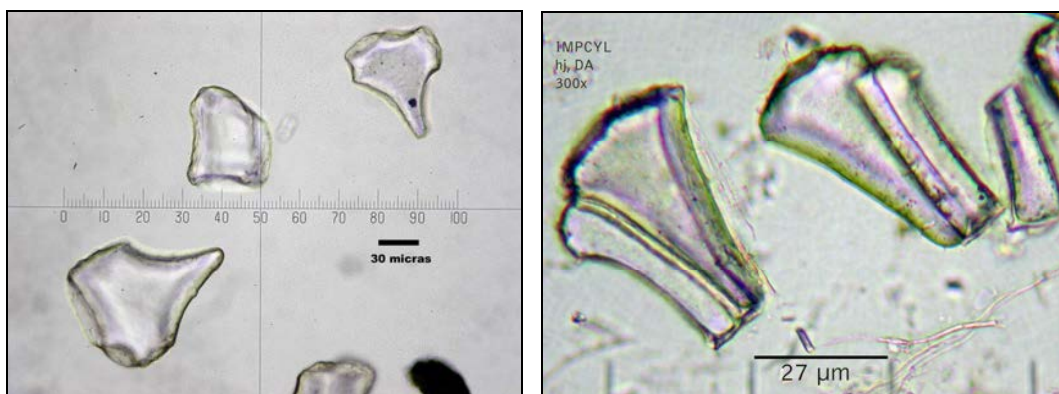
Aunque en Canarias también disponemos del caso de la palmera canaria (*Phoenix canariensis*), cuya producción y originalidad morfológica igualmente la convierten en una planta cuyos fitolitos difícilmente se encuentran ausentes entre las partículas minerales de los suelos, tierras de labor y sedimentos arqueológicos de las medianías de las Islas. Obviamente en ello hay dos factores paleoecológicos importantes, como son el grado de adaptación evolutiva de estas plantas a los contextos canarios y su mayor extensión en el pasado que en la actualidad<sup>26</sup>.



**Figura 72**, Carrizal monoespecífico de *Phragmites australis* anegado por la pleamar, en las marismas de la Ría de Urdaibai (Guipúzcoa, Euskadi). **Figura 73** (Drcha.), Fitolito de célula buliforme cuneiforme (o también *Arc:Triangle*) en hojas del taxón de *Phragmites australis* recolectado en los marjales del río Orio (Zarautz, Guipúzcoa), 600x. J.A.

<sup>26</sup> Véase el Capítulo Resultados 5-I correspondiente al estudio de suelos naturales y antropizados con fines de identificación y cuantificación de fitolitos de palmera canaria.

Mientras que el polen, limitado por su principal ventaja como agente propagador del organismo vegetal al que pertenece, rápidamente puede pasar a las corrientes atmosféricas y situarse lejos del lugar de procedencia y concentrarse —dependiendo también de dichas condiciones en ciertos contextos ambientales<sup>27</sup>—, los fitolitos no inician ese tipo de desplazamiento si no se ha producido antes un depósito en superficie de los tejidos vegetales que los contienen. Y haber sido estos destruidos por el paso del tiempo o de forma más rápida por un incendio<sup>28</sup>. Proceso que también acontece en una estructura de combustión abierta a la atmósfera sobre la que incidan fuertes vientos.



**Figura 74** (Izqda.) Células buliformes cuneiformes en hojas de *Arundo donax* (taxón de San Roque) y de *Imperata cylindrica* (taxón de Arguineguin) **Figura 75** (Drcha.) 400x y 600x respectivamente. J.A.

En esos casos el fuego permite que accedan a las corrientes atmosféricas, se desplacen mientras dura cierta intensidad de las mismas y se depositen a muchos cientos, o miles, de kilómetros del lugar donde se desarrollaron (Piperno, 2006; Juan-Tresserras, 1997; entre otros), al cesar dichas condiciones. Se trata de un proceso que perfectamente podemos comprobar en Canarias, cuando se encuentran influenciadas por los vientos de componente E-SE procedentes del desierto del Sahara, en esos días en que los canarios decimos...“hay calima”. Entonces, los fitolitos y microalgas (junto con la arcilla y otros componentes del polvo en suspensión) terminan integrándose entre el resto de partículas del sustrato de acogida (Afonso,

<sup>27</sup> Aquellos que funcionan como “trampas de polen” tal que turberas, sedimentos acuáticos, etc.

<sup>28</sup> En este sentido cabe destacar la diferencia entre la naturaleza “adquirida” por los fitolitos cuando pasan a formar parte de suelos y/o sedimentos, ya que una vez desestructurados los tejidos vegetales que les sirven de soporte se constituyen —en función de su talla— como parte de las fracciones granulométricas, en principio de arenas finas y limos, adquiriendo un comportamiento similar, dada la alta densidad y peso que le otorga el estar constituidos por sílice amorfa. Por el contrario los palinomorfos están sujetos a las propias potencialidades de su naturaleza como partículas reproductoras vegetales, cuyo peso y especial configuración les confiere facilidad para elevarse en el aire. Por el contrario los fitolitos, al menos los de sílice, presentes en suelos y sedimentos requieren de similares condiciones atmosféricas que otras partículas granulométricas para situarse en las corrientes atmosféricas.

2008b). Y que sin duda algún día serán buscados con fines paleoambientales e incluso arqueológicos, como forma de indagar en la historia natural y humana de las Islas y su continente más próximo.

En el caso de los fitolitos que sufren una deposición con el mínimo grado de afectación por procesos erosivos, pasan lentamente a formar parte de las fracciones granulométricas de suelos y sedimentos, a medida que se produce la desintegración de los tejidos que los contienen. Según Piperno (2006) ésta cualidad, pese a depender fundamentalmente de los procesos postdeposicionales del sustrato de acogida, supone que el depósito de fitolitos sea muy similar –en concentraciones, tamaño y morfología– al que se encontraba en las plantas que los contenían hasta su destrucción. Este hecho obviamente otorga gran importancia arqueológica a los registros de fitolitos, ya que enlaza directamente la potencialidad de un medioambiente concreto, en espacio y tiempo, con las pautas culturales de las sociedades del pasado.

Sin embargo, la realidad observada en suelos y sedimentos, donde no sólo se localizan fitolitos sino mayoritariamente las partículas que les acompañan en el tiempo como limos y arenas –sin olvidar las de arcillas que aglutinan al resto– es bien distinta. Por lo general los fitolitos representan una mínima porción del total de partículas de dichos materiales, salvo que estos hayan sufrido un proceso catastrófico de incendio, o acumulación en una cuenca sedimentaria tras un episodio de avenida estacional. Obviamente excluimos los sedimentos arqueológicos en esa afirmación, porque en ellos los procesos de deposición de tejidos vegetales pueden ser tan extremadamente intensos como para que los fitolitos sean de las partículas más representadas<sup>29</sup>. Pero efectivamente, el estudio de suelos naturales de Canarias u otro lugar, casi siempre muestra –de no operarse una concentración de partículas biogénicas por métodos artificiales– una escasa representación de fitolitos con respecto a partículas minerales de similares tallas, díganse arenas 200-50  $\mu\text{m}$  y especialmente limos (50-2  $\mu\text{m}$ ).

En este sentido la concentración por líquido pesado<sup>30</sup> de la fracción de partículas biogénicas (que pueden ser además de fitolitos microalgas y espículas de esponjas) funciona como una herramienta que modifica radicalmente el registro de partículas originalmente incluidas en suelos y sedimentos, al eliminar las de origen mineral por la relativa razón de que no aportan información relevante al estudio de fitolitos.

Como se desprende de los estudios realizados con muestras sedimentarias y edáficas muy dispares, que comprenden el corpus empírico de esta Tesis, el simple estudio *De visu* realizado, al microscopio, de preparaciones confeccionadas con un mismo volumen de alícuota en suspensión, nos aportará una impresión completamente fidedigna de la concentración real de fitolitos con respecto a las mencionadas partículas no-biogénicas, pero de

---

<sup>29</sup> Según Rosa M<sup>a</sup>. Albert (2003, Com. Pers.) existen muestras arqueológicas donde el contenido en fitolitos de gran tamaño, como los esqueletos silíceos de cereal, es tan elevado como para ser visible ya bajo lupa binocular.

<sup>30</sup> Como el empleado de forma genérica en la actualidad (Polytugstato de sodio), por sus cualidades de baja toxicidad y fácil adecuación a la densidad presentada por fitolitos de sílice amorfo y otras partículas biogénicas similares, como microalgas de valvas altamente silicificadas (diatomeas), quistes de resistencia (crisofitas) espículas (esponjas).

semejante talla, como limos y arenas finas. Ese será el componente biogénico real de suelos y sedimentos, aunque obviamente pueda llegarse a la misma conclusión aplicando un protocolo que registre los respectivos pesos de la fracción biomineral y mineral. Pero la aplicación de una separación densimétrica, siempre impedirá conocer la relación real, entre ambas fracciones, dentro de una preparación microscópica, algo que pese a los más modernos métodos de extracción solamente es posible observar con muestras dispuestas en lo que se conoce como *frotis*<sup>31</sup> de la misma.

Dicho todo ello, en el caso de la calima, el emblemático ejemplo de Ehremberg al analizar las muestras recuperadas de la cubierta del *Beagle*, le permitió identificar fitolitos en contextos ambientales muy diferentes a los de una inserción en contexto edáfico. Mostrándonos en este caso su capacidad para situarse lejos, mediante la dinámica acción de las corrientes atmosféricas, y quizás del fuego, en la zona de desarrollo de las plantas que los generaron, en este caso del interior de África. Pese a que desconocemos la técnica de observación microscópica de Ehremberg —en cuanto a la confección de preparaciones— ésta era lo suficientemente eficaz para permitirle identificar todo el conjunto de fitolitos que relata Powers (1992).

Obviamente la experiencia del binomio Darwin/Ehremberg se tornó, en contextos como las Islas Canarias,, una práctica de obligada comprobación experimental, donde los episodios de llegada de polvo en suspensión que afecta anualmente, de forma física pero también psicológica, al medioambiente, poblaciones e infraestructuras de las Islas. De varios episodios de la misma (2004, entre otros) recolectamos polvo en suspensión mediante básicos captadores<sup>32</sup>, de los cuales se extrajeron muestras que fueron observadas al microscopio óptico. Detectando en ellas al menos una morfología de fitolitos, tan común en las gramíneas como la de sus células largas lisas (*elongate psilate long cell phytolith*, ICPN 1.0), pero a la que acompañaban otros microfósiles silíceos no esperados, como valvas de diatomeas del género *Aulacoseira* sp. y que sin duda procedían del mismo lugar/es que éstos, incorporados todos a la corriente atmosférica que circulaba desde África al Archipiélago Canario en esos días (Figuras 76 y 77).

---

<sup>31</sup> Técnica científica que consiste en extender una determinada muestra en suspensión acuosa entre un portaobjetos y cubreobjetos de cristal, y poder observar la muestra al microscopio óptico. Para el caso de los microfósiles de base silíceo se elimina el agua por evaporación, aplicando un medio de inclusión apropiado para su observación y se sella la preparación (M<sup>a</sup>. A. Bárcena, USAL, 2005, Com. y Prac. Pers). Esta técnica ha sido por el momento la única, en su simpleza de confección, que permite observar el registro microfósil y por ende el de fitolitos sin alterar la matriz que lo contiene, al menos más allá de su hidratación, desecación e inclusión de un producto englobante. Aunque obviamente la observación sobre dichas preparaciones no puede pretender ser un símil de una lámina delgada, que mantiene la disposición original de un suelo o sedimento, se trata de lo más semejante a la misma, dado que se observarán —con la complejidad que ello supone— todas las partículas (minerales y biominerales) presentes en una determinada muestra.

<sup>32</sup> Situados como “trampas de polvo” en azoteas (bandejas plásticas con papel poroso en su interior), que permitían posteriormente recuperar con agua destilada la totalidad del polvo depositado en ellas durante los días que duraba el/los evento/s.

Debo ratificar la importancia de esta práctica para el futuro, especialmente con vistas a ampliar el conocimiento que se tiene sobre la calima a nivel ambiental y paleoambiental en las Islas Canarias (Afonso, 2009). Ya que como también cita Twiss (1992) los propios mecanismos de clasificación —ya clásicos sobre los fitolitos de células cortas *Poaceae* en parte propuestos por el mismo— de fitolitos deben su puesta en funcionamiento a la necesidad de clasificar, nombrar y conocer el origen botánico de fitolitos presentes en polvo atmosférico, que primeramente fueron empleados, con este fin en los registros de las Montañas Rocosas (USA) por parte de Smith & Twiss (1965) y posteriormente ya dados a conocer por Twiss, Suess & Smith en 1969.

### **Morfologías y nomenclaturas.**

Las morfologías han sido, desde los primeros momentos de la investigación fitolítica, junto a sus propiedades químicas —y por derivación también ópticas— las características que permitieron la identificación y estudio de los fitolitos (Rapp & Mullholland, 1992, entre otros).

Pese a que entonces no les definían como fitolitos, algunos autores ya describían las peculiares formas de elementos microscópicos que se localizaban en el interior de tejidos foliares como los de las gramíneas. Así lo hará Wallis (1968) en su estudio del salvado de los cereales, poniendo ya de manifiesto la especial configuración de los esqueletos silíceos en las glumas de la cebada (*Hordeum vulgare*) y su inexistencia en el tipo de trigo por él analizado (*Triticum aestivum*), indicando que tales elementos son precisamente la estructura de la epidermis externa de la gluma, en realidad una hoja modificada con diferentes capas, de las cuales la epidérmica es la que presenta rasgos distintivos. Definía así —sin emplear el término *fitolito*— las fundamentales características de diagnóstico de los que hoy conocemos como esqueletos silíceos (Rosen, 1992; entre otros). Efectivamente Wallis no hacía aquí sino descubrirnos desde su *Microscopía Analítica* una parte del intricado mundo microscópico de las plantas, y en concreto de las que podemos considerar fundamentales para cualquier trabajo de fitolitos, por presencia o ausencia arqueológica.

Desde una perspectiva más divulgativa y basada en el origen de los fitolitos tampoco Thomas-Domenech (1976) los menciona como tal, pero aporta la fundamental descripción de su naturaleza vegetal —ligada a la de la membrana celular— y disposición anatómica entre la capa de cutina y celulosa de las Ciperáceas y las Gramíneas, sin entrar en el apartado de las cubiertas florales pero sí en el de sus tejidos epidérmicos en general, ofreciéndonos de forma sucinta y clara la descripción de cómo observar esa fundamental trama silícea:

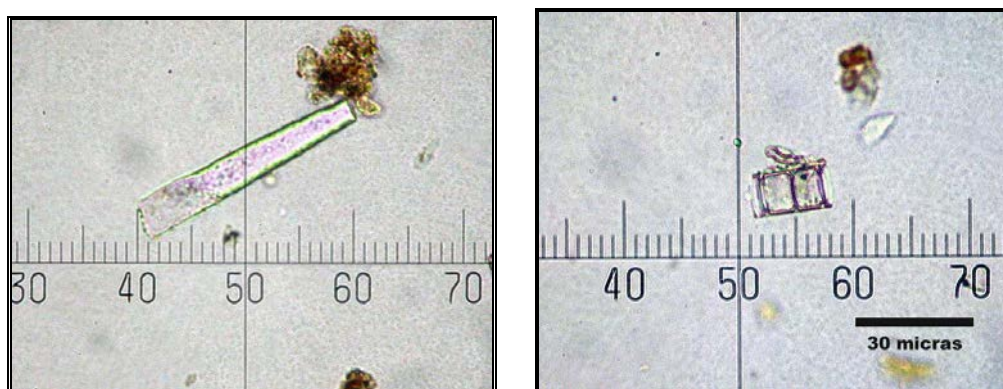
*“Si incineramos, a temperatura moderada, su tejido epidérmico, se obtendrá un encaje de sílice que reproduce su estructura, el cual se conoce con el nombre de espodograma”.*

Thomas-Domenech, 1976.

Estos primeros atisbos sobre la complejidad silícea, presente en algunos grupos vegetales, serán sin duda parte del fundamental avance en el conocimiento de lo que hoy conocemos como fitolitos, y especialmente en los

conjuntos presentes en las gramíneas, para los cuales ya se disponían —antes de 1968— de los primeros trabajos específicos, como los de Parry & Smithson (1958; entre otros) sobre las técnicas empleadas en el estudio del sílice opalino en las hojas de las gramíneas.

La importancia de las morfologías —quizás dada por la singularidad de las existentes en las gramíneas— se traduce claramente en la obra monográfica de D. Piperno (2006) cuando dedica, el primer apartado —tras la introducción sobre la significación biológica y los antecedentes de su estudio— a dicho parámetro, abordado de forma especial durante más de 15 años de trabajos a nivel mundial. Esta autora confirma, dentro de la importancia del reconocimiento y estudio morfológico, el apartado de identificar no sólo formas de fitolitos sino su origen anatómico en la planta que las generó. Retomando también así la importancia de la nomenclatura en la clasificación de fitolitos (asumiendo este término únicamente para los silicofitolitos) y manifestando un total apoyo a las propuestas actuales en este campo, en concreto hacia el esquema clasificatorio denominado ICPN 1.0 (Madella *et al.*, 2005). Y es que dada la complejidad en el estudio de estas singulares partículas, y que puede observarse en la proliferación y diversidad de trabajos que las abordan desde distintas perspectivas su estudio, los intentos de lograr un consenso internacional —en materia de sistematización nomenclatural— deben entenderse como mecanismos que faciliten el intercambio de información en las investigaciones al respecto, salvando en lo posible las diferencias de criterios clasificatorios que, como ejemplificamos gráficamente, dificultan las mismas (Figuras 11 y 12, p.32).



**Figura 76** (Izqda.), Silicofitolito *Poaceae* de célula larga liso (*elongate psilate Poaceae phytolith*) y **Figura 77** (Drcha.), diatomea céntrica (Drcha.) del género *Aulacoseira* sp. identificados en muestras de polvo sahariano, captadas durante un episodio de calima del año 2004 sobre Tenerife, 400x. J.A.

Efectivamente, la morfología es uno de los parámetros más importantes en el estudio de fitolitos, tanto si se quiere insertar su presencia en una mera descripción como partículas microfósiles, como si lo que se busca es insertarlos, como aquí ocurre, en lecturas arqueobotánicas y paleoambientales. Sin embargo, como aborda Jordi Tresserras en su Tesis doctoral (1997) para el caso de la Península Ibérica y como recogen Rapp & Mullholland (1992) en sus primeros capítulos, se trata —la problemática de los sistemas de clasificación— de un asunto no resuelto, y ésta tampoco es una



afirmación nueva<sup>33</sup>. En dichos trabajos se plantean dificultades reales en cuanto a un consenso sobre la forma de ordenar los datos que la naturaleza ofrece en forma de fitolitos de sílice.

Sin duda parece que la unificación de criterios descriptivos pasa por ser la asignatura pendiente, y que para superarla hay que sumar esfuerzos por incluir todos aquellos datos de tipo anatómico, única forma de disminuir la incertidumbre provocada por el estudio de morfologías que pertenecen a plantas ampliamente divergentes (Juan-Tresserras, 1997). Por lo pronto, a nivel morfológico y desde una perspectiva personal, no parece que en la actualidad estemos ante la posibilidad de mecanizar el proceso de identificación, en lo que sería un sistema de análisis de imagen que permita reconocer especies en base a su morfología. Aunque esto sí parece posible, al menos a nivel de familias vegetales, atendiendo al rápido avance de la tecnología informática, que sin duda se hará realidad –entre otros aspectos metodológicos y de aplicación– en las próximas décadas.

#### **Poniendo nombre a los fitolitos: la cuestión descriptiva y clasificatoria.**

El planteamiento seguido en esta Tesis busca emplear la terminología mayormente consensuada, pero atendiendo a las ya existentes y empleadas por los numerosos investigadores en la materia. Al menos hasta que exista una propuesta aceptada de forma universal, creo que éste es el proceder más adecuado. Siendo en el primer caso, la propuesta por Madella, Alexandre & Ball (2005), recogida en la publicación del denominado *International Code for Phytolith Nomenclature 1.0* (ICPN 1.0), empleada mayoritariamente en nuestro trabajo mediante sus términos traducidos al español, seguidos de los anglosajones, aunque sin estar totalmente de acuerdo con ciertos aspectos descriptivos. El primero de ellos tiene que ver con la obligatoriedad de definir morfotipos solamente con términos anglosajones, sin ofrecer una alternativa lingüística a la abundante producción científica en lengua española, y escuelas asociadas, donde ya existían criterios clasificatorios previos.

Debate sobre el que cabe citar la originalidad y tradición de la Escuela Argentina, propiciada por los trabajos de Bertoldi de Pomar (1971, 1975, 1976) con la propuesta y aplicación de un sistema de clasificación propio. De modo que tomando como base de entendimiento –incluso entre antagonismos tan profundos como la cultura anglosajona y la hispana– el consenso a nivel científico, quizás convenga refrenar los ánimos sin dejar de reclamar la necesidad de contar con un sistema de clasificación estándar, versátil, útil desde su amplitud y aplicación, pero confeccionado esta vez al amparo de una máxima representación posible de *expertos en fitolitos*, asumiendo un criterio más global, que acoja la opinión más amplia posible de los mismos. En ese sentido, aunque el dar cabida a opiniones sobre las características de los fitolitos de la flora de cada zona del planeta parezca lo más acertado, ello no puede llevarse a cabo solamente considerando la opinión de los principales

---

<sup>33</sup> Baste citar la diversidad de propuestas contenidas en la obra clásica de Rapp & Mullholland (1992).

representantes en materia de *investigación en fitolitos*, sino de todos los trabajos e investigadores existentes sobre el tema<sup>34</sup>.

La relevancia dada en los debates a las propuestas de un reducido grupo de expertos, dificulta el lograr consenso en cuanto a sistemas clasificatorios de aplicación global, más cuando ésta se aplica mediante la imposición de normas de publicación que dicho grupo considera aptas para que los trabajos sobre fitolitos sean tenidos en cuenta<sup>35</sup>.

En tal sentido parece igualmente aconsejable plantear la oposición a la opinión planteada –al respecto de disminuir la intervención de la experiencia del “analista” de fitolitos en su detección– subrogándola a la primacía de medios técnicos de reconocimiento (imagen y estadístico). La idea de una sistematización excesiva de los métodos de investigación científica queda bien reflejada en el parecer de Mauricio Antón (2007):

*“Reducir la influencia de la ecuación individual en la ciencia es un propósito legítimo, ya que es deseable que un experimento se pueda repetir un número indefinido de veces sin importar quién sea el experimentador. Pero es un error muy común pensar que se ha llegado al punto en que se puede prescindir de la aportación personal del individuo: esto es simplemente imposible”.*

Esta sería en parte nuestra respuesta a planteamientos mecanicistas que ciertamente parecen retomar Madella, Alexandre & Ball (2005) desde la propuesta –en similares términos– los de Russ & Rovner (1989). Es indudable que los fitolitos presentan parámetros morfométricos que sólo un estudio detallado (de observación y medición microscópica) puede definir correctamente, y por tanto despreciar la experiencia adquirida por un estudioso en la detección y clasificación de fitolitos se nos asemeja a hacerlo con la de cualquier especialista que, pese a los más modernos medios técnicos, resuelve con su determinación (adquirida) un problema médico o de ingeniería.

Obviamente tampoco pueden presentarse dudas ante lo que sin duda será la aplicación de tratamientos de imágenes avanzados en conjunción con análisis estadísticos discriminantes, éstos siempre serán una herramienta al servicio del investigador y no su sometimiento consentido a la inversa. Como bien apuntara Juan-Tresserras (1997), el sistema de aproximación morfométrica propuesto por Pearsall (1978) y Piperno (1984) tomando en cuenta todos los parámetros posibles de un determinado morfotipo, puede permitirnos discriminar taxones en base al registro de varios de tales

---

<sup>34</sup> Obviamente un aspecto muy difícil de llevar a cabo cuando las condiciones de trabajo de muchos investigadores no les permite acudir a los círculos de debate a escala internacional.

<sup>35</sup> En este sentido, no puedo estar de acuerdo con las afirmaciones, por parte de Madella, Alexandre y Ball (2005) al respecto de los trabajos científicos que pueden ser tenidos en cuenta a la hora de ofrecer informaciones y datos sobre fitolitos presentes en plantas sometidas a estudio específico. Desde una opinión completamente personal, rechazo la idea de que las descripciones semejantes en tesis doctorales y otros trabajos de investigación no sean tenidos en cuenta a la hora de conocer nuevos datos sobre fitolitos en plantas. No puede clasificarse dicha postura sino como altamente limitante para una gran mayoría de modestos investigadores, como el que esto escribe.

parámetros. Y debo apuntar en este sentido que será la conjunción de informaciones existentes a nivel internacional, sobre parámetros de plantas actuales y fósiles, las que nos permitan –en esa auténtica tormenta de datos analíticos– discriminar si los de tipo local se relacionan o alejan de los existentes a nivel global.

Si bien es cierto que los intentos de unificación, de criterios descriptivos, responden a los de adoptar los ya existentes en los estudios polínicos (Faegry & Iversen, 1975; Ollendorf, 1992; Bozarth, 1992; entre otros), convendría intentar aportar igualmente una traducción al español/castellano/lengua hispana, permitiendo que los investigadores opten por una u otra opción. Siguiendo este planteamiento, que sin duda amplía la posibilidad de presentar trabajos específicos a dos idiomas muy difundidos, en esta tesis se emplean términos existentes en las obras de referencia mencionadas, pero en lengua castellana, ofreciendo además la posible traducción anglosajona de los mismos. Al criterio descriptivo con cada morfotipo –empleando los términos mencionados– le siguen aquellos aspectos anatómicos que pueden ayudar en el reconocimiento y conocimiento de un determinado fitolito, de una determinada parte de una determinada planta. Ajustándose en lo posible, dichos términos, a los contenidos en la mencionada propuesta de clasificación anglosajona denominada ICPN 1.0 (*International Code for Phytolith Nomenclature*) publicada por Madella *et al.* (2005).

No pretendo aquí, como en el resto del apartado ya iniciado, desarrollar un esquema completo sobre todos los entresijos del estudio de fitolitos, ya que creo que la reciente monografía de Piperno (2006) y los cientos de artículos científicos existentes, hoy por hoy en la materia, lo hacen sobradamente. Por ello, tanto en lo concerniente a los fitolitos como a otros microfósiles, la labor de atender a criterios tales como las morfologías, creo que también en esta tesis doctoral deben centrarse en las observaciones realizadas en el conjunto de la investigación, prestando especial atención a los datos obtenidos mediante técnicas experimentales y de análisis microscópico. Obviamente, las plantas, suelos y sedimentos provenientes de Canarias se constituyen aquí como los materiales que nos aportan información, unas de tipo actual y otras –beneficiándonos ya de las posibilidades del conocimiento adquirido– sobre el pasado antropizado y el pasado “natural”. Lo cual ha significado, a mi parecer, una labor acorde a la fundamental pregunta de: ¿dónde hay fitolitos en Canarias?, para cuya contestación creemos era necesario sumar a la descripción de los fitolitos –presentes en plantas de las Islas– las características de los materiales que los engloban (vegetales y edáficos), constituidos como su origen primario o secundario (producción y depósito), vislumbrando con ello las posibilidades reales en su estudio. Y descartando en parte la labor de centrarnos en la recopilación de datos perfectamente disponibles en la bibliografía especializada.

No obstante, es el uso de tal bibliografía la que ha guiado –porque así debe operarse para considerar la labor de otros investigadores– las observaciones realizadas en los materiales analizados (de referencia y de lectura arqueobotánica). De tal modo que ambos conocimientos, el ya existente y el adquirido con la puesta en marcha de nuestro proyecto de investigación, se solapan permitiendo que las omisiones que puedo haber cometido –al respecto de los primeros– en la labor de estos años, desestimen las apreciaciones de otros investigadores. Pero sin olvidar que los objetivos se

centran, casi de forma completa, en la casuística observada en el seno de los materiales analizados en las Islas Canarias. Y siempre considerando los importantes datos referenciales aportados por el estudio de materiales procedentes de otros contextos, tomados como fundamental y esclarecedora referencia experimental.

Atendiendo por tanto al amplio conocimiento actual en la materia, contemplo en este apartado de *Morfologías y Nomenclaturas* únicamente como una descripción somera de las formas más comunes, localizadas gracias a las prácticas experimentales con plantas actuales, intentando insertar —los modelos morfológicos localizados— dentro de los sistemas de clasificación existentes, y en especial en el propuesto por Madella *et al.* (2005), dado que es éste sobre el que existe mayor consenso, al menos a nivel europeo<sup>36</sup>. Configuraría así un breve apartado donde puedan contemplarse, siguiendo un esquema basado en las formas pero también en el tamaño y ornamentación, aquellas cuyas características que pueden permitirnos hablar de *formas de diagnóstico*, es decir las que facilitan clasificarlas dentro de un grupo botánico en sentido amplio, a nivel de familia, pero incluso pasar —desde su estudio morfométrico y estadístico— a un nivel más concreto de género, y en algunos casos al de especie.

#### **Criterios clasificatorios, de tratamiento analítico y cuantitativo del registro de fitolitos.**

Atendiendo al apartado anterior y en virtud de la metodología de análisis microfósil seleccionada, y aplicada de forma estándar en esta tesis, el criterio clasificatorio se encuentra estrechamente enlazado con el cómputo de cada grupo de morfotipos fitolíticos, aspecto que puede ser igualmente extrapolado a aquellos microfósiles de base silicificada, como algunos tipos de microalgas (diatomeas y crisofitas) y espículas de esponjas. Dada la importancia de la cuantificación en el análisis de este tipo de elementos microscópicos y en especial de los fitolitos al proceder de organismos vegetales con una producción definida de los mismos, el método de cuantificación irá en función del empleado para tratar los materiales donde se contienen. De este modo el hecho de no contemplar la separación de la fracción neta de silicificaciones —denominada como *fracción insoluble al ácido* por Albert (1999)—, presente en una muestra de sedimento o suelo, determina la necesidad de prestar atención al conjunto de formas con características de diagnóstico y no tanto a la estimación del volumen de la mencionada fracción, ya que ésta no es separada de las fracciones minerales en las que está constituida la muestra de sedimento o suelo.

Desde una perspectiva eminentemente pragmática y atendiendo a las limitaciones del método seleccionado y aplicado, el cómputo total de las formas de diagnóstico, en buen estado de preservación, es de obligado cumplimiento para poder expresar los resultados sobre los que se deben basar las lecturas arqueobotánicas finales. Por ello se ha optado, frente al método aplicado en trabajos como los de Albert & Portillo (2005), por cuantificar únicamente las formas diagnósticas presentes en las preparaciones microscópicas, que son las que —por sus caracteres morfométricos y de ornamentación— nos han permitido asociarlas a grupos vegetales concretos. Si

---

<sup>36</sup> Albert, 2009; Korstanje, 2010, Com. Pers.

bien ha existido la posibilidad de realizar un cálculo aproximado de fitolitos totales (formas diagnósticas íntegras y no-íntegras o mal preservadas por fragmentación y/o disolución), finalmente se ha optado por únicamente cuantificar las primeras, dado que suponen el objeto empírico que presenta mayor consistencia como para elaborar, sobre su significado anatómico, taxonómico y número, valoraciones sobre las características del depósito que los originó (natural y/o antrópico).

### Clasificación morfológica.

Los grupos principales de fitolitos, atendiendo exclusivamente a sus características morfológicas, no son muy extensos, al menos si nos atenemos –siguiendo el esquema clasificatorio por descriptores del ICPN 1.0– a un primer grupo basado en las formas ideales, de tendencia geométrica, como las de **tipo rectangular** (*rectangle*), **cónico** (*conical*), **cilíndricas** (*cylindric*) o **paralelepípedas** (*parallelepipedal*). En líneas generales dichas formas geométricas no son tan comunes en la naturaleza como para poder aun aplicar sobre ellas un sistema automático de identificación, como el que podría emplearse mediante un programa informático por reconocimiento de imagen<sup>37</sup>.

Las **formas alargadas** (*elongate*) –que Bowdery (1998) define también como rectangulares (*rectangle*)– son las que pueden considerarse el tipo más común, siendo habituales en la familia *Poaceae*, tanto las de superficie lisa (*psilate*) como con salientes de picos o *equinada* (*echinate*) atendiendo a la terminología palinológica, que ya empleaba anteriormente el término para definir una ornamentación de salientes apuntados (La Serna & Domínguez, 2003; entre otros). Pero también las células largas del tipo *elongate* (que

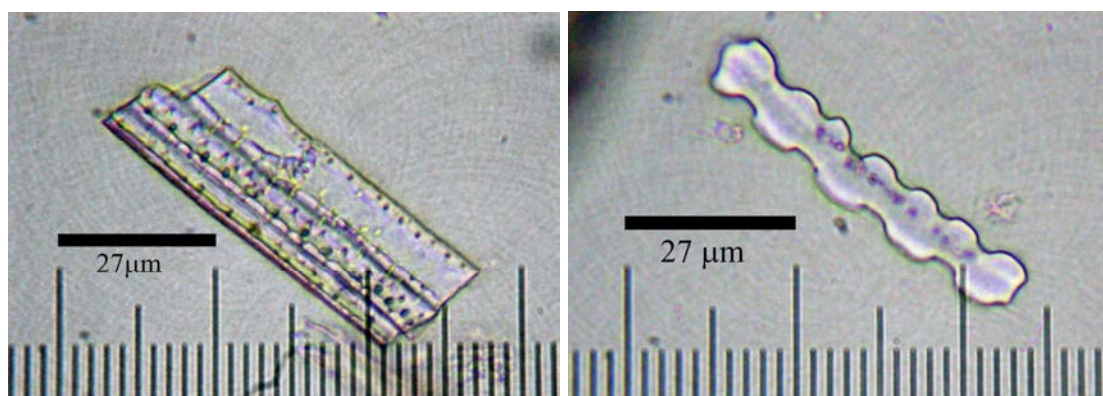
---

<sup>37</sup> Planteo aquí la idea, con deseable perspectiva de futuro, de que podrán configurarse sistema automáticos de reconocimiento, clasificación y conteo basados en la conjunción de equipos de observación microscópica (ópticos pero muy probablemente también electrónicos) con informáticos. En la actualidad ya se trabaja con una tecnología de este tipo, aunque aun sea el investigador-observador el que deba clasificar las morfologías, de microfósiles marinos en este caso (USAL; Sección de Paleontología del Dpto. de Geología) con ayuda de un sistema informatizado. Lo cual le permite adscribir las a grupos concretos, aunque empleando códigos de clasificación en vista a su inserción en tablas de cálculo informáticas. No debe extrañarnos que, en un futuro no muy lejano, las tareas de observación y clasificación tipológica de fitolitos pueda ser realizada por herramientas informatizadas, aunque obviamente el sistema requiera, para su funcionamiento, de una completa compenetración entre el equipo de observación microscópica (ya automatizado y configurado por el usuario pero regido por un programa informático) y el informático que procesaría la información. En definitiva de un sistema como el que ya opera en las rutinas analíticas médicas, para el reconocimiento y cómputo de células sanguíneas. Obviamente el sistema debería trabajar con un número de variables morfológicas mucho más amplio, en las que intervendrían, como se plantea en el ICPN 1.0, no sólo un criterio de reconocimiento sobre formas geométricas y no-geométricas ideales, en una única dimensión (vista sin detalles en perspectiva) sino también en dos dimensiones y tres dimensiones, sin olvidar, claro está, el tipo de ornamentación de cada una de estas formas. Se trata por tanto de sistemas de reconocimiento y clasificación complejos...pero realizables, pese a que no descarta la intervención humana, fundamental para la supervisión y funcionamiento, y sobre todo de los resultados, comprobando que no se ha producido, entre ambas tareas, un desfase por ajuste del sistema.

definiría fitolitos con cuerpo más largo que ancho) pueden presentar ornamentación dendriforme (*dendriform*), que según la propuesta ICPN 1.0 (Madella *et al.*, 2005) podría definirse como una forma con salientes finamente ramificados, propia de las hojas, tallos e inflorescencias de las gramíneas, con indiferencia de la subfamilia a la que pertenezcan.

Dentro de las formas alargadas (**Figuras 78-79**) también se encuentran las **células polilobuladas** (*polylobate cell*) y **trapeziformes sinuosas** (*trapeziform sinuate*), y ya entrando en morfologías con distinto origen anatómico los **elementos traqueales del xilema** o **traqueidas** (*trachied*, ICPN 1.0), que presentan igualmente un notable eje longitudinal con respecto al transversal, pero con una superficie que puede ser tanto formada por bandas transversales —que sobresalen de su superficie (caso de los elementos de los vasos del xilema)— como lisa y algunas perforaciones, que son los que pueden denominarse propiamente **traqueidas** (Mauseth, 2003).

No suelen entenderse como células largas otras que igualmente a las descritas presentan un eje longitudinal mucho mayor que el transversal, como las de **geometría de paralelepípedo** (*parallepipedal cell*), ciertos tipos de apéndices epidérmicos o pelos, o las propias y emblemáticas **células buliformes cuneiformes** (*cuneiform bulliform cell*). En este sentido, como expreso más adelante, el criterio de fitolito de célula larga (*long cell*) y célula corta (*short cell*) parece demandar, con vistas a agilizar su clasificación, de un adjetivo que hiciera referencia a su tamaño, ya que existen células de unas dimensiones semejantes a las presentes en la conocida familia *Poaceae*, como las formas globulares-esféricas desarrolladas en la mayoría de tejidos de las palmeras (*Palmae*), que también podrían ser descritas inicialmente como células cortas, aunque de una familia no-*Poaceae*, que tienden en las clasificaciones actuales a monopolizar el término que describe a las de menor tamaño (**Figuras 80-81**). En todo caso, en espera de nuevas impresiones sobre una propuesta ya clásica, nos atenemos a la misma, entendiendo que como “células cortas” por ahora únicamente se entienden las células no-largas *Poaceae*, como apunta la clasificación de Twiss *et al.* (1969).



**Figuras 78 y 79**, Células largas rectangulares lisas con puntuaciones (Izqda.) y onduladas (Drcha.), ambas en hojas de *Agrostis* sp. (taxón del glaciar de Kjenndal). Ambas: 600x.

Con respecto a las células de mayores dimensiones, también son las que suelen presentar, en casi todos los casos, un mayor grado de silicificación —lo que no siempre es sinónimo, en términos de fragilidad post-deposicional, de

mayor solidez que las anteriores—, siendo muy patente, la primera apreciación, en formas como los paralelepípedos y buliformes, en este caso tanto las de simetría clasificable como cuneiforme o *Arc-Triangle* (descritas como *A:T* por Bowdery, 1998) o “de abanico” (*fan shapped*, Twiss, 1992). En estas formas, que por lo general superan las 50  $\mu\text{m}$  en su eje longitudinal de simetría, puede hablarse de un concepto de célula de silicificación masiva, con espesores que pueden alcanzar las 20  $\mu\text{m}$ , como ocurre con las de *Cynodon dactylon*, que atendiendo a las menores dimensiones que el resto de gramíneas y su alta producción de este tipo de células —como todas las variedades de arroz (*Oryza sativa*) o las especies de la subfamilia *Arundinoideae*—, resultan sorprendentes, al menos si las comparamos con las de los principales ejes de simetría de las células producidas por estas últimas<sup>38</sup>. Se trata por lo tanto de fitolitos claramente identificables en los tejidos vegetales originales, pero también en muestras no-vegetales donde se pretenda su localización, como suelos y sedimentos, arqueológicos o no.

La originalidad de las células buliformes, y en concreto las designadas como *Arc-Triangle* por D. Bowdery (1998) y como buliformes cuneiformes (*cuneiform bulliform cell*, ICPN 1.0), nos ha sugerido y confirmado una vía de investigación propia, a la que dedicamos un apartado específico<sup>39</sup> (Capítulo 5-I).

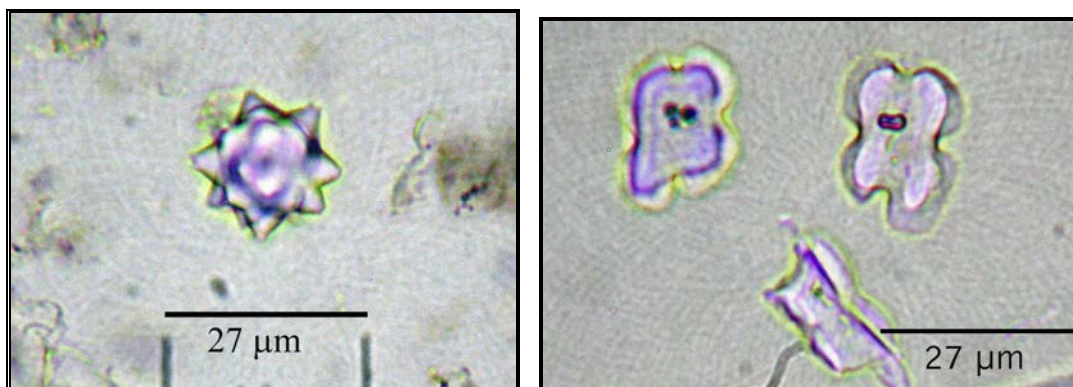
Pese a que existen otras morfologías, como algunos tipos de apéndices epidérmicos (**Figuras 82-83**), presentes en los tejidos foliares de especies como la higuera (*Ficus carica*), y en especial en *Bromus tectorum*, que pueden llegar a alcanzar las 700  $\mu\text{m}$ <sup>40</sup>, éstas no presentan una alta silicificación en toda su extensión, sino —para el caso de los tricomas— únicamente en la pared de los mismos, dejando un espacio hueco entre ellas, o bien en su base, como ocurre en *B. tectorum*. Este hecho convierte, a todos los fitolitos de células masivas, es decir sin espacios de nula o baja silicificación, en los de mayores probabilidades de conservar su morfología, intacta o buena parte de ella, en el tiempo, aun a pesar de la acción de los dinámicos y agresivos procesos, como los que pueden acontecer en suelos y sedimentos tras su deposición, de forma natural o mediante intervención antrópica.

---

<sup>38</sup> El trabajo de Houyuan *et al.* (1997), aborda el estudio de las células buliformes atendiendo a los mencionados ejes de simetría de las mismas, incluyendo el espesor de éstas. No obstante, como se plantea en varios apartados de nuestro trabajo, pueden realizarse una aproximación —aunque no tan detallada como la planteada por dichos autores—, a la clasificación de estos tipos de células, basándonos únicamente en el reconocimiento de dos ejes de simetría, longitudinal y transversal, aunque dividiendo el primero en dos, tal y como aconseja la descripción empleada por Bowdery (1998), y se separan de forma ideal la zona, de estas células, con forma triangular de la que describe un arco, más o menos pronunciado. Bowdery por ello las describe como buliformes *Arc.Triangle*, y que como atestiguan los estudios experimentales realizados para esta tesis, resultan suficientes para distinguir varias tipologías, presentes en otras tantas especies vegetales.

<sup>39</sup> Ver Capítulo 5, Resultados II, 5.11, 5-12

<sup>40</sup> Hasta el momento el tipo de fitolito de mayor tamaño observado de forma aislada, es decir no formando parte de un fragmento silicificado (esqueleto silíceo) donde se agrupan varios tipos de células, tanto largas y cortas como de intercambio gaseoso (estomas).



**Figura 80** (Izqda.), Fitolito globular/esférico con picos o equinado (*globular echinate phytolith*) en troncos de *Phoenix canariensis*. **Figura 81** (Drcha.), Fitolitos de células cortas en forma de cruz (*cross short cell phytolith*, ICPN 1.0) en hojas de *Zea mays*. Ambas 600x. J.A.

Debemos diferenciar aquí a los **esqueletos silíceos**, o secciones completas —de mayor o menor tamaño— de tejido vegetal silicificado, que aparecen en las epidermis de tallos, hojas e inflorescencias (asociadas a las envueltas florales de las semillas de gramíneas) y que por su especial origen están compuestas tanto por células largas como cortas.

En esqueletos silíceos, como los de las hojas de las gramíneas, es donde se determinó la importancia que muestran la diversidad de fitolitos asociados a la conformación original de la lámina foliar, como bien indican Twiss *et al.* (1969), basándose también en las investigaciones de Metcalfe (1960). Efectivamente, como muestran dichos autores, la epidermis de una hoja de *Zea mays* muestra un esquema silicificado donde se disponen, de exterior a interior, las células epidérmicas (macro y micro), las estomáticas, largas y cortas bilobuladas o panicoides, que efectivamente confirman estar ante un representante de excepción de la subfamilia *Panicoideae*. Además, como ilustra Miller (1992), los esqueletos silíceos resultan de las morfologías de fitolitos más explícitas en cuanto su origen vegetal.



**Figura 82** (Izqda.), Tricoma completo de hojas de *Ficus carica*. **Figura 83** (Drcha.), Fragmento de tricoma similar localizado en antiguas tierras de labor de Tenerife (Valle Jiménez). 400 y 600x respectivamente. J.A.



Siendo importante, y limitante, el señalar que su silicificación en extensión se restrinja a algunas familias botánicas, al menos en morfologías que mediante estudios morfométricos permiten una adscripción taxonómica precisa. Pero en todo caso la posibilidad de detectarlos y con ello toda la información sobre células cortas y largas, puede permitir, en su conjunción no alterada, lecturas muy acertadas sobre su filiación botánica. Aspecto que los vuelve de suma importancia para la investigación arqueológica y paleobotánica en general<sup>41</sup>.

### Formas alargadas (*Elongate forms*, ICPN, 1.0).

Según Miller (1992) la designación más acertada para el grupo de fitolitos formado por células rectangulares y trapezoidales, presentes en los tejidos *Poaceae*, es el de las células largas (*long-cells*), para diferenciarlas de otras células, también presentes en especial en la inflorescencia de la misma, que presentan menor tamaño y sobre todo mucho más variadas morfologías, las denominadas “células cortas”. No obstante, las células largas son igualmente diversas, aunque manteniendo siempre una tendencia geométrica donde predomina un eje longitudinal sobre otro transversal, a la inversa de una forma cúbica. Independientemente de su ornamentación, que habitualmente adquiere bien un margen liso (psilate), con picos o equinado (echinate) o dendriforme (*dendritic/dendriform*) atendiendo a la propuesta ICPN 1.0

Anteriormente, Twiss, Suess & Smith (1969) introducen en su ya clásica clasificación de fitolitos de gramíneas, la puntualización de que la clase alargada (*Elongate Class*) aunque presenta hasta cinco tipos, éstos solamente resultan de diagnóstico a nivel de familia, pero no aportan características de diagnóstico a los de subfamilia o tribu.

Por lo general se trata de formas muy comunes, abundantes en contextos edáficos, arqueológicos y sedimentarios de zonas húmedas, que hayan recibido aportes de gramíneas de cualquier tipo. Sin embargo, bajo el criterio de formas alargadas el repertorio se amplía fuera de la familia *Poaceae* a otras que pueden producir células largas. Por más que exista cierto consenso en que el término haga referencia –por motivos obvios– a las gramíneas, lo cierto es que existe una amplia gama de fitolitos que presentan este básico esquema: longitud mayor que anchura y por lo general márgenes escuadrados. Por ello hemos estructurado el apartado correspondiente al estudio morfológico atendiendo a criterios de morfologías asociadas a determinados grupos vegetales, que en lo corresponde a fitolitos como estos, que confirman la redundancia a nivel de fitolitos entre diferentes especies, merece una atención especial. Y en concreto a lo que creemos debe ampliarse terminológicamente con respecto a las formas que pueden englobarse en términos tan genéricos como el “células largas” o “células cortas”, o al menos que este tipo de células no haga referencia exclusiva a los más pequeños de los fitolitos *Poaceae*.

---

<sup>41</sup> A la subfamilia *Panicoideae* pertenecen un grupo de plantas propias de ambiente cálido y húmedo de regiones subtropicales. Aunque algunas especies se han adaptado a entornos áridos, su máximo de diversidad se presenta en India y Malasia. Igualmente, aunque algunas prosperan en climas templados, son muy raras en latitudes por encima de los 40°.

**Formas propias de la familia *Poaceae*.****Formas alargadas lisas.**

Característica indiscutible del grupo de las gramíneas, los fitolitos de células largas, sin ornamentación y bordes rectos o semirectos, son muy abundantes en los tejidos aéreos de estas plantas. Y aunque pocas veces pueden tomarse como de diagnóstico de especie, sí que puede hacerse a nivel de familia botánica. Así, en su estudio y propuesta de clasificación sobre los fitolitos de gramíneas, Twiss, Suess & Smith (1992) ya confirmaban este hecho, pese a que distinguían hasta un total de cinco morfologías de fitolitos de células largas, con o sin ornamentación, pero descartaban su importancia taxonómica más allá del nivel de familia (**Figura 76**).

Por ello su presencia siempre supone un indicador anatómico de la de hojas y/o tallos de especies pertenecientes a *Poaceae*. No obstante, dentro de esta categoría (*elongate psilate*, ICPN, 1.0) habría al menos que describir cuatro subtipos, como citan Gallego & Distel (2004). Se trataría de formas que varían ligeramente en algunos parámetros básicos —sin entrar en el de dimensiones de sus ejes de simetría—, como sería la terminación de sus extremos, la curvatura y la presencia de resaltes aislados en alguna zona de su superficie. Igualmente se detecta un parámetro geométrico que no pasa desapercibido y que claramente permiten observar morfologías con claras variaciones en las dimensiones de su eje transversal (ancho), dependiendo entre otros aspectos de la zona de la planta de donde procedan (**Figuras 84-85**).

**Formas alargadas con ornamentación equinada o dendriforme (*elongate and dendriform or echinate long cell*, ICPN 1.0).**

Se trata de un morfotipo característico, junto con las células cortas tipo “papilas” (*papillae cell*, ICPN 1.0) de la epidermis de las cubiertas florales (gluma y lema) de la inflorescencia de las gramíneas, especialmente el que presenta ornamentación dendriforme ya que las formas denominadas alargadas equinadas (*elongated echinate phytoliths*) pueden localizarse preferentemente en hojas y tallos de gramíneas. En concreto las de ornamentación dendriforme, denominadas primeramente como “varas dendriformes” (Juan-Treserras, 1997), suelen estar más asociadas a las envueltas florales de las gramíneas. Donde resultan muy evidentes, tanto mientras se mantienen en posición anatómica como *esqueletos silíceos* o bien de forma aislada, como ocurre en contextos arqueológicos, y se presentan como formas independientes, en muchas ocasiones fragmentadas.

Como describe Miller (1992), refiriéndose a las cubiertas de los granos de cereal, estos morfotipos de células largas se alinean, en dicha zona de la planta, junto con las mencionadas células cortas y también en conexión con las células estomáticas, en cuyo caso adquieren una morfología característica de extremos cóncavos (*elongate with concave end*, Gallego y Distel, 2004). De tal forma que se trata, dentro de un trabajo arqueobotánico, de morfotipos que hacen referencia expresa a la presencia de elementos microscópicos propios de la inflorescencia de gramíneas cultivadas, con la excepción —al respecto de gramíneas silvestres— de algunas especies que también desarrollan cubiertas similares en torno a su cariósido, como *Aegilops* sp. y *Avena* sp.. En todo caso conviene matizar que, si bien en las plantas actuales este morfotipo se detecta, en posición anatómica, formando secciones enteras de tejido vegetal silicificado (*esqueletos silíceos*), su

desestructuración y dispersión, bajo la forma de células largas aisladas, es un hecho que acontece desde que se producen procesos que eliminan de forma natural (deposición de tejidos vegetales en suelos y sedimentos), e inducidos en el caso experimental, los compuestos aglutinantes que los mantienen unidos en el interior de la planta.

Pero uno de los aspectos que revela su estudio es una gran diferencia en cuanto a su origen anatómico, parámetro que confirma la necesidad de su toma en consideración junto con los de forma, ornamentación e incluso tamaño, y en éste último la relación entre sus ejes de simetría. Puede comprobarse una sustancial diferencia, mediante la simple observación, entre un morfotipo alargado dendriforme o equinado proveniente de las hojas de *Zea mays* (Figura 84) con otro similar pero desarrollado en la inflorescencia de *Hordeum vulgare* (Figura 85), de la relación entre sus principales ejes de simetría, en este caso únicamente el longitudinal y el transversal sin atender al referente al espesor.

Estas morfologías son muy abundantes en dichas zonas de la planta, ya que conforman la epidermis externa de tales envueltas/cubiertas florales (Wallis, 1968), funcionando desde nuestro punto de vista como eficaces barreras protectoras de la semilla de la planta<sup>42</sup>.

Debe llamarse la atención sobre la percepción de la ornamentación de este tipo de células en relación con el instrumento microscópico empleado, ya que lo que puede observarse como de tipo equinado (*echinate*, ICPN 1.0) al microscopio óptico, incluso con magnificación máxima límite para este instrumento como es la de 1500x, no podrán apreciarse las extensiones dendriformes que aparecen cuando se observa, la misma muestra, en un microscopio electrónico.

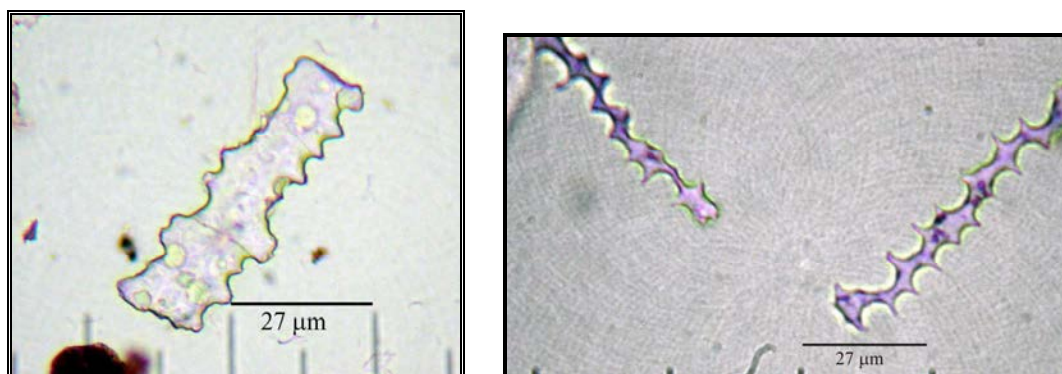
### **Secciones completas de tejido silicificado o esqueletos silíceos (*silica skeleton*).**

Se trata sin lugar a dudas de uno de los morfotipos más importantes en cuanto a potencial de identificación de fitolitos, en este caso atendiendo a su origen anatómico, tanto a nivel de epidermis foliar, de los tallos y de las inflorescencias, siendo especialmente abundantes en los taxones de *Poaceae* (Figuras 90-91-92-93). La formación de esqueletos silíceos suele ser el resultado de un drenaje deficiente y a su vez de la permanencia de agua en el suelo durante un determinado periodo de tiempo (Juan-Tresserras, 1997). Se trataría —según este mismo autor— de formas atípicas de silicificación en los cereales, documentados en diferentes especies y muy habituales en contextos arqueológicos de sociedades productoras (Hodson & Sangster, 1988; Rosen, 1992; entre otros). En función de las características del proceso de silicificación que genera este peculiar tipo de fitolitos, parece que el mismo

---

<sup>42</sup> La misma que —paradojas del mundo vivo— los humanos nos esforzamos en reducir a la mínima expresión y/o su total eliminación. Y más paradójico resulta que —ya a escala histórica— en la actualidad se retomen las excelencias del consumo, de algunos granos vestidos, por sus cualidades dietéticas, las mismas que poseían cuando se consumían entre la gente más humilde, la que no podía optar por harinas refinadas. Ese tipo elementos —altamente silicificados— pasan a componer lo que se designa como “fibra alimentaria”, la misma existente tiempo atrás, pero en la actualidad con un precio más elevado y menos asequible.

puede asociarse al propio método de cultivo de los cereales y en concreto al de irrigación de los mismos. De este modo Rosen (1997, 1991, 1994) incluso los pone en relación con modelos agrícolas diferentes entre los empleados en época antigua en Israel, Egipto y América Central y Sudamérica. Efectivamente los experimentos llevados a cabo por Rosen y Weiner (1994) parecen confirmar que una variedad de escanda (*Triticum turgidum* spp. *Diccocum* cv. Nigro-ajar) cultivada con irrigación en un medio semi-árido, produce esqueletos silíceos con una mayor proporción de células silicificadas que las producidas por la misma variedad de trigo cultivado en seco (Juan-Tresserras, 1997).



**Figura 84** (Izqda.), Fitolito de célula larga aislado en hojas de millo/maíz (*Zea mays*), que en origen podía presentar ornamentación de picos o equinada (*echinate*, ICPN 1.0). **Figura 85** (Drcha.), Fitolitos de células largas y ornamentación dendriforme, aislados en las cubiertas del grano de cebada de seis carreras (*Hordeum vulgare* var. *hexastichum*). Ambas 600x.

Este hecho derivaría de dos factores importantes, como el alto índice de evaporación y la cantidad de sílice disponible en el agua del suelo. De tal modo que si el índice de evapotranspiración es constante, como ocurre en las regiones semi-áridas mediterráneas, el aporte de sílice extra en el cultivo del cereal —procedente del agua de irrigación— podría intensificar el desarrollo de fitolitos (Rosen & Weiner, 1994). Parece interesante señalar en este punto la mención —por parte de Juan-Tresserras en su Tesis doctoral (1997)— al estudio complementario de valvas de diatomeas en la resolución de la cuestión asociada a la producción de cereales con intervención de la irrigación. Basándose en indicaciones proporcionadas por Vrydagh<sup>43</sup> sobre las observaciones de éste en Armenia, indica que se observaron más de diez tipos distintos de estas microalgas en contextos arqueológicos relacionados con antiguas prácticas agrícolas. Obviamente la corroboración de dicha asociación solamente podría hacerse en aquellos contextos donde puedan analizarse ambos materiales: plantas y suelos agrícolas donde han existido éstas de forma cultivada. En la mayoría de los casos arqueológicos se dispone de los residuos dejados por aquellas en industrias y residuos bioantropológicos, o en suelos de ocupación pero las tierras de cultivo son un tema más complejo de detectar. No obstante, debe destacarse en tales indicaciones la importancia

<sup>43</sup> Citado como Comunicación personal por Juan-Tresserras (1997).

de relacionar la alta deposición de SiO<sub>2</sub>, bajo la forma de fitolitos, con condiciones de aridez, cultivos y aportes extra de agua.

En ese sentido la investigación llevada a cabo por Korstanje (2005) en el Valle del Bolsón (entre otras localizaciones) buscaba identificar microfósiles relacionados con las actividades agrícolas y ganaderas en sustratos propios de tierras de cultivo. En su caso aplicando el criterio del análisis múltiple de microfósiles, relacionando los registros de fitolitos, almidones y esferulitas de fauna herbívora, llegando a la definición de un modelo concreto de explotación agrícola y ganadero durante el Periodo Formativo andino en esa región, *explorando el problema del cambio social y enfocándolo hacia la organización del trabajo en torno a la producción de alimentos*<sup>44</sup>. Sin embargo, el cereal propio de esa etapa cronocultural –*Zea mays*– no presenta la potencialidad biomineral del grupo *Triticeae*, tribu *Pooideae* a la que pertenecen los trigos, cebadas, centeno y avena. Por ello el rastro empírico buscado en aquel caso fue los morfotipos específicos, de células cortas, contenidos en las hojas del maíz/millo<sup>45</sup>.

Los esqueletos silíceos de *Triticeae* presentan morfologías de fitolitos muy específicas (Miller, 1992; entre otros, formados por secciones completas de tejido vegetal silicificado (Miller, 1992) que mantienen la arquitectura celular original (Madella *et al.*, 2005), permitiendo reconocer –por dicha estructura– la zona de la planta a la que pertenecen. El esqueleto silíceo es por tanto una sección de tejido formado por varias células fitolíticas, como células largas y éstas en conjunción con células cortas, e incluso con *estomas* en el caso de las hojas.

La localización de esqueletos silíceos supone una importante ventaja para el reconocimiento taxonómico de antiguas plantas, al permitir observar dichas células en posición anatómica original. Este es el caso de los generados en la pared externa (envueltas florales) de los granos de gramíneas cultivadas (cereales), hecho que cobró mayor relevancia cuando se comprobó que su especial configuración posee características de diagnóstico, permitiendo discriminar si pertenecen a los cereales del grupo del trigo (Miller, 1992; Piperno, 2006; entre otros). Tal y como hemos comprobado, con las plantas patrones, la diferenciación puede también extrapolarse al género *Panicum* spp. (mijo), donde ésta llega a ser muy amplia con respecto a las morfologías presentes en el grupo *Triticeae*. Miller (1992) introduce además el elemento tafonómico, al contemplar este tipo de silicificaciones como derivadas de un proceso de fosilización, el cual lejos de alterar las características morfométricas del antiguo elemento vegetal, puede ofrecernos aun los parámetros necesarios para su reconocimiento taxonómico (**Figuras 90-91**).

En el caso de los esqueletos silíceos de la inflorescencia, forman parte de la primera de las cuatro capas de las que están constituidas las glumas (cubiertas florales) de los granos de cereal, que unidamente quedan en su posición original (adheridas al grano o cariósido), tras la trilla, en los

---

<sup>44</sup> Ligeramente modificado del texto, tomado de su Introducción, pag. 3.

<sup>45</sup> La limitación de *Zea mays* al respecto de su nula producción de esqueletos silíceos en su inflorescencia y sobre todo en sus granos, se ve compensada aquí por su alta producción en células cortas, de tipo bilobulado, en sus hojas, como corresponde a una gramínea de la subfamilia *Panicoideae*.

denominados granos vestidos. Esto ocurre especialmente con los de todas las variedades de cebada (*Hordeum vulgares*. L.), tanto en el tipo de espiga conocida como de “seis carreras” (*H. vulgare* var. *hexasticum*) como de dos carreras (*H. vulgare* var. *distichon*), donde son muy evidentes tales silicificaciones (**Figuras 86-87**), aunque también se produce en el grano de la avena (*Avena sativa*). En el caso de los trigos (*Triticum* sp.) solamente ocurriría con las especies que presenta grano vestido, que vendría en este caso ejemplificado por las variedades de la conocida “Espelta” o “Escanda” (Asturias) y que pertenecería a la especie *Triticum aestivum* subs. *spelta*, y de otro trigo de grano vestido, conocido también en misma región como “Povia”, que correspondería a las variedades de *Triticum turgidum*, ssp. *Dicocum* (García, 2005).

Como ya hemos mencionado, Rosen (Miller) (1992) confirma suficientemente la posibilidad de reconocer taxonómicamente el cereal que dió origen a un fitolito de esqueleto silíceo fósil, desde su comparación con formas similares presentes en plantas vivas actuales. Para ello enuncia una serie de parámetros morfométricos que pueden ser aplicados con tal fin. El primero de ellos, retomado por Piperno (2006) de Rosen (1992), alude al patrón morfológico que forman las células largas de terminación dendriforme o equinada propias de las paredes de granos vestidos de cereal. Se trata de una serie de circunvoluciones formadas entre dichas células, cuyas dimensiones y desarrollo pueden ser estimadas métricamente. Obviamente, para llevarlas a cabo se requiere que las células largas y cortas se mantengan en posición anatómica primaria, lo cual puede producirse o no dependiendo de los procesos postdeposicionales del sedimento o suelo donde se depositen, bien por causas naturales y especialmente como producto de actividades antrópicas, propias de sociedades productoras. De hecho, como ya se ha expuesto, se ha planteado una relación directa entre las prácticas agrícolas y el incremento de las silicificaciones de este tipo en las gramíneas cultivadas (cereales).

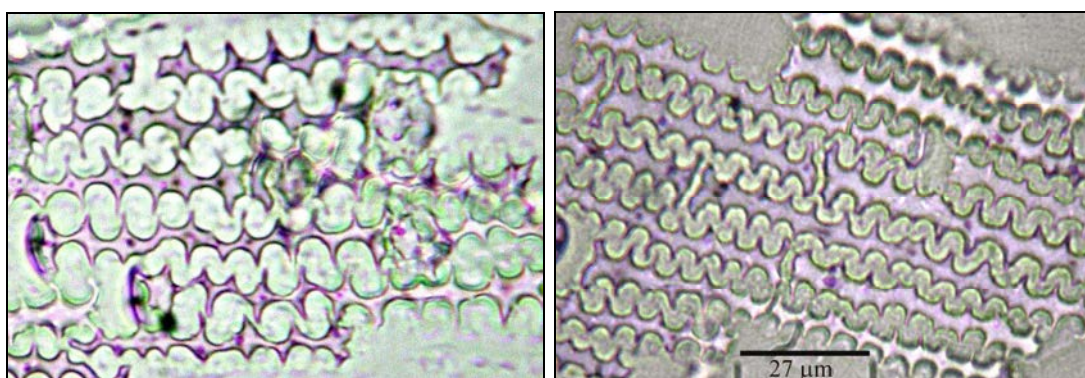
Efectivamente, en las dos especies de cereales (trigo y cebada) que Miller emplea inicialmente para ejemplificar dicho patrón discriminante, se aprecia nítidamente este hecho. Aspecto que luego es perfectamente aplicable entre otras especies con producción de esqueletos silíceos, como igualmente se puede comprobar con diferencias sustanciales —en la forma interna— que adquieren dichos fitolitos en el género *Avena* sp. y *Lolium* sp., y que en la traducción del término anglosajón *Rye Grass* empleado por Rosen (1992) equivaldría al centeno, pero no así en la especie hoy asociada a dicho cereal, que es *Secale cereale*<sup>46</sup>.

En todo caso, Rosen describe formas ideales donde se aprecian diferencias sustanciales en la forma que adquieren las circunvoluciones existentes entre las mencionadas células largas (**Figuras 86-87**). A esos cuatro patrones característicos de género, Miller suma el de *Aegilops* sp. al que menciona como “hierba de cabras” (*goatgrass*), citando que es netamente similar al de la cebada (*Hordeum vulgare*). Esta aclaración resulta —en términos botánicos pero también arqueobotánicos— sumamente importante, ya que *Aegilops* sp.

---

<sup>46</sup> Se trata de una cuestión pendiente de abordar, ya que no conocemos ningún tipo de cereal que podamos adscribir al género *Lolium* sp.

se considera actualmente un ancestro del género *Triticum* sp. (López Bellido, 1991) y no de *Hordeum* sp. Las similitudes detectadas por Rosen (Miller) (1992) son claras, en especial en lo concerniente a contemplar la existente entre dos especies de diferente género como *Aegilops* y *Hordeum*, en concreto con la variedad de dos carreras (*H. vulgare* var. *distichon*). Estaríamos aquí ante un parámetro que podría sumarse a la siempre compleja tarea de diferenciar entre granos de cereal de diferentes variedades. En este caso de los esqueletos silíceos dejados tras su desaparición, lo cual permitiría al menos en contextos arqueológicos colaborar en dicha tarea, que tal y como plantea López Bellido (1991) cuando afirma —tras enunciar los parámetros que permiten reconocer algunos grupos únicamente por las características de sus granos— que el único medio verdaderamente eficaz para la identificación de una variedad, es el empleo de la técnica de la electroforesis de las gliadinas y otros constituyentes.



**Figura 86** (Izqda.), Esqueleto silíceo en las envueltas florales de *Hordeum vulgare* var. *hexasticum*. **Figura 87** (Drcha.), el mismo en *Hordeum vulgare* var. *distichon*. Ambas 600x. J.A.

Pero el hecho de que Rosen encuentre similitudes en los parámetros constituyentes de los esqueletos de ambas especies, abre cuestiones en las que habría que profundizar, cómo la propia existencia de variedades de trigo de grano vestido asociadas a géneros antiguos como *Triticum aestivum* var. *suelta*, que derivaría de la más antigua variedad de trigo: *Triticum speltaoides*. En virtud de nuestros trabajos experimentales, las similitudes más acusadas se encuentran entre los esqueletos silíceos de *Aegilops* sp. y *Triticum* sp. (variedades de grano vestido) más que con las variedades de *Hordeum* sp. El hecho de que Miller encuentre claras similitudes —también constatadas en nuestros trabajos experimentales— entre los esqueletos silíceos de *Hordeum vulgare* var. *distichon* y *Aegilops searsii*, añade un grado de incertidumbre que deberá ser despejada y que parecía poder asumirse entendiendo que existían similitudes entre todas las variedades de cereales de grano vestido del mismo género.

Ciertamente, los parámetros morfométricos creados por las células largas equinadas —pero probablemente dendriformes bajo el microscopio electrónico— observadas en *Aegilops* sp. y concentradas en el residuo resultante del tratamiento térmico-químico de los granos de esta especie (**Figura 88**), concuerdan más con los observados en la cebada de dos carreras (*Hordeum vulgare* var. *distichon*) que con la variedad de seis carreras (*H.*

*vulgare* var. *hexastichum*), tanto en las circunvoluciones creadas por las células largas como en las dimensiones del eje transversal de éstas (**Figuras 88 y 89**).



**Figura 88** (Izqda.), Granos vestidos de *Aegilops* sp. mostrando las grandes aristas de sus envueltas florales. **Figura 89** (Drcha.), Esqueleto silíceo procedente del residuo de las cubiertas florales del grano de *Aegilops* sp. tras los tratamientos de laboratorio. 600x. J.A.

En todo caso, tal y como puede apreciarse en los esqueletos silíceos de los géneros *Triticum*, *Hordeum* y *Aegilops* sp. existen similitudes y diferencias solamente apreciables cuando son aplicados los parámetros propuestos en las obras de referencia (Rosen, 1992; entre otros) y que resultan claramente diferenciables de los esqueletos generados en granos de *Avena* o *Panicum* sp., y en concreto de ésta última especie, donde la configuración de sus fitolitos de células largas pasan de presentar ornamentación equinada o dendriforme a otra de tendencia triangular, lo cual obviamente deriva en una disposición similar en las circunvoluciones existentes entre dos de estas células (**Figura 89**). En este sentido cabe mencionar las diferencias apreciables entre el grupo *Triticeae*, al que pertenecen trigos, cebadas, avenas y centeno con el mijo, lo cual abre aun más la posibilidad de estudio dada el desconocimiento de la llegada de este cereal —muy relacionados con las culturas africanas— a las Islas Canarias<sup>47</sup>.

<sup>47</sup> Hacemos constar aquí la lectura aportada por el Dr. Mauro Hernández (Universidad de Alicante) al respecto del posible aprovisionamiento que se realizó, en época moderna, con partidas de mijo procedentes de la cercana costa africana, en base a los estrechos contactos con la misma, anteriores incluso a la completa incorporación de las Islas a la corona de Castilla. Esta lógica lectura se realizó durante el debate posterior a la lectura de la tesis doctoral del Dr. Alejandro Gámez Mendoza (Facultad de Geografía e Historia, ULL, 2010) y de la cual nos hacemos eco en nuestro trabajo de investigación, convencidos de que aun quedan muchas vías de investigación de “un todo” que solamente mediante la aportación de cada investigador estaremos más cerca de comprender. En este caso pese a no haber localizado indicios de fitolitos del género *Panicum* sp. en cálculos dentales de poblaciones históricas canarias, la pregunta-cuestión planteada por el Dr. Hernández ha generado una cierta inquietud, no existente hasta el momento, y aquí, como en otros campos de investigación donde ésta pueda ser retomada sin daño para los materiales analizados, se llevarán a cabo las oportunas revisiones microscópicas con el fin de no descartar —en los mundos



Para con *Triticum* sp., el estudio de variedades antiguas, como las conocidas como *espeltas* (Península Ibérica) y *escanda* (Asturias), parecía posible llegarse a una determinación de diagnóstico mediante el estudio de los fitolitos de las envueltas florales de sus granos (vestidos), al estar dentro de la rama filogenética de los trigos, pero que en ningún caso vinculábamos, como hace A. Rosen localizando similitudes entre *Aegilops* —como se sabe posible ancestro de *Triticum*— y *Hordeum* spp., es decir el género que agrupa a las cebadas. Obviamente, como ya mencionamos, la vía de investigación abierta en este sentido trasciende limpiamente las cuestiones por resolver a escala de investigación arqueobotánica de Canarias, para proyectarse a la resolución de otras enclavadas en contextos prehistóricos, y procesos históricos, de repercusión más global, como son a nivel general las relacionadas con la evolución de las gramíneas cultivadas y en concreto con la participación humana en tal fundamental proceso<sup>48</sup>.

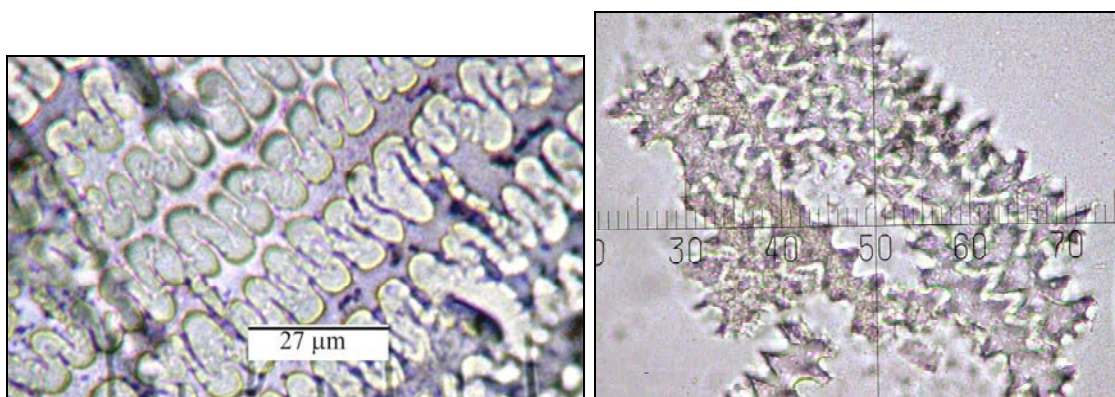
En todo caso el estudio de esqueletos silíceos a nivel experimental ha comenzado también en nuestro caso por el de recuperar todas las variedades posibles de granos de cereal, partiendo obviamente de las de trigos y cebadas. La prioridad de recuperar la planta completa, en época de cosecha, permitió no sólo comenzar el estudio de los mencionados esqueletos silíceos sino además asociarlos al resto de fitolitos producidos en todos los restantes tejidos aéreos de la planta. Lamentablemente este proceso es complejo en las Islas y de hecho se ha debido recurrir a instituciones donde se custodian, estudian y reproducen semillas provenientes de Canarias pero en su mayoría no explotadas en la actualidad<sup>49</sup>.

---

microscópicos de cada preparación— la presencia de algún indicio del género *Panicum* sp.

<sup>48</sup> En todo caso, la aplicación práctica de nuestro trabajo a las Islas Canarias limita por ahora el abordaje de cuestiones tan cruciales de la Prehistoria, y de hecho ya se ha comprobado la manifiesta dificultad para el estudio de los esqueletos silíceos de los principales tipos de cereales que podrían explicar su participación en la dieta de los grupos humanos en la Prehistoria de Canarias. E incluso en la introducción de nuevas variedades en época moderna. Sin duda se trata éste de un tema apasionante cuyo abordaje puede pasar también ahora por la búsqueda y estudio concreto de este tipo de fitolitos. Aprovechando el creciente interés —que nunca debió perderse en términos de puro pragmatismo económico— por las variedades de cereales, y otros cultivos, que se implantaron en las Islas desde las primeras etapas de colonización humana, esta opción puede realizarse llevando a cabo estudios paralelos de las variedades de granos conservados, como reserva genética, en diversas instituciones de la CC.AA. de Canarias y los diversos materiales arqueológicos asociados a la producción, conservación y consumo de cereales. Y el estudio de suelos actuales intentando localizar niveles no roturados en profundidad, pero con posibles registros marginales de fitolitos de plantas de cereal, es una de esas cuestiones que aquí planteamos esperando conocer algún día su puesta en marcha.

<sup>49</sup> En esta labor ha sido fundamental la disponibilidad de granos de referencia proporcionados por el personal del INIA (Banco de Germoplasma, Madrid) en las personas de las Dras. Celia de La Cuadra y Magdalena Ruíz, así como D. Jaime Gil quién se brindó a la recolección de sus valiosas semillas para realizar estudios sobre ellas. Igualmente fue posible localizar y analizar las envueltas florales de *Aegilops* sp. gracias a la inestimable colaboración de Desiré Afonso (Centro de Conservación de la Biodiversidad Agrícola de Tenerife, Tacoronte).

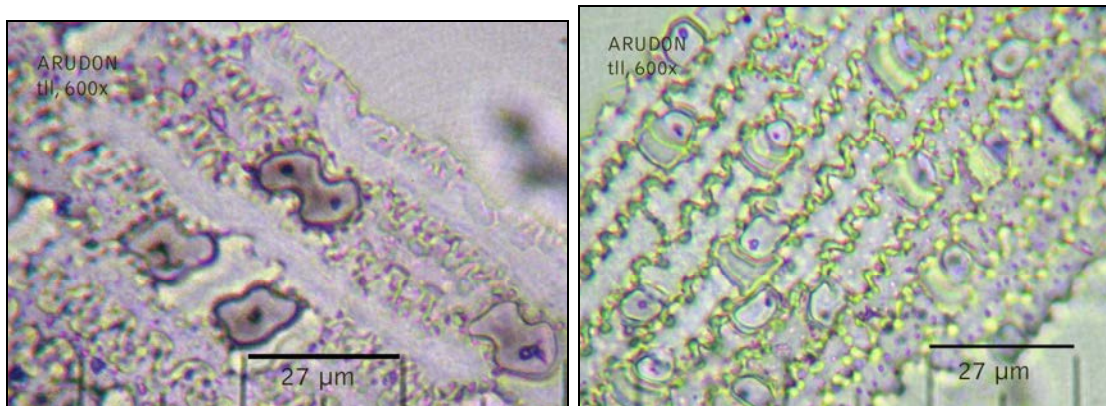


**Figura 90** (Izqda.), Esqueleto silíceo en el grano de *Avena sativa*. **Figura 91**, esqueleto silíceo en el grano de *Panicum milliaceum*. 600 y 400x respectivamente. J.A.

Tal y como se esperaba, la primera lectura obtenida es la vinculación existente entre la presencia-ausencia de esqueletos silíceos en los granos de cereal en función de que estos sean o de “grano vestido”. Efectivamente la existencia de envueltas florales o glumillas no-desprendidas espontáneamente o en la trilla, que en opinión de López Bellido (1991) supone un carácter decisivo en la composición y métodos de utilización del grano, es fundamental para disponer de esqueletos silíceos como los descritos en detalle por Rosen (1992) o Ball *et al.* (1999), ya que es en dichas envueltas florales donde se desarrollan tales tejidos altamente silicificados, aunque también sea importante en su composición la celulosa. Este parámetro podría ser la piedra angular de la derivación arqueológica hacia su estudio, ya que como también apunta López Bellido, los esfuerzos de la selección se dirigen a reducir la importancia de tales envueltas, como ocurre con la cebada cervecera o la avena de consumo humano, siempre orientados hacia conseguir una piel lo más fina en el grano. Es decir lo opuesto a la relativa facilidad que nos aportan los antiguos cereales, que aunque gradualmente fueron sometidos a mejora genética en base a los cruces realizados, dispondrían –con mayor frecuencia– de la integridad de tales envueltas, las mismas para la que ha habido que desarrollar complejas técnicas de separación del resto del grano.

La totalidad de los granos tratados en laboratorio, sin distinguir inicialmente entre vestidos y desnudos, ha generado datos acerca de su contenido en sílice amorfo, tras eliminar en ellos todo el contenido en elementos volátiles y no-biominerales. Los agresivos tratamientos de laboratorio, basados en oxidación térmica y química (Jones & Case, 1990; Albert, 1999; entre otros) efectivamente reducen los granos de cereal a una mínima cantidad de residuo, casi completamente formado por las silicificaciones existentes en los distintos tejidos de los que constan dichos granos. Solamente en los granos vestidos han sido localizados esqueletos silíceos, confirmando que la presencia de las envueltas florales es requisito indispensable para su reconocimiento en contextos (sedimentarios, arqueológicos o edáficos). Por contra el residuo dejado por los cereales desnudos queda reducido no sólo a menor cantidad de residuo final, sino también a una exigua y amorfa cantidad de sílice de la misma naturaleza. En base a estos resultados, los parámetros morfométricos enunciados por Rosen

(1992) parecen solamente aplicables a aquellos cereales con grano vestido, como todas las cebadas analizadas (dos y seis carreras) y únicamente los trigos con esta particularidad, que han sido en concreto los pertenecientes a sólo dos variedades, una de ellas *Triticum aestivum* var. *spelta*, el “trigo espelta”.



**Figura 92** (Izqda.), Esqueleto silíceo con células bilobuladas entre formas alargadas dendriformes, en tejidos de *Arundo donax*. **Figura 93** (Drcha.), Células cortas y largas en la misma especie. Ambas 600x. J.A.

#### Formas alargadas lisas, sección triangular y superficie pulida.

Por el momento este tipo de formas solamente han sido identificadas en el rizoma de *Pteridium aquilinum*, por lo que proponemos que se trata de un morfotipo de diagnóstico para esta especie, con probabilidad de serlo también a nivel de la familia a la que pertenece la misma (*Polypodiaceae*, *Hipolepidaceae*). Se trata en todo caso de una morfología muy abundante en el tejido del rizoma de *Pteridium aquilinum*, lo cual facilita al menos –como ocurre con otras morfologías–, reconocer el tipo de planta, así como la parte de ésta donde se desarrolló, en claro ejemplo de biomineralización silícea. En concreto para el grupo de los helechos (*Pteridofitos*), al que se menciona como productor de tales silicificaciones en sus frondes, no parece existir ninguna cita al respecto del contenido en las mismas en su raíz, en este caso rizomatosa.

El aspecto de tales formas es muy diferente al presentado por otras muy similares, como podrían ser la de tipo alargado y liso (*elongate psilate cell*) descritas para hojas y tallos de gramíneas, ya que su superficie presenta un ausencia total de rugosidades, tomando aspecto de pulimentada, roto únicamente por pequeñas oquedades circulares. En todo caso, la sección de estas formas parece ser siempre triangular, mientras que el eje de simetría de dicho triángulo parece desplazarse siempre hacia uno de los lados del mismo (**Figuras 118-121**).

#### Formas tipo puzzle (*jig-saw puzzle*).

Constituyen un tipo de fitolitos que creemos pueden asociarse al grupo de los esqueletos silíceos, pero en este caso a nivel epidérmico foliar. Se caracterizan por presentar formas muy onduladas que encajan unas y otras a modo de piezas del mencionado juego, del que toman su nombre. Bozarth (1992) las cita como un tipo de fitolito común en las dicotiledóneas y entre

ellas destaca las boragináceas, donde aparecen formas similares a las detectadas en nuestras muestras de referencia. Pero ninguna mención se hace en ese mismo trabajo de Bozarth al grupo de los helechos (*Pteridophyta*), donde hemos localizado las formas más características de este tipo. Efectivamente tanto *Pteridium aquilinum* como *Blechnum spicant* presentan en sus frondes este tipo de silicificaciones (**Figuras 117-119**).

#### **Formas alargadas perforadas y/o facetadas.**

Estas formas pueden localizarse en tejidos foliares, tanto de plantas angiospermas dicotiledóneas como monocotiledóneas, como ocurre en *Palmaceae*. Pero en general son muy comunes en las primeras, de las que representan una de sus principales características, como ser cormofitas vasculares con una anatomía vascular compleja, precisamente por la presencia de tráqueas en el xilema (Gabriel y Galán, 2002).

Entre ellas cabe destacar familias como *Lauraceae*, *Fabaceae* y *Palmae*, que en la mayoría de los casos presentan similar ornamentación del tipo de láminas paralelas, o en forma helicoidal, en sentido opuesto al del eje longitudinal. Pese a tratarse de células altamente silicificadas con un origen común como son los elementos traqueales del xilema vegetal, sus características —especialmente las que atañen a su ornamentación— presentan rasgos muy concretos y de clara diferenciación. Por ello se ha optado por presentarlas por separado, atendiendo tanto a su origen anatómico como a sus rasgos más distintivos. En todo caso se sigue aquí la clasificación propuesta por Juan-Tresserras (1997) para los dos elementos traqueales del xilema que presentan alta silicificación: las traqueidas y los miembros de los vasos.

Este tipo de elementos se desarrollan siempre en los tejidos vasculares, estando están presentes tanto en las gimnospermas como las angiospermas dicotiledóneas, con preferencia en los tejidos foliares. Presentándose una posible capacidad de diferenciación botánica —que aun debe definirse con mayor precisión— que los hace más habituales en unos grupos vegetales que en otros, al menos en lo que concierne al grupo de las traqueidas. Y que en función de las observaciones realizadas, apunta hacia la presencia de traqueidas en plantas arbóreas y los elementos de los vasos también en las arbustivas.

#### **Formas alargadas lisas con distintos planos (facetadas). Traqueidas.**

Elementos imperforados. Se trata de células largas de alta silicificación y tamaño considerable (>100 µm), de morfología variable pero con tendencia a una relación superior entre el eje de simetría longitudinal (A) con respecto al transversal (B). El mejor ejemplo, paralelizable a las descritas por Runge & Runge (1997) para ambientes de selva ecuatorial, e igualmente descritas por Pinilla & Bustillo (1997), podría ser el observado en las silicificaciones del tilo (*Ocotea foetens*), hasta el momento las de mayor entidad taxonómica observada por su alta originalidad morfométrica, que le otorga características de diagnóstico. Se trata en este caso de grandes células silicificadas, de aspecto compacto y morfología variable (**Figura 94**), presentes en los tejidos foliares<sup>50</sup> y que ya han podido ser identificadas en contextos edáficos

<sup>50</sup> En este caso se confirma —en *Ocotea foetens*— las conclusiones de Albert *et al.* (1999, Tesis) al respecto de la producción de fitolitos en las dicotiledóneas, presentes

superficiales ocupados por esta planta (**Figura 95**), en pleno bosque de Anaga<sup>51</sup> (Tenerife). Su origen anatómico estaría asociado a los tejidos vasculares y en concreto a los vasos conductores, pudiendo citárselos como elementos de los vasos y en concreto como traqueidas. Habiendo que diferenciarlas de los elementos perforados (que adoptan formas helicoidales) y que forman parte del tejido conductor de la planta. En este caso las observaciones microscópicas nos han permitido observar estas formas en *Spartocytisus supranubius*.

En todo caso no son —al menos con los resultados de referencia disponibles— morfologías comunes en las plantas analizadas, sino que suponen un grupo aislado y escaso en el repertorio fitolítico de la flora de Canarias, restringidas a escasas especies propias del ambiente de laurisilva y hoy muy limitada a determinados enclaves de la misma, como ocurre con el tilo/til (*Ocotea foetens*). Por ello debe destacarse que se trata de silicificaciones asociadas a una vegetación concreta dentro de las angiospermas dicotiledóneas, que concuerda igualmente con las descritas por Pinilla & Bustillo (1997) en secuencias del Mioceno en la provincia de Madrid, que las autoras asocian con una vegetación propia de un clima más húmedo y cálido que el actual. E igualmente son similares a las morfologías descritas por Runge & Runge (1997) como habituales en suelos de Zaire, a las que describe como formas oblongas con facetas y que asocia con los fitolitos propios de plantas de porte arbóreo, en este caso de suelos de selva tropical.

Tales formas son minoritarias dentro de las biomineralizaciones producidas por esta especie, ya que en ella predominan los oxalatos de calcio. Presentan un eje longitudinal que puede superar las 140  $\mu\text{m}$ , superficie dividida en múltiples planos (facetas, *facetate*, ICPN 1.0) y en comúnmente sin ornamentación, o en todo caso se observan algunos planos con textura rugosa o *pilate*<sup>52</sup>. Siempre se localizan agrupadas entre sí a ambos lados de los vasos conductores, diferenciándose de las que presentan un aspecto de malla perforada a modo de hélice helicoidal. La marcada variabilidad de las traqueidas facetadas no parece resultar obstáculo para permitir un primer reconocimiento básico asociado a especies arbóreas dicotiledóneas de ambiente húmedo. Diferenciándose claramente de morfotipos masivos, como podrían ser algunos de tipo paralelepípedo o buliformes no-cuneiformes o *Arc:Triangle*, que en todo caso serían con los que habría que realizar un estudio comparativo, especialmente encaminado a definir el parámetro de los múltiples planos y tendencia alargada que suelen presentar las traqueidas

---

en las hojas y no en la madera o la corteza de las mismas. Aunque creemos que en este caso, las morfologías —pese a su elevada multiplicidad— presentan características de diagnóstico.

<sup>51</sup> Sin duda se trata de parámetros que podrían ser observados en detalle bajo microscopia electrónica.

<sup>52</sup> En las Figuras 94 y 95 se presentan sólo algunas de las morfologías desarrolladas por *Ocotea foetens*, que adquieren una gran variabilidad dentro del mismo esquema de traqueidas facetadas en múltiples planos, y que por ese motivo retrasó la obtención de la aplicación de un estudio morfométrico sobre un número de ejemplares mínimo que superara la extrema varianza que ofrecía incluso con los obtenidos desde el estudio microscópico de 100 ejemplares. En todo caso, como ya se indica en este apartado, se trata de morfologías que no han sido detectadas —pese a su extrema multiplicidad— en otros grupos vegetales.

facetadas. No obstante, para lograr detectar los parámetros fundamentales de estos morfotipos deben llevarse a cabo estudios estadísticos sobre un elevado número de los mismos, ya que como atestiguan nuestras primeras estimaciones pese a presentar un claro desarrollo en sentido longitudinal frente al transversal, tanto estos como el número de caras (facetas) y su disposición por toda la superficie del fitolito presentan muy alta variabilidad<sup>53</sup>. No obstante, en especies como *Ocotea foetens* el grado de diversidad de este parámetro puede llegar a ofrecer formas que pasan de ser alargadas (*elongate*, ICPN 1.0) a poliédricas, sin predominio del eje longitudinal sobre el trasversal.



**Figura 94** (Izqda.), Traqueidas facetadas (*tracheid long cell phytoliths*) en hojas de *Ocotea foetens*. **Figura 95** (Drcha.), Morfotipo similar localizado en suelos de laurisilva (Las Quebradas, Parque Rural de Anaga) con desarrollo de esta misma especie, a la que muy probablemente pertenece. Ambas 600x.

**Formas alargadas, sección circular y engrosamientos anulares (*cylindric sulcate tracheid*, ICPN 1.0). Miembros de los vasos.**

Se trata siempre de elementos imperforados, matiz que creemos debe establecerse primeramente para diferenciarlos de las morfologías más cercanas –en origen y configuración– como los elementos traqueales del xilema en forma de hélice helicoidal (Juan-Tresserras, 1997). A esta morfología podrían ser similares al morfotipo descrito como rectangular ornamentado tridimensionales por parte de Bowdery (1998).

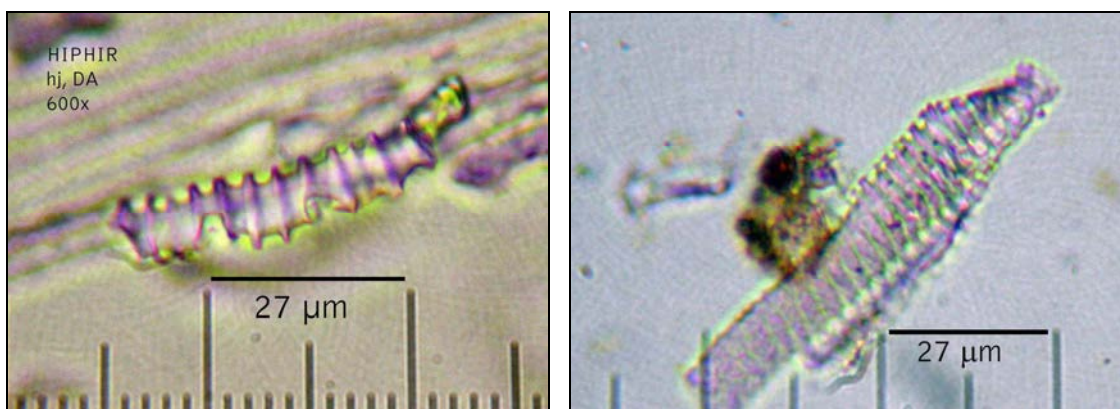
Estas morfologías comparten origen anatómico con el grupo anterior, del que se diferencian notablemente por su sección circular y especialmente por su ornamentación, que en la propuesta ICPN 1.0 (Madella *et al.*, 2005) es definida como *sulcate*, denominándose el morfotipo completo como *Cylindric sulcate tracheid*. La traducción de estos términos al castellano quedaría entonces como traqueidas cilíndricas y de ornamentación de surcos, o como ya definiera Juan-Tresserras (1997) con engrosamientos anulares, quizás términos más acordes con dicha ornamentación. Nuestra impresión, generada

<sup>53</sup> Pueden observarse algunas de estas sustanciales variaciones en las imágenes de dichos morfotipos en las fichas correspondientes a las plantas analizadas como referencia, en este caso la que recoge los datos de *Ocotea foetens*, pero que no fue posible incluir en esta tesis y de los cuales se muestra su aspecto más común en las **Figuras 94 y 95**.

al amparo de las observaciones realizadas sobre este morfotipo, presente en leguminosas como *Adenocarpus viscosus* y dicotiledóneas leñosas como *Laurus novocanariensis* —con manifiestas diferencias morfométricas— es que se trata de morfologías alargadas, nunca lisas y siempre con ornamentación de salientes y huecos paralelos, que cubren la totalidad de su superficie en sentido transversal al eje longitudinal (**Figuras 96 y 97**). Por todo ello parece más aconsejable valorar el hecho de que su ornamentación supone un rasgo distintivo para reconocerlas.

Pese a que conocemos que estas formas no presentan características de diagnóstico de grupo vegetal ni familia (Piperno, 2006), puede plantearse que existen algunas diferencias, pese a que éstas sean mínimas. Sirva como ejemplo las detectadas entre la misma tipología desarrollada por una gramínea como *Hiparrhenia hirta* (**Figura 96**) y la presente, también en los tejidos foliares, de una laurácea como *Laurus novocanariensis* (**Figura 97**). Mientras que en la primera se detectan unos engrosamientos anulares muy discontinuos, dejando claros espacios interiores, en la segunda tipología estos se encuentran mucho menos desarrollados variando igualmente su ornamentación.

Igualmente cabe señalar la existencia de este tipo de silicificaciones en los tejidos de leguminosas como *Spartocytisus supranubius*, al menos en sus partes leñosas, incluyendo la raíz. Aspecto que confirma lo ya planteado por Piperno (2006) sobre la amplia distribución de este tipo de fitolitos, que en base a su única representación en registros arqueológicos o edáficos no permite una filiación botánica precisa para los mismos.



**Figura 96** (Izqda.), Traqueida con engrosamientos anulares en hojas de *Hiparrhenia hirta*. **Figura 97** (Drcha.), el mismo tipo de fitolito —pero con apreciables diferencias— en hojas de *Laurus novocanariensis*. Ambas 600x.

Confirmando tal ejemplo de rotunda redundancia, debo citar el caso de las palmáceas, cuyos tejidos foliares (en espera de analizar otros tejidos aéreos) presentan igualmente este tipo de morfologías y que como ocurre con los ejemplos anteriormente citados, manifiestan algunas diferencias, especialmente en la disposición y características de los resaltes anulares que recorren la superficie en sentido transversal al eje longitudinal. Aunque la presencia de esta morfología en las palmáceas sea absolutamente minoritaria con respecto a la de tipo *globular equinado*, es claramente perceptible en

palmeras como *Phoenix canariensis* y *Bismarckia nobilis*, mostrándose como morfologías de gran tamaño —con respecto a los anteriores— y del mismo modo inversamente proporcionales en concentraciones.

#### **Formas alargadas, perforadas y estructuración helicoidal.**

Elementos perforados, no masivos. Se diferencian de los dos tipos anteriores en que se estructuran de forma helicoidal, formando una trama silicificada de bandas unidas y continuas, y especialmente porque al contrario de los anteriores éstos sí presentan huecos y perforaciones. Estas morfologías también pueden clasificarse dentro de los elementos del xilema, siendo un buen ejemplo de su presencia, junto con las que no presentan perforaciones, en leguminosas como *Spartocytisus supranubius*.

#### **Formas propias de células cortas *Poaceae*.**

Aisladas de los esqueletos silíceos que las contienen en origen, se trata de un tipo de silicificación que produce fitolitos resistentes y por ello muy frecuentes en registros arqueobotánicos (Juan-Tresserras, 1997). Su desarrollo y diversidad en las principales subfamilias de la familia *Poaceae* les convierte además en uno de los mecanismos de identificación más eficaces con las mismas a ambos niveles de clasificación taxonómica. Twiss, Suess & Smith (1969) ofrecieron la primera propuesta de clasificación de células cortas de la familia *Poaceae*, pertenecientes a las tres subfamilias más relevantes a nivel de producción de fitolitos de diagnóstico.

Posteriormente Twiss (1992) empleará los resultados de aquella propuesta para su aplicación en aspectos ambientales, aportando la posibilidad de diferenciar entre gramíneas C3 y C4 y sus respectivos grupos de fitolitos, planteando la posibilidad de llegar a estimar el *índice de aridez* de un determinado periodo, en función del ratio de fitolitos de formas cortas regulares de las subfamilias *Pooideae*, *Panicoideae* y *Chloridoideae*. De tal forma que dicho ratio podría funcionar como índice climático para la interpretación del paleoclima de una región. Aspecto que fuera empleado por Diester-Haass *et al.* (1973) para evaluar los cambios paleoambientales existentes entre el Pleistoceno y Holoceno desde sondeos oceánicos, con el estudio de asociaciones de fitolitos (en conjunción con los de microalgas y terrígenos eólicos) y la estimación del mencionado índice de aridez.

Del mismo modo, Twiss (1992) empleará el estudio de Tomanek & Hulett (1970) para afirmar otra posibilidad importante en el estudio de células cortas de gramíneas, y es que éstas plantas pueden cambiar —a nivel de especies— en cantidad y relativa abundancia en el transcurso de pocos años. Hecho que obliga a considerar la idea de llevar a cabo análisis muy exhaustivo (de alta definición estratigráfica) en todo aquel contexto donde se quieran localizar este tipo de células, ya que su presencia sigue siendo —sin desestimar el resto del registro de fitolitos— una oportunidad para comenzar a conocer una parte de la flora tan compleja y bien conocida, en tiempo y espacio, como la formada por gramíneas.

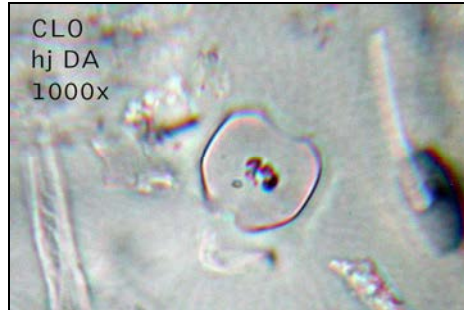
Tal y como nos propusieron, en su trabajo clásico, Twiss *et al.* (1969), la variedad de formas presentes en la familia, subfamilia y tribus botánicas de las gramíneas, no guarda similitud con ninguna otra del reino vegetal. Y esta diversidad es especialmente importante en las formas que englobamos bajo la denominación de *celulas cortas*. En realidad se trata de un criterio un tanto



ajustado pero idóneo, especialmente en su distinción con las formas alargadas (*elongate*, ICPN 1.0), que nunca presentan las morfologías propias de éstas últimas. De tal modo que los rangos métricos de dichas *células cortas* pero sobre todo sus características formas —siguiendo especialmente a P. Twiss (1992) que retoma sus postulados de 1969 compartidos entonces con Suess y Smith—, no suelen superar las 20  $\mu\text{m}$ .

### Formas tipo *saddle*

Esta denominación, que hace referencia expresa a la forma más característica de la subfamilia *Chloridoideae*, cuya traducción consensuada, es la de “silla de montar”, es contemplada en el Código ICPN 1.0 como *nomina conservanda*, obviamente por sus incuestionables peculiaridades morfológicas, que ya fueran descritas —según P. Twiss (2002)— por Brown (1984) y citadas igualmente por Mullholland & Rapp en 1989. Mientras que los primeros en asumir que eran distintivas del tipo chloridoide serán los propios Twiss, Suess & Smith (1969). Igualmente, Fredlund & Tieszen (1994) mantienen esta denominación en su estudio sobre células cortas, en su caso con las asociaciones de fitolitos de las praderas norteamericanas. Estos últimos autores describen únicamente dos tipos, que se diferencian especialmente en la prolongación (longitud) de su eje más largo. Igualmente Rapp & Mullholland (1992) lo hacen pero introduciendo el matiz de considerar en la descripción la perspectiva tomada para ello, ya que ésta varía sustancialmente cuando se hace en vista de perfil (**Figura 98**) de cuando se hace en vista polar (**Figura 99**), siendo por lo general ambas suficientemente esclarecedoras para diferenciarlas de los fitolitos de otras subfamilias *Poaceae*.



**Figura 98** (Izqda.), Fitolito de célula corta tipo *saddle* en hojas de *Chloris gayana* (vista de perfil). **Figura 99** (Drecha.), Fitolito del mismo tipo, de la misma especie, en vista polar, quizá donde mejor pueden apreciarse los dos bordes cóncavos. Ambas: 1000x. J.A.

Pero en líneas generales, el morfotipo que responde a esta denominación, se caracteriza por su delgada zona central (en vista de perfil), que divide y une dos extremos, más anchos, que presentan formas por lo general redondeadas (vista polar), también de mayor prolongación que la zona central, como bien ilustra la imagen de la células cortas, de este tipo, existentes en las hojas de taxones del género como *Chloris gayana* (**Figuras 98-99**) y que, por su generalización, son características de la subfamilia *Chloridoideae*. En la propuesta de clasificación llevada a cabo por Rapp & Mullholland (1992) se mencionan hasta tres posibles versiones de la morfología

saddle, que en el caso más típico —en vista polar— sería la de un cuerpo de tendencia rectangular con una zona central más estrecha que los dos extremos, que adquieren forma cóncava.

Esta morfología únicamente podría guardar cierta similitud con algunas de las de tipo bilobulado (*bilobate short cell*), características de la subfamilia *Panicoideae*, pero de la que se diferencia en tener menos desarrollados los dos lóbulos, en los que se divide ésta, hecho que se observa también en vista polar, así como en el mayor grosor —en el tipo *saddle*—, con respecto a dicho tipo bilobulado. Igualmente la zona central, en varias versiones de las células cortas bilobuladas, adquiere por lo general mayor desarrollo en longitud, así como una tendencia más recta y mayor estrechez del vástago que permite diferenciarlas del tipo *saddle*.

La importancia de reconocer fitolitos del tipo *saddle*, radica en que evidencian la presencia de gramíneas más tolerantes a las altas temperaturas y aridez que el resto de las especies de la familia *Poaceae* (Twiss, 1992). Estos parámetros son precisamente los que nos llevaron a analizar una *chloridoideae* como *Chloris gayana*, proveniente de los fondos del Herbario de Referencia (ORT) y que había sido recolectada en la costa de Martiánez (Puerto de La Cruz, Tenerife).

#### **Formas bilobuladas o de tipo *panicoide*.**

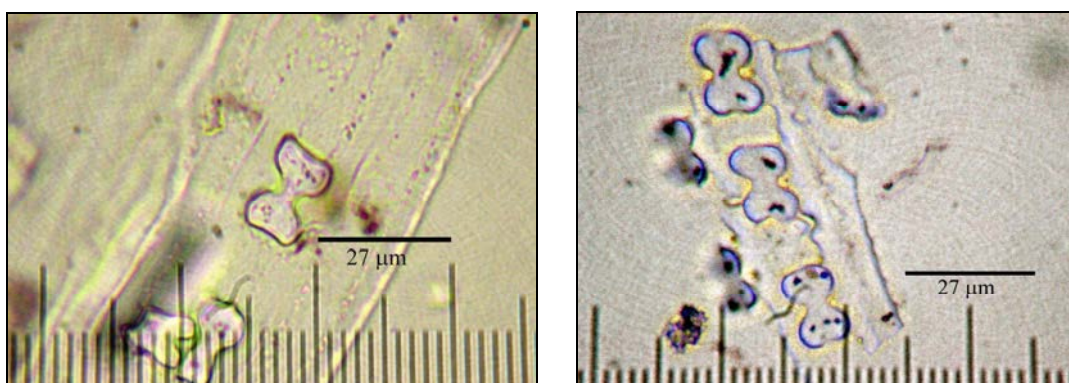
Se trata de formas originales —que varían tanto en morfología, ornamentación y tamaño entre especies—, dentro de un esquema de dos lóbulos unidos por una zona central más estrecha. Su presencia es cierta en todas las especies de la subfamilia *Panicoideae* y por tanto funcionan, como ocurre con el resto de subfamilias estudiadas por Twiss, Suess & Smith (1969), como formas de diagnóstico. Se trata en todo caso de un singular tipo de fitolito de célula corta característico no sólo de *Panicoideae*, sino desarrollado también por especies pertenecientes a las subfamilias *Arundinoideae*, como en el caso de la caña (*Arundo donax*), la “caña de azúcar” (*Saccharum officinarum*) o el millo/maíz (*Zea mays*). No obstante, como se sabe, el término con el que se designa la subfamilia en cuestión deriva de *Panicum* sp. (mijos), género donde son abundantes este tipo de células y que por ello determinó que se las mencionara como *panicoides*. Anteriormente estas formas se denominaron también *dumbells* (mancuernas).

La diversidad morfológica de los fitolitos de esta clase fue estimada por Twiss *et al.* (1969) en 11 tipos, mientras que Gallego & Distel (2004) la amplían a 16, en el caso de las gramíneas por ellos estudiadas y pertenecientes a la flora nativa del centro de Argentina. Hasta el momento en Canarias, en la selección de gramíneas de esta subfamilia estudiada, puede mantenerse este último nivel de diversidad, al menos si se suman las morfologías bilobuladas detectadas en las plantas patrones y las identificadas en contextos arqueológicos. Aunque en este último caso existan algunas que no puedan clasificarse aun dentro de los géneros analizados como referencia.

Las características básicas de estas células pueden encabezarse por su origen anatómico, situado en la lámina foliar por debajo de la zona intercostal y de las zonas donde se encuentran otras células, como las largas (*elongate cells*), estomáticas y epidérmicas, tal y como refleja Metcalfe (1960) y retoman Twiss *et al.* (1969) para el caso de *Zea mays*.

Sin duda se trata de una de las morfologías de células cortas *Poaceae* más originales y de fácil detección, aunque presenten, tal y como se menciona en varios trabajos al respecto (Gallego & Distel, 2004; entre otros) cierto grado de complejidad derivado de las variaciones morfométricas existentes en los márgenes y extremos de los dos lóbulos que conforman el morfotipo, así como en la zona que une ambos (vástago). En el caso reflejado en las Figuras 100 y 101, ambos tipos mostrarían suficientes diferencias como para permitir establecer criterios de diagnóstico. Mientras que las células bilobuladas de *Imperata cylindrica* (Figura 100) presentan márgenes rectos o ligeramente cóncavos en ambos lóbulos y un vástago central con poco engrosamiento, en *Arundo donax* (Figura 101) dicho vástago adquiere mayor grosor y al menos uno de los lóbulos presenta márgenes convexos. De este modo, y como hemos podido comprobar en las especies analizadas como referencia, se aprecia en algunas de ellas variaciones suficientes como para desplegar un estudio pormenorizado tendente a discriminar al menos a nivel de géneros botánicos.

Los fitolitos pertenecientes a la subfamilia *Panicoideae* y en concreto los de tipo bilobulado hacen referencia un tipo de gramíneas adaptadas a climas tropicales y subtropicales, no comunes por tanto en latitudes superiores a los 40°. Aunque unas pocas especies están adaptadas a regiones áridas, su mayor diversidad y concentración siempre se haya en regiones de clima caluroso y húmedo (Twiss, 1992).



**Figura 100 y 101**, Formas bilobuladas o panicoides en *Imperata cylindrica* (Izqda.) y *Arundo donax* respectivamente (Drcha.). Ambas: 600x. J.A.

#### Formas incluidas en la subfamilia *Pooideae*.

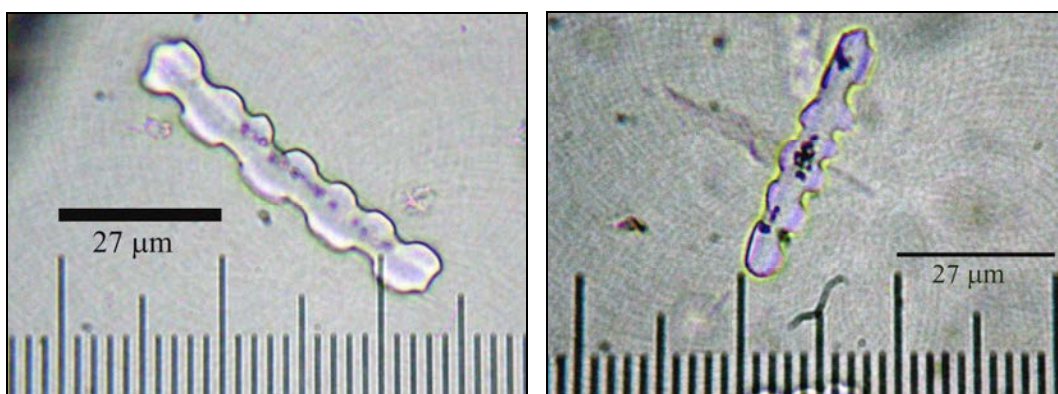
Se trata, dentro de las formas de fitolitos propias de las subfamilias agrupadas en la familia *Poaceae*, de la más diversa, ya que como cita Twiss (1992), reúne tanto formas circulares, como rectangulares y elípticas, Brown (1984), y además trapezoidales y en forma de rodela (*rondel*) como señalan Mullholland & Rapp (1989). Igualmente Piperno (2006) hace referencia a esta diversidad, que engloba tanto células largas (trapezoidales, rectangulares, etc.) como cortas (elípticas, circulares), y que atendiendo a la filiación genética realizada por los investigadores pertenecientes al GPWG<sup>54</sup> sobre un total de 66 géneros *Poaceae*, estima que 16 de ellos pertenecen a esta subfamilia, la más numerosa del total estudiado. Se trata por el momento de

<sup>54</sup> Grupo de trabajo para el estudio filogenético de las herbáceas, 2001.

una de las subfamilias botánicas más antiguas, habiéndose localizado sus morfologías en contextos sedimentarios del Eoceno final y comienzos del Oligoceno (35-17 Ma), en las grandes praderas de Norteamérica (Strömberg, 2002, 2003, 2004).

### Formas alargadas trapezoidales onduladas

Dentro de las morfologías más comunes pueden citarse las de tipo alargado, sección trapezoidal y márgenes laterales sinuosos o polilobulados, como las presentes en *Agrostis* sp. y *Glyceria declinata*. En este caso se trata de fitolitos de gran tamaño, que pueden superar las 50  $\mu\text{m}$ , y que en la clasificación realizada por Fredlund & Tieszen (1994) son denominadas *crenate*, siendo el tipo morfológico identificado, en los registros contenidos en sedimentos de las praderas norteamericanas, pertenecientes también a géneros como *Koeleria* sp. y *Hordeum* sp.. Según Brown (1984, citado por Piperno, 2006) las formas largas trapezoidales sinuosas (*long wavy trapezoids*) son exclusivas de gramíneas *Pooideae*, y por tanto pueden ser usadas para identificar esta subfamilia (Figuras 102-103).



**Figura 102** (Izqda.), Célula larga trapezoidal sinuosa en hojas de *Agrostis* sp.. **Figura 103** (Drcha.), la misma morfología en hojas de *Glyceria declinata*. Ambas: 600x.

### Células cortas *Pooideae*.

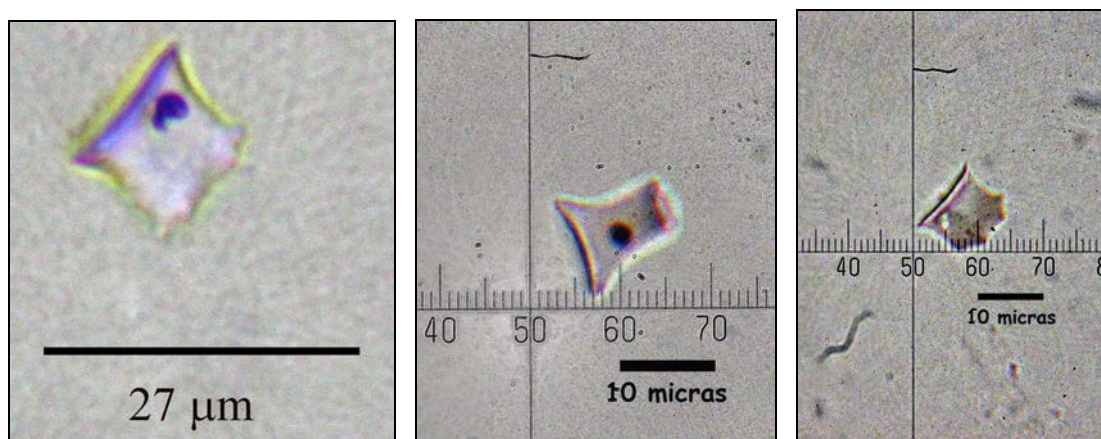
Dentro de las células cortas son varias las morfologías que deben ser destacadas, ya que presentan rasgos distintivos, propios de la subfamilia *Pooideae*. Su descripción morfológica atiende primeramente a los ocho grupos descritos por Twiss, Suess & Smith (1969) y posteriormente ratificada (veinte años después) por Twiss (1992). Se trata de ocho grupos bien diferenciados que Gallego & Distel (2004) reducen a siete pero tomando en consideración numerosas variantes, especialmente abundantes en la forma denominada “crescente lunar” (*crescent moon*), de los que llegan a proponer hasta nueve tipos. Igualmente numerosas serían las forma “tipo sombrero” (*hat*) con hasta siete variaciones. Desde una perspectiva puramente morfológica, encaminada a la identificación de este tipo al microscopio óptico, cabe destacarse que estas serían de las células fitolíticas que mayor dificultad presentan para llevarla a cabo. Dicha dificultad viene dada primeramente por su tamaño, situado algo por debajo de las 10  $\mu\text{m}$  en las pequeñas células de tipos biconvexo y rectangular y con un máximo aproximado de 17-18  $\mu\text{m}$  en las de

tipo “creciente lunar”. Y luego por su multiplicidad, que en algunos casos se torna en redundancia con fitolitos de otros grupos vegetales.

Por el momento las células de este tipo detectadas en gramíneas presentes en la flora actual de las Islas Canarias, que pueden destacarse son las presentes en especies como *Arrhenatherum calderae*, entre otras.

A diferencia de las subfamilias *Panicoideae* y *Chloridoideae*, los fitolitos propios de *Pooideae* no presentan morfologías bilobuladas, y en pocos casos las comunes en *Chloridoideae* como las de tipo *saddle*. Hecho que facilita su identificación como una subfamilia de gramíneas propias de latitudes altas y altitudes propias de alta montaña, de regiones templadas (Twiss, 1992).

Las denominadas células cortas cónicas suponen uno de los cuerpos silíceos más comunes dentro de los de células cortas, que en realidad adquieren la forma de cono truncado y hacen referencia expresa a determinadas zonas de acumulación en tejidos de gramíneas (**Figuras 104-105-106**). Conviene diferenciar el significado y manifiestas diferencias existentes en las morfologías que la bibliografía cita como “forma de cono” (*cone shaped*), ya que no todas responden al mismo origen anatómico, elemento clave para conocerlas y poderlas clasificar a nivel de grupo botánico y taxonómico. Las que describimos aquí hacen referencia a las morfologías cónicas truncadas y de células cortas, masivas y con base más o menos ovalada así como sección delgada, que solamente es visible en vista de perfil. Estas morfologías tienen una única y básica adscripción geométrica, que es la descrita por Mullholland & Rapp (1992:73) como un cilindro que adquiere forma de cono de base arqueada y terminación superior truncada. Aquí se observan —en las muestras de referencia— diferencias que parecen definir dos tipos, al menos en la especie *Hordeum vulgare*, a la cual podemos tomar como ejemplo, pero redundantes luego a nivel de las variedades de seis carreras (*H.v.* var. *hexastichum*) y dos carreras (*H.v.* var. *distichon*)



**Figura 104** (Izqda.), Célula cónica en la inflorescencia de *Hordeum vulgare* var. *hexastichum*. **Figura 105** (centro) y **Figura 106** (Drcha.), células similares en *H. vulgare* var. *distichon*. 600x y 1000x respectivamente.

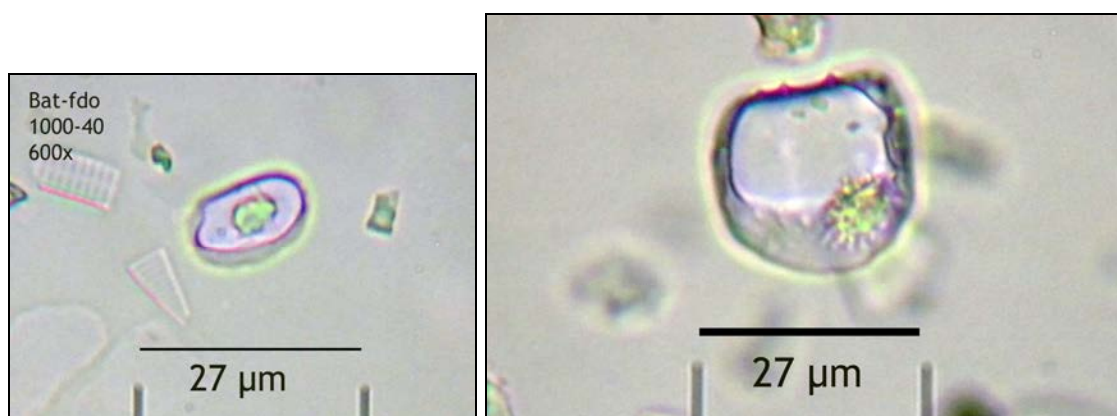
En esta morfología concreta pueden describirse al menos tres tipos, dos de ellos clasificables dentro de la especie *Hordeum vulgare* y otro quizá al género *Triticum* sp. en sus variedades de grano vestido. En todo caso el

esquema de sus ejes de simetría puede establecerse en tres, siendo el eje A el que presenta una zona arqueada, el eje de simetría B que definiría dos lados paralelos entre si y el eje C que configuraría la parte superior del morfotipo. Por el momento las mayores diferencias se observan en las dimensiones del eje B (**Figuras 105-106**) así como en las del eje A, de tal modo que parecen configurarse varios morfotipos.

Sin embargo, la diversificación que alcanzan las células cortas *Pooideae* es muy mucho más amplia, pudiendo acercarse a la decena de formas, tal y como describirán en su momento Twiss, Suess & Smith (1969), posteriormente confirmará Twiss (1992) y más recientemente harán, en su estudio sobre los conjuntos de fitolitos de gramíneas nativas del centro de Argentina, Gallego & Distel (2004), entre otros.

Dada su directa relación con nuestro trabajo, ejemplificamos aquí como en los apartados correspondientes<sup>55</sup> la localización de células como las descritas por estos autores en contextos acuáticos de alta montaña (Batisielles, Vallde de Benasque) y yacimientos arqueológicos correspondientes al Paleolítico Inferior de la Península Ibérica (Soria), con una antigüedad de unos 300.000 años.

Las formas detectadas en ambos lugares respondían en un caso a la descrita como elíptica (*elliptical*) en el primer caso y redondeada (*round*) en el segundo, atendiendo a las formas aisladas que Gallego & Distel (2004) describen para algunas especies del género *Poa*. Obviamente se trata de una experiencia directamente otorgada por la práctica limnológica, al analizar sedimentos acuáticos (**Figura 107**) y otros de tipo arqueológico tan antiguos como los de Ambrona (**Figura 108**). La detección en ellos de células cortas *Pooideae* nos hace comprender que se trata de una subespecie y unos fitolitos que perfectamente pueden emplearse para definir unas condiciones ambientales que, en la actualidad, serían de ambiente húmedo y frío, propio de zonas templadas.



**Figura 107** (Izqda.), Célula corta de forma elíptica localizada en sedimento acuático del arroyo de Batisielles (Benasque). **Figura 108** (Dcha.), Célula corta redondeada proveniente de la fracción limo del yacimiento achelense de Ambrona. Ambas 600x.

<sup>55</sup> Ver Resultados, Suelos de zonas húmedas continentales y Sedimentos arqueológicos continentales.

### Otras formas comunes en taxones *Poaceae*.

En esta categoría se agrupan una serie de morfotipos que pueden estar presentes en tallos, hojas e inflorescencias de gramíneas, este es el caso de los apéndices epidérmicos, las formas rectangulares y alargadas, lisas o con salientes también, también los denominados *tricomas* o pelos. Aunque sus ejes de simetría pueden variar, al igual que sus dimensiones, en líneas generales el esquema morfológico se restringe a pocas tipologías pero de muy diferentes dimensiones y variaciones dentro de un mismo esquema de simetría.

### Células buliformes cuneiformes o *Arc:Triangle*.

Las células buliformes (*bulliform cells*), con o sin esquema cuneiforme (*cuneiform*, ICPN 1.0), fueron descritas en detalle por Bowdery (1998) como *Arc:Triangle* (A:T), como las formas masivas más importantes de un grupo de gramíneas caracterizadas por requisitos medioambientales concretos, asociados a condiciones de humedad bastante altas (Rovner, 1988). Pese a que Juan-Tresserras (1997) afirma que su estudio no permitiría asignarlas a un taxón determinado, los trabajos experimentales llevados a cabo desde 2002 en Canarias, confirman lo ya planteado por Fujiwara (1993) sobre la posibilidad de discriminar especies a partir de ciertos rasgos distintivos. En base a ello y a lo que posteriormente confirmarán Houyuan *et al.* (1997) y Bowdery (1998) hemos podido constatar que podrían ayudar a discriminar entre un reducido –pero interesante– conjunto de gramíneas de especiales características taxonómicas y ambientales.

Algunos de los taxones que los desarrollan han podido ser localizados y estudiados en Canarias, como *Phragmites australis*, *Arundo donax*, *Imperata cylindrica*, *Chloris gayana* y *Cynodon dactylon* (entre otros). Los resultados de ese estudio han motivado muestreos sistemáticos de algunas otras especies, no presentes en las Islas, como *Pdseudosa* sp. y *Arundinaceae* sp., que igualmente producen este tipo de grandes fitolitos. Así como la ampliación del estudio con taxones de *P. australis* desarrollados en otros contextos biogeográficos, tras pasar a considerar a esta especie como auténtico paradigma arqueobotánico.

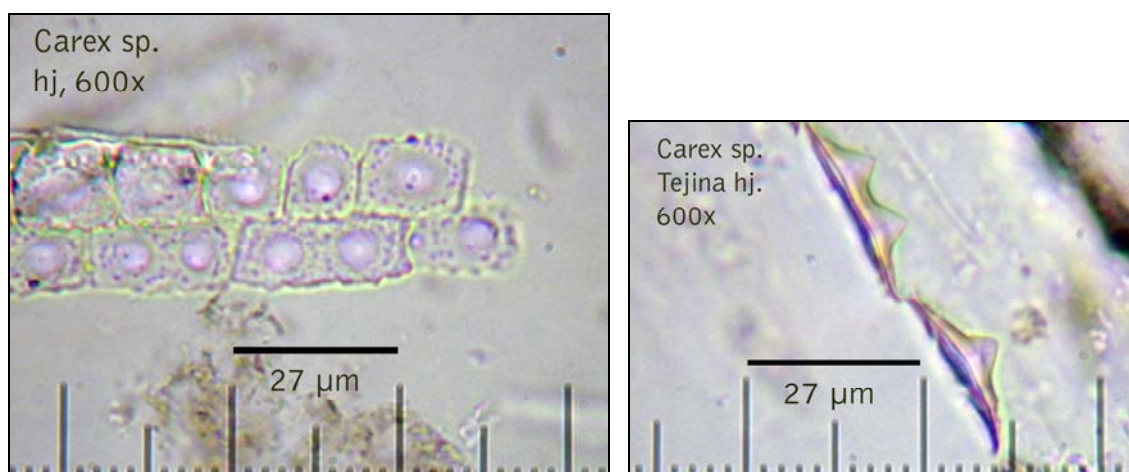
Siguiendo los parámetros descritos en los trabajos mencionados más arriba, se optó por simplificar éstos con vistas a comprobar si únicamente los ejes de simetría contemplados por Bowdery (1998) podrían permitirnos discriminar entre células similares pertenecientes a diferentes especies. Este trabajo igualmente retomaba el estudio realizado por Houyuan *et al.* (1997), al respecto de poder diferenciar entre dos especies tan emblemáticas como *Arundo donax* y *Phragmites australis*, y que igualmente habría tenido cabida en el trabajo de Ollendorf (1987) sobre fitolitos en contextos prehistóricos de Oriente Medio. El estudio basado en una compleja labor de muestreos de campo –por muy diversas áreas biogeográficas–, analíticas de laboratorio y tratamiento estadístico básico de los datos obtenidos mediante observación microscópica, hacen posible afirmar que efectivamente existe la posibilidad de reconocer la presencia de especies con producción de buliformes cuneiformes/*buliforms* A:T reconociendo únicamente las células con tales características. Aunque exista aun un camino investigador por recorrer, a tenor de los datos obtenidos a nivel experimental y de contextos arqueológicos, podría permitirnos detectar especies con producción en las

mismas sin esperar a lograr su detección por otros tipos de células aisladas, o por secciones enteras de sus tejidos (esqueletos silíceos).

Dada la importancia que se le ha otorgado a las células buliformes cuneiformes, en virtud de sus especiales características morfométricas, de diagnóstico botánico y en asociación con aspectos paleoambientales y arqueobotánicos, se ha ejemplificado el estudio concreto de este tipo de fitolitos con el análisis de sedimentos llevados a cabo en extensión sobre el yacimiento de El Llanillo (Arguineguin, Gran Canaria) y que puede ser seguido en el Capítulo de Resultados 5-III.

### Familia *Cyperaceae*

Los morfotipos más característicos, con propiedades de diagnóstico a nivel de familia, son los pequeños apéndices epidérmicos desarrollados por las ciperáceas y que Ollendorf (1992) denomina como *sedges cones* o “conos de juncias/juncos”. Desde la propuesta ICPN 1.0 (Madella *et al.*, 2005) podrían denominarse éstos como células epidérmicas planas, con protuberancias centrales que pueden ser equinadas (*Echinata*, ICPN 1.0) o romas (*collumellate*, ICPN 1.0) individuales o en parejas. En vista polar dichas células pueden presentar bien un perímetro pentagonal, circular (en el caso aislado) o rectangular (morfotipo con dos salientes), con o sin salientes ondulados. Según Andrejko & Cohen (1984), como también retoma Ollendorf (1992), tanto la superficie de las prolongaciones equinadas o romas como sus bases de apoyo pueden presentar ornamentación aislada, bajo la forma de lo que denominan “satélites”.



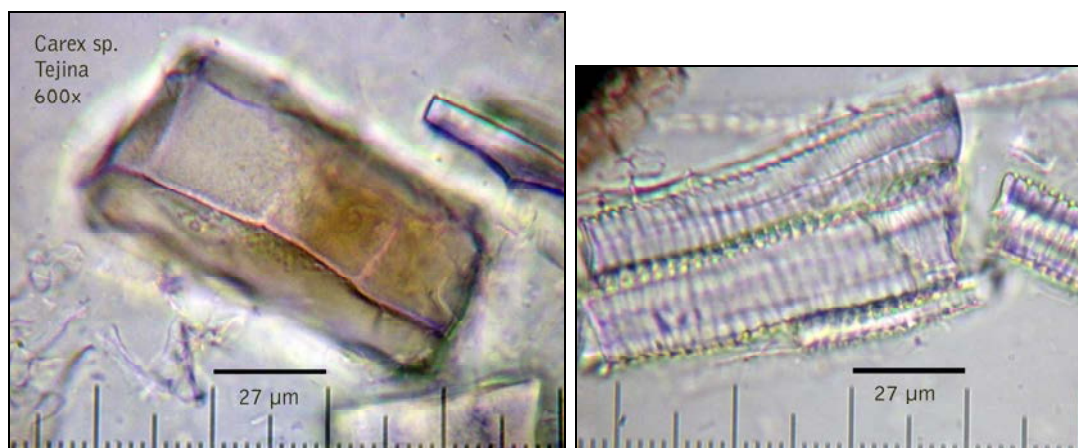
**Figura 109** (Izqda.), Conos con apéndices simples y dobles en *Carex* sp. (posibl. *paniculata* spp. *calderae*). En vista polar, **Figura 110** (Drcha.), Morfotipo similar en *Carex* sp. (posibl. *tumidicarpa*) en vista de perfil. Ambas 600x. J.A.

Los taxones analizados de ciperáceas, como referencia en esta Tesis, corresponden a dos especies de varias zonas de Tenerife, ambas pertenecientes al género *Carex* pero de muy diferente localización biogeográfica. Pese a ello, sus fitolitos presentan varias morfologías similares a las descritas por los autores señalados (**Figuras 109-110**). Aunque el morfotipo de conos de base circular y apéndice apuntado es el que comparten dichos taxones, cabe destacar las diferencias existentes entre las especies *C.*



*paniculata* spp. *calderae* y *C. tumidicarpa*, ambas de pisos bioclimáticos muy dispares, representadas por la alta silicificación de la segunda con respecto a la primera, especialmente en cuanto a las grandes formas facetadas y elementos traqueales del xilema presentes en *C. tumidicarpa* (Figuras 111 y 112).

Mientras que las plaquetas y conos aislados alcanzan difícilmente las 30  $\mu\text{m}$  en su eje longitudinal máximo (Figuras 109-110), se observan una serie de silicificaciones de mayor tamaño, que corresponden con grandes células en forma de bloque, tendencia rectangular y profusamente facetadas (*blocky and facetate phytolith*, ICPN 1.0) que pueden alcanzar las 100  $\mu\text{m}$ . Igualmente los elementos vasculares del xilema detectados rondan esa misma longitud y probablemente la superan (Figuras 111-112).



**Figuras 111**, Fitolito en bloque rectangular con múltiples planos o facetas. **Figuras 112**, Fitolito de elemento traqueal del xilema o traqueida, con sus característicos engrosamientos anulares. Ambas en *Carex tumidicarpa* y 600x.

Este tipo de células únicamente confirma que estamos ante silicificaciones propias de plantas vasculares<sup>56</sup> y que se alojan de forma diferente en función del transporte realizado por el floema y xilema respectivamente. Mientras que las formas propias de apéndices epidérmicos, tanto las que conforman pequeños conos con apéndices centrales más o menos apuntados como las de base oval hacen referencia a la silicificación externa de la planta, en este caso de las ciperáceas, mientras que los elementos traqueales y elementos de los vasos derivan del depósito interno. En este sentido los fitolitos observados en las ciperáceas no hacen sino corroborar su cercanía a la familia de las

<sup>56</sup> En el caso concreto de los fitolitos de células largas con engrosamientos anulares se trata de una morfología que difícilmente puede funcionar como de diagnóstico de un grupo vegetal concreto, ya que se desarrollan en todas aquellas plantas monocotiledóneas y dicotiledóneas donde el mecanismo de síntesis y acumulación de  $\text{SiO}_2$  es patente. Como ya citamos en otros apartados de esta tesis, una buena muestra de ello es el paralelismo entre los fitolitos de este tipo producidos por la palmera canaria (*Phoenix canariensis*) y los que se encuentran en plantas dicotiledóneas, o incluso una de porte tan desigual a aquella como es el que presenta una ciperácea.

gramíneas (*Poaceae*), presentando no sólo alta silicificación externa sino también interna.

### Familia *Palmae*

#### Células esféricas/globulares con ornamentación de picos (*spheric/globular echinate short cell*).

Son formas características de todas las especies de palmeras analizadas, como ya se confirmara por parte de Miller (1992) y Scott-Cummings (1992). Las primeras ilustraciones parecen ser las de Kondo (1977) aunque Frison (1948) ya los empleara para diferenciar –por presencia o ausencia– entre *Palmyra* y la “palmera de *Talipot*”. Igualmente ocurre con *Phoenix canariensis* (Afonso, 2004), aunque guarda diferencias muy someras con respecto al mismo morfotipo desarrollado por la “palmera datilera” (*P. dactylifera*), y otras especies de palmeras, como la “palmera Doum” (*Hyphaene tebayca* L.) y la “palmera de Creta” (*Phoenix theophrasti*), que también presentan, como ocurre con *P. canariensis*, una forma similar en todos sus tejidos aéreos. Pese a que los estudios microscópicos realizados detectan ciertas diferencias, que aun deben concretarse a nivel morfométrico y estadístico, los parámetros de tamaño y densidad de ornamentación parecen ser los que permitirán en el futuro aplicar un análisis discriminante por especies.

Se trata siempre de formas globulares, esféricas a subesféricas, cuya principal elemento destacado es su ornamentación, formada por pequeños salientes en forma de pico, por lo general de escaso desarrollo y base circular. Al menos en *P. canariensis*, estos salientes no cubren totalmente la superficie del morfotipo (**Figura 113**). Pero, como se ha mencionado, no se trata de una forma exclusiva de las palmeras de los géneros citados, sino también de otras que como el “palmito” (*Chamaerops humilis*) no presentan porte arbóreo, pero que se constituye, junto con *Phoenix theophrasti*, la única palmácea nativa de Europa<sup>57</sup>. En ella, aunque también se localizan morfotipos similares, se ha podido localizar diferencias morfométricas (forma de las terminaciones de los picos) empleando microscopía electrónica por parte Pinilla & Bustillo (1997).

En todo caso estas morfologías se clasificarían dentro de la *Clase Esferoidal* propuesta por Hart *et al.* (2003), y de la que estos autores distinguen dos tipos de fitolitos con ornamentación de picos o equinada<sup>58</sup> (*echinate*) atendiendo a la morfología de ambos, ya que uno de ellos presenta una tendencia menos esférica y simétrica, a la que denominan globular (*globoid*). Efectivamente en los trabajos experimentales y analíticos hemos localizado ambos en una misma muestra de suelos procedentes de zonas con desarrollo de palmeras, pero con mayoría de la especie *Phoenix canariensis* y en todo caso ejemplares hibridados con *P. dactylifera*.

Debe mencionarse igualmente la limitada multiplicidad detectada acerca de este morfotipo, donde únicamente cabe señalar una variación con respecto

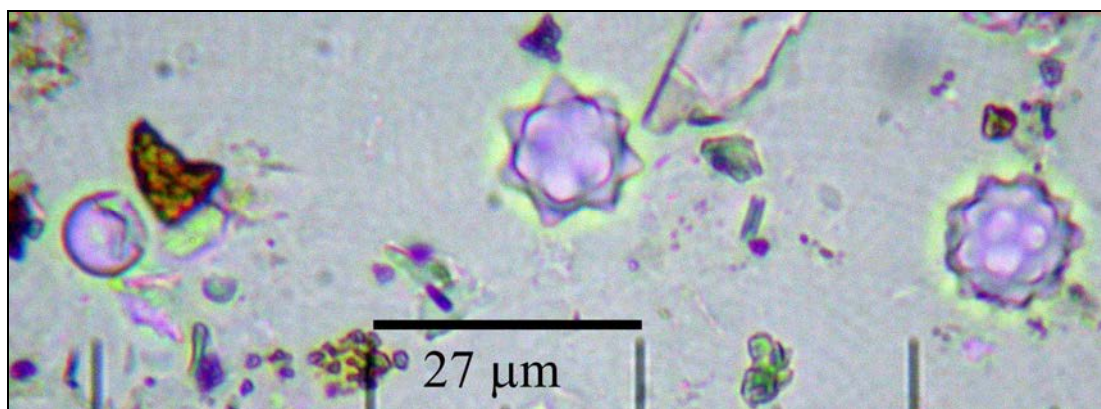
---

<sup>57</sup> Se considera a la palmera canaria igualmente europea, por desarrollarse en Canarias, pero obviamente parece más oportuno atender a su contexto biogeográfico.

<sup>58</sup> El término equinado sí que se encuentra disponible en castellano con respecto al término anglosajón *echinate*, empleándose en la terminología palinológica para el estudio de palinomorfos, que igualmente presentan esta ornamentación, caso de los granos de polen desarrollados por *Dittrichia viscosa* (La Serna & Domínguez, 2003).

a la ausencia total de ornamentación equinada, algo ya señalado por Juan-Tresserras (1997) y que igualmente hemos podido comprobar en las palmeras analizadas, aunque se trata de un morfotipo muy escaso en comparación con las formas equinadas, y que podría relacionarse —al contrario que estas últimas— con formas inmaduras de fitolitos, o bien situadas en zonas de los tejidos donde sufren un desarrollo diferencial en cuanto a deposición de SiO<sub>2</sub>.

Al final de los trabajos experimentales conducentes a esta Tesis, se procedió al estudio de los fitolitos presentes en las hojas de *Bismarckia nobilis*, cuyos resultados sin duda permiten confeccionar lecturas e hipótesis que nos permiten conocer mejor a la familia *Arecaceae* Schultz (Palmae nom. cons.), familia nº 76 en la LAPG III 2009<sup>59</sup>. A lo que sin duda colaboran los fitolitos más comunes en sus tejidos aéreos: los de tipo globular equinado.



**Figura 113,** Tres morfologías globulares, en horizonte superficial del Palmeral del Ingenio (Vallehermoso, La Gomera). 600x.

La exclusividad de *B. nobilis*, circunscrita a varias zonas de la isla de Madagascar, ofrecía la posibilidad de comparar la tipología de fitolitos generados en sus tejidos internos con los de un género tan diferente como *Phoenix* y en concreto le endemismo canario *P. canariensis*. Aunque aun deberán realizarse estudios morfométricos y estadísticos sobre la similitud de ambos, la primera noticia que podemos ofrecer al respecto de la relación entre ambos tipos de tan diferentes palmáceas, es que comparten precisamente el morfotipo descrito como globular equinado, aunque con algunas diferencias microscópicas que deben estudiarse mediante microscopía electrónica.

#### **Formas alargadas y lisas (*psilate elongate forms*) no-*Poaceae*.**

Como ya hemos mencionado también para otras especies, en los tejidos de las hojas de palmeras se localizan morfologías diferentes a las ya descritas como mayoritaria forma globular equinada. Se trata de morfologías alargadas que son igualmente comunes en los tejidos aéreos de las gramíneas y en este caso también de algunas palmeras. Aparentemente no se trata de formas de

<sup>59</sup> Referencia a la obra de Elspeth Haston, James E. Richardson, Peter F. Stevens, Mark W. Chase, David J. Harris. The Linear Angiosperm Phylogeny Group (LAPG) III: a linear sequence of the families in APG III *Botanical Journal of the Linnean Society*, Vol. 161, No. 2. (2009), pp. 128-.

diagnóstico y podrían entenderse como formas redundantes a las presentes en las gramíneas, que no poseen características de diagnóstico.

### Formas globulares, esféricas o subesféricas lisas con/sin escotaduras.

Estas formas coinciden con las descritas por Juan-Tresserras (1997) como *masas esféricas* para designar fitolitos con esta morfología, de entre 3-7  $\mu\text{m}$  de diámetro y silicificación masiva que se localizan en las hojas de *Pinaceae* sp., encontrándolas similares a las presentes en angiospermas caducifolias según citan Geis (1973) y Klein & Geiss (1978). Igualmente son descritas por Albert & Weiner (2001) como de tipo esferoide liso (*spheroid psilate type*) y en su caso localizadas en *Quercus calliprinos*. Se trata, como también citan estos autores, de formas muy comunes, desarrolladas como proyecciones esféricas interiores de la membrana celular, o como esferas libre en el interior del lumen celular vegetal. Sin embargo, los trabajos realizados por Hodson *et al.* (1997) sobre numerosas especies del género *Pinus* sp. y de Sangster *et al.* (1997) sobre éste y otros géneros, no indican la detección de tales formas globulares en las especies analizadas.

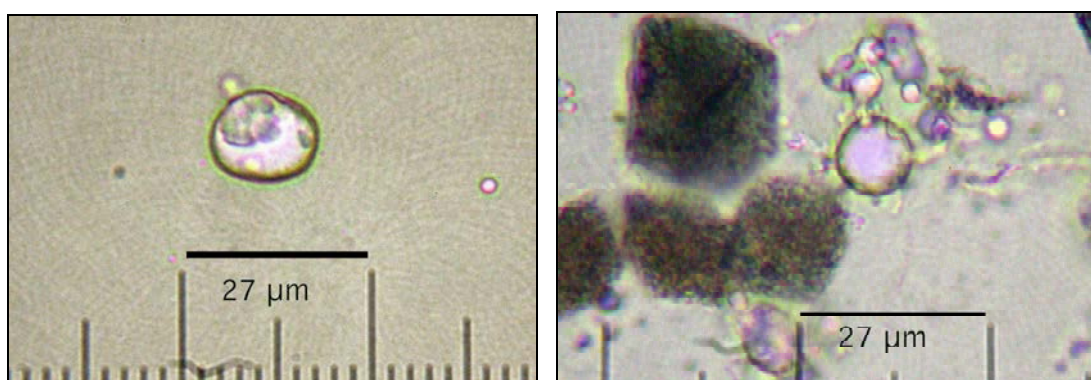
Por el momento estas morfologías solamente han sido identificadas en gimnospermas del grupo de las coníferas como el pino canario (*Pinus canariensis*). Pero también en numerosas angiospermas dicotiledóneas, como en la mayoría de géneros de arbóreas en la formación de laurisilva/Monteverde (*Laurus*, *Ocotea*, *Arbutus*, *Myrica*, entre otros) y en la vegetación que sucede a su degradación, —y que puede llegar a ser dominante— como ocurre con las dos especies del género *Erica* en Canarias (*E. arborea* y *E. scoparia*). Aunque también aparecen en otras familias que, como *Chamaecytisus proliferus* sub. *proliferus* pertenecen a *Fabaceae* (*Leguminosae*), y que ocupan un biotopo natural muy concreto, como la franja de pinar situada entre 1000-2000 m.sn.m. de la isla de Tenerife. Por todo ello debe considerárselas una forma común y redundante, que ejemplifica de nuevo uno de los aspectos problemáticos en la identificación de especies desde el registro de fitolitos, ya enunciado —junto con la multiplicidad— por Rovner (1971).

Se trata siempre de formas masivas, que pueden presentar cierta esfericidad o subesfericidad (*globular*, ICPN 1.0) y estar carentes de ornamentación (*psilate*, ICPN 1.0), pero pudiendo no obstante presentar escotaduras irregulares y de poca profundidad en parte de su superficie (*cavate*, ICPN 1.0). En algunos casos tales escotaduras pueden ser circulares. El tamaño de este tipo de fitolitos no suele superar las 25  $\mu\text{m}$  (*Chamaecytisus proliferus*) y el mínimo, que podamos detectar con nuestros medios técnicos de rutina, puede rondar las 2  $\mu\text{m}$  (*Arbutus*, *Ocotea*, entre otros), o incluso ser inferior a dicha medida. En otras especies como *Quercus pyrenaica* (*Fagaceae*), localizamos el mismo morfotipo con un tamaño mínimo de 1,35  $\mu\text{m}$  y un máximo de 13,5  $\mu\text{m}$ . Bowdery (1998), denominándolas *redondeadas tridimensionales*, afirma que para su estudio es necesario rotarlas en la preparación microscópica, con el fin de obtener una exacta y positiva identificación. Efectivamente estas formas no suelen ser completamente simétricas, ni presentar ausencia total de ornamentación, por lo que es recomendable tal proceder, ya que en muchos casos las posibles diferencias se encuentran localizadas sólo en una parte del morfotipo (**Figuras 114-115**). Además en el caso de la flora de Canarias existe una morfología similar que

creemos responde a las formas inmaduras del tipo globular equinado desarrollado, entre otros géneros de palmeras, por *Phoenix* sp. Estas morfologías en algunos casos están tan carentes de la ornamentación equinada como para poder ser confundidas con el tipo globular liso que estamos tratando.

Su origen siempre es el tejido leñoso de plantas arbóreas o arbustivas, y en concreto parecen estar concentradas en la epidermis o corteza de las mismas (**Figura 114**), y no tanto en el interior de dicho tejido (*Erica arborea*). Mientras que en *Myrica faya* comparte protagonismo con abundantes oxalatos de calcio trapezoedrales (**Figura 115**).

Por su parte las formas globulares comparten, en *Pinus canariensis*, protagonismo con los oxalatos de calcio, cuando se observan sus tejidos calcinados al microscopio, siendo aparentemente más abundantes que estos. Su pequeño tamaño (<2  $\mu\text{m}$  y máx.= 13  $\mu\text{m}$ ) les diferencia de estos, así como su morfología claramente globular o esférica, sin ornamentación. Se trata aquí, como en las otras especies que los desarrollan, de formas masivas que pueden ser observadas en algunos casos fragmentadas, lo cual permite observar dicho particular (**Figura 116**). Si nos atenemos a la perdurabilidad de formas huecas de microfósiles como los quistes de resistencia de algas crisofitas, podemos afirmar que los mencionados fitolitos de formas globulares tienen incluso más posibilidades de mantenerse intactos en el tiempo.



**Figura 114** (Izqda.), Morfotipo globular en corteza de *Erica arborea*.

**Figura 115** (Drecha.), la misma morfología con tendencia más esférica en troncos de *Myrica faya* junto a cristales romboedrales de oxalato.

Ambas: 600x. J.A.

Pese a que son formas redundantes, que por el momento no pueden adscribirse —en un contexto arqueológico, edáfico o paleontológico— a una familia ni género concretos, el hecho de que sea compartido por plantas dicotiledóneas si podría ser un elemento a tener en cuenta para su incorporación a una lectura paleobotánica. En concreto, al estar presentes en plantas con tejidos leñosos.

Igualmente hemos creído detectar formas similares a las descritas en gimnospermas como el cedro canario (*Juniperus cedrus*) y la sabina (*J. turbinata*). Pero al existir ciertos aspectos metodológicos no resueltos<sup>60</sup>,

<sup>60</sup> Como igualmente hago mención en otro apartado de esta Tesis, se ha detectado una suerte de “espejismo microscópico” que puede haber provocado un error en la

debemos plantear con cautela tal afirmación. De finalmente confirmarse dichas identificaciones, se localizarían tanto en los tejidos de las hojas como en los leñosos, y no en la corteza de estos. Oscilando sus dimensiones, en el primer caso, por debajo de las 2  $\mu\text{m}$  y hasta 13,5  $\mu\text{m}$ , mientras que en la madera parecen solamente alcanzar 9,45  $\mu\text{m}$ .

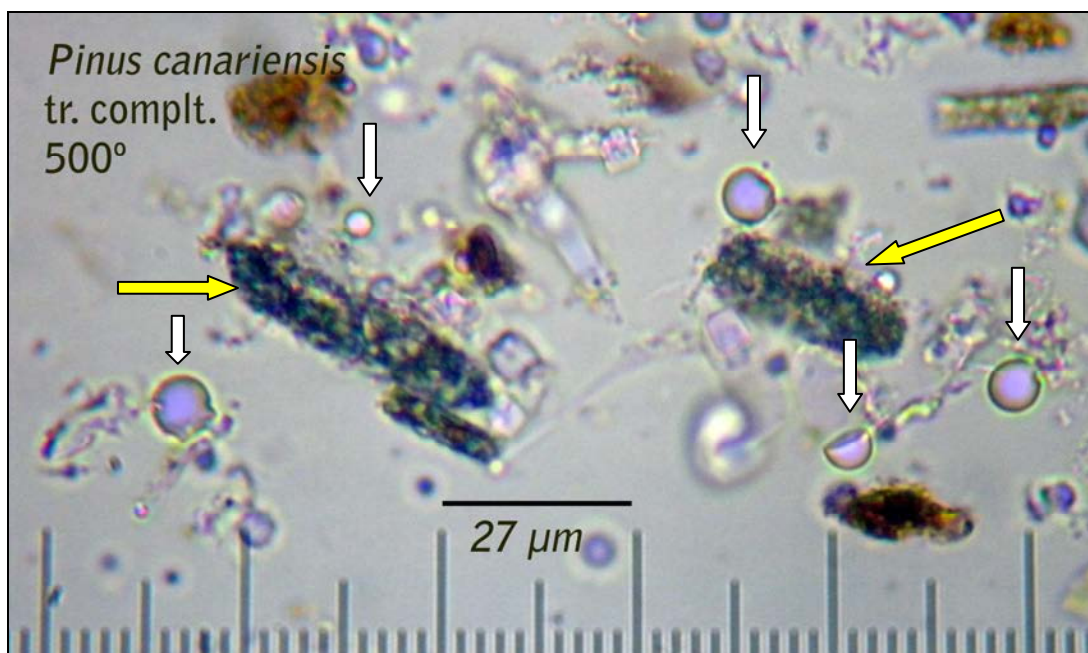
En líneas generales y salvo las morfologías de mayor tamaño citadas para el género *Pinus*, el contenido en sílice no es solamente bajo en proporción (Piperno y otros autores lo sitúan como <0,5% de peso seco), sino también en capacidad de diagnóstico, ya que las formas globulares lisas se consolidan como un morfotipo altamente redundante entre los grupos vegetales citados. Por ello su capacidad de clasificación taxonómica queda restringida a las posibilidades conjuntas que el estudio ambiental de una zona puede aportarnos. O incluso introducir, en las analíticas arqueobotánicas, los datos aportados por el estudio de sedimentos, en el caso de las estructuras de combustión, y suelos en el caso de incendios o también estructuras de combustión del tipo de las carboneras. Altos contenidos de oxalatos de calcio, transformados por el calor en pseudomorfos de calcita (Brochier &, Thinon, 2003) y detectables por la pérdida de peso al aplicar la neutralización química de carbonatos, en conjunción con la presencia de formas globulares como las descritas, pueden indicarnos —siempre con la colaboración de otras evidencias paleobotánicas y arqueobotánicas— estar ante algún tipo de gimnospermas o dicotiledónea (**Figura 116**).

#### **Formas asociadas al grupo de los Pteridofitos.**

La presencia de silicofitolitos en los grupos de los pteridofitos, junto con angiospermas y gimnospermas ya fue confirmada por Piperno (1988), como citan Mullholand & Rapp (1992), pero también como estos mismos autores afirman, la primera descripción de formas de silicofitolitos, en este grupo vegetal, se debe a Robert *et al.* (1973) quién los detecta en las células epidérmicas de *Selaginella kraussiana*. En su obra de recopilación de 2006, D. Piperno, aunque clasifica el grupo de los pteridofitos dentro de las familias donde la producción de fitolitos no es alta, sí menciona que presentan formas diagnósticas de género, como para permitir realizar lecturas ecológicas y distinguir zonas medioambientales muy concretas. Y dentro del apartado de la morfología, retomando su importancia —ya expresada por los botánicos alemanes de los años 30' (s. XX)— también en las hojas de helechos, donde afirma se encuentran morfotipos con alto grado de silicificación.

---

detección de las formas globulares mencionadas. Se trataría de un efecto derivado de la reacción imprevista, entre residuos de plantas donde no se ha operado una eliminación total del reactivo ácido empleado para su descarbonatación (HCL+HNO<sub>3</sub>), con el medio de inclusión microscópica (Permount®). La presencia de restos de ácidos, en el residuo, al entrar en contacto con este medio provocaría la aparición de pequeñas y desiguales burbujas, muy diferentes a las observadas de forma común en preparaciones microscópicas. Al secarse el medio de inclusión las burbujas permanecen inalteradas, solamente una inspección en 3D, empleando un medio no-permanente, ha permitido detectar este espejismo y por tanto tomar en consideración los primeros resultados al respecto de los fitolitos globulares lisos. Cuya presencia en todo caso parece poderse afirmar, más claramente en *Pinus canariensis*.



**Figura 116**, Conjunción de fitolitos globulares lisos (en blanco) en troncos de *Pinus canariensis* y fusiformes de oxalatos de calcio (transformados en pseudomorfos de calcita), en amarillo. 600x. J.A.

Por nuestra parte, en los trabajos experimentales realizados con algunas especies nativas en Canarias, las formas detectadas en las muestras patrones no coinciden con las descritas por Piperno (2006), al no haber tenido acceso a las mismas especies citadas en su recopilación monográfica. Pero sí nos han permitido evaluar otras especies que, como *Pteridium aquilinum*<sup>61</sup>, confirman —a través de sus silicificaciones— su gran potencial informativo a nivel paleobotánico y arqueobotánico. Esta afirmación creemos que queda suficientemente atestiguada en la detección de silicificaciones muy abundantes, presentes tanto en los tejidos foliares (frondes) como en su raíz rizomatosa. Es aquí donde se concentra una morfología que puede describirse como alargada (*elongate*), sección triangular (*triangular section*) y superficie extremadamente lisa (*psilate and polish surface*), con apariencia de pulimentada; aunque en la misma aparecen —en las muestras experimentales— pequeñas depresiones en su mayoría circulares, que pueden presentarse aisladas o en conjuntos de diverso tamaño. Los valores máximos de estos cuerpos silicificados pueden superar las 100 μm de largo, aunque se observa cierta tendencia a la fragmentación de los mismos. Se trata en todo caso de una morfología muy abundante, tanto en la cubierta de la mencionada raíz rizomatosa como en su entramado tejido interior, al que sin lugar a dudas ofrece un almacén sólido, construido a medida que avanza el rizoma por el interior del sustrato, aislándolo y permitiéndole superar posibles interferencias de otras plantas, e incluso la posible movilidad en el interior de éste por efecto del agua, etc.

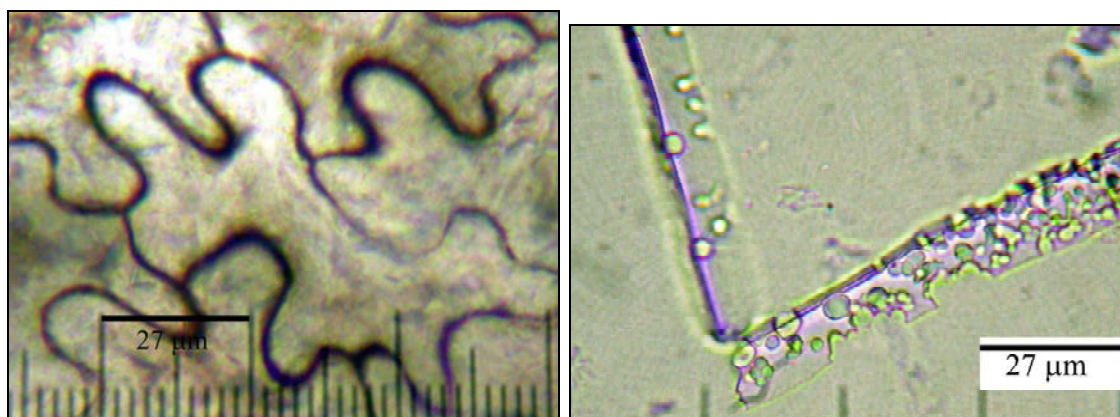
A nivel taxonómico —en espera de identificar morfotipos similares en otras especies— estos pueden clasificarse como de diagnóstico de género botánico, e incluso a nivel de la división *Pteridophyta*. Aunque la variabilidad de tales

<sup>61</sup> Ver en Fichas analíticas de plantas actuales, Capítulo 5-1.

cuerpos silicificados puede llegar a ser muy elevada, alguna de sus características, como su tendencia a una sección triangular ligeramente asimétrica (*triangular and light asymmetrical section*) le confiere un rasgo discriminante (**Figura 118-121**) frente a otras morfologías alargadas lisas (*elongate psilate*, ICPN 1.0) comunes en otros grupos vegetales.

Respecto a las silicificaciones de los frondes, la forma más común, puede adscribirse al tipo *pieza de puzzle* citado por Juan-Tresserras (1997) y que correspondería a la forma anticlinal de Piperno en su obra de 1988. Pero ésta es únicamente citada como propia de angiospermas dicotiledóneas, tal y como igualmente afirma Bozarth (1992), ampliándolas, como morfología también presente en *Asteraceae*. Siendo en este último trabajo donde localizamos una morfología muy similar a la presentada por *Amphicarpaea bracteata*. Sin embargo, nada se menciona del desarrollo de una forma similar en pteridofitos, sobre los cuales únicamente parecen existir las referencias –al respecto del estudio de su producción en fitolitos– ya citadas por Mullholand & Rapp (1992) sobre *Selaginella kraussiana* y Piperno (1988).

Efectivamente, dicha producción ha sido comprobada con otras especies presentes en Canarias como *Blechnum spicant* y *Woodwardia radicans*, que presenta mayor originalidad y concentración en la primera, en algunos casos de diagnóstico. Los fitolitos de *Blechnum spicant* son particularmente originales y abundantes en el residuo altamente silicificado de los frondes. Se trata primeramente de esqueletos silíceos, pertenecientes a la epidermis vegetal, con grandes células silicificadas de morfología tipo puzzle y que perfectamente pueden ser diferenciados por las particularidades de su morfología y ornamentación a modo de encaje (**Figura 119**). Les acompañan una serie de silicificaciones con menores probabilidades de funcionar como de diagnóstico.

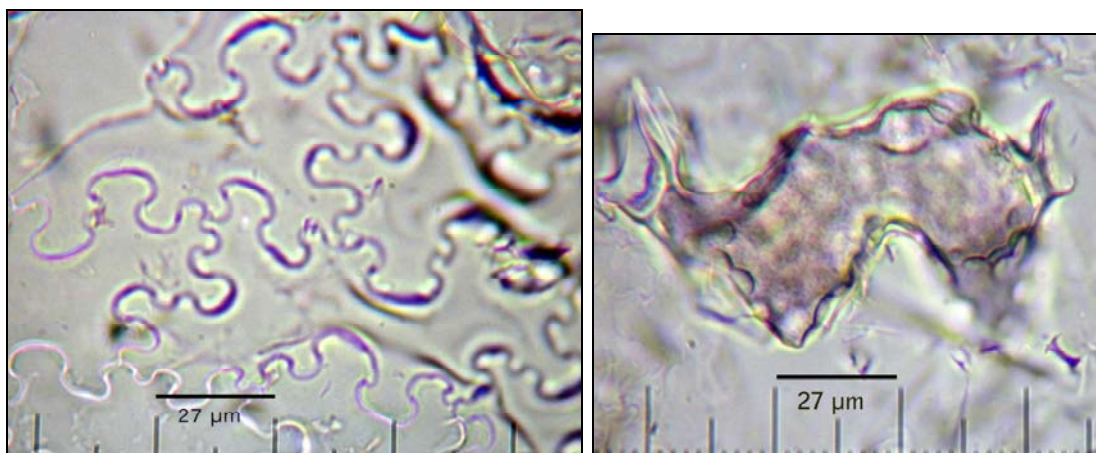


**Figura 117**, (Izqda.), Silicificación tipo *puzzle* en frondes de *Pteridium aquilinum*. **Figura 118** (Dcha.), De tipo alargado y sección triangular en el interior del rizoma de la misma especie. Ambas: 600x. J.A.

La originalidad manifestada en esta última morfología, parece indicar que podría poseer características de diagnóstico, inicialmente a nivel de género. Pero dentro de las silicificaciones desarrolladas por *Blechnum spicant* también se detectan otras de mayor densidad y dimensiones, que aparecen en menor concentración. Se trata de grandes células masivas, de morfología sinuosa muy variable, con superficie facetada y de suaves depresiones, que presentan un tamaño que puede superar, en su eje longitudinal total, las 100 µm (**Figura**



120). En todo caso entre ambas morfologías se consolida un limitado pero altamente identificativo conjunto de fitolitos, donde la mayor concentración es presentada por los de tipo puzzle y en menor medida por las grandes e irregulares células mencionadas.



**Figura 119** (Izqda.), Silicificación masiva, sinuosa y parcialmente facetada en los frondes de *Blechnum spicant*. **Figura 120** (Drcha.), de tipo puzzle en la misma zona de esta planta. Ambas 600x. J.A.

*Pteridium aquilinum* presenta igualmente un grado de silicificación tan alto como *Blechnum spicant*, aunque involucrando en este caso a los tejidos externo e interno del rizoma. Lo cual garantiza la identificación de ambas zonas de la planta, aunque atendiendo al grado de silicificación presentado por una y otra, parecen ser las del rizoma (interno y externo) las que permitirían una conservación más prolongada en el sustrato edáfico o sedimentario de acogida.



**Figura 121**, Cuerpo silicificado angular y sección triangular en la cubierta del rizoma de *Pteridium aquilinum*. 600x.

Otras formas altamente silicificadas identificadas en pteridofitos, en concreto en *Pteridium aquilinum*, vuelven a dirigir nuestra atención sobre el rizoma de esta planta. Se trata de formas planas con grandes perforaciones esféricas a subsféricas (**Figura 122**), en forma de “panal” (*honeycomb*

assemblages, Bozarth, 1992; entre otros) y otras de formas masivas que pueden presentar sección triangular pero ornamentación rugosa en toda su superficie (*verrucate* ICPN 1.0), que en este caso adquieren formas similares a los apéndices epidérmicos, de base oval, de las gramíneas (**Figura 123**).

La similitud de estas formas, al menos en el primer caso, con las que presentan ciertos fragmentos de vidrio volcánico introduce un aspecto problemático a la hora de su adscripción microscópica a tipologías de fitolitos o elementos minerales. Aspecto que también podría minimizarse determinando parámetros morfométricos en ambas silicificaciones. De ser confirmado que no se trata de contaminaciones de las muestras de referencia con microfragmentos de vidrio volcánico, su presencia en tejidos foliares de pteridofitos ampliaría el rango de grupos vegetales que las producen, ya que Bozarth (1992) en su clasificación de fitolitos menciona este tipo como propio de numerosas especies arbóreas y dicotiledóneas, sobre las que sugiere sean consideradas de diagnóstico.



**Figura 122** (Izqda.), Elementos en forma de panal. **Figura 123** (Drcha.), Elemento triangular con ornamentación rugosa. Ambas en residuos de analíticos de *Pteridium aquilinum* y 600x.

#### Formas asociadas al grupo de las Gimnospermas.

La baja concentración de SiO<sub>2</sub> en los tejidos de plantas gimnospermas ya ha sido suficientemente expresada (Hodson *et al.* 1997; entre otros). Los fitolitos de sílice derivados de esta baja concentración adquieren morfologías variables e irregulares, si se los compara con los fitolitos de morfología consistente presentes en otros grupos botánicos (Piperno, 2006; entre otros).

Aspectos que han sido igualmente confirmados en plantas nativas de Canarias, al menos de forma experimental en esta Tesis e investigación asociada a la misma<sup>62</sup>. No obstante, tal y como se observa en ambas fuentes de información, dicha escasez de silicificaciones no debe ser tomada como ausencia de elementos de diagnóstico, ya que pese a que su estudio resulte más complejo y las estimaciones de SiO<sub>2</sub> indiquen unos contenidos muy bajos, éstos se encuentran presentes, adquiriendo formas que en unos casos pueden

<sup>62</sup> Ver Capítulo Resultados, 5-I, Plantas patrones de referencia.

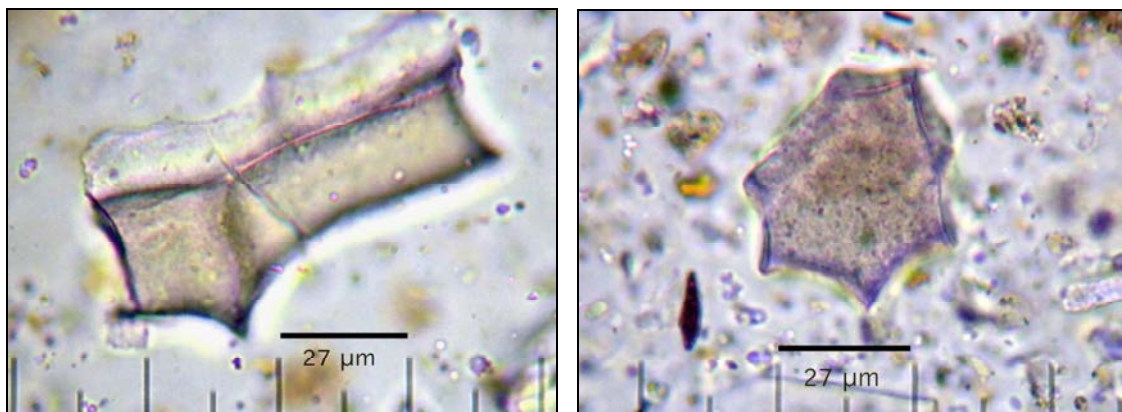
asociarse al propio grupo vegetal –de forma genérica– y en otros a nivel de género, e incluso especie como parece producirse en *Pinus canariensis*<sup>63</sup>.

Además de las ya mencionadas formas globulares lisas (globular psilate, ICPN 1.0) propuestas para *Pinus canariensis* y la problemática surgida con respecto a su identificación en otras coníferas, en ese género concreto pueden desarrollarse otras morfologías menos redundantes que les podrían conferir capacidad de diagnóstico taxonómico.

#### Elementos masivos y poliédricos.

Se trata de una morfología detectada en las acículas de *Pinus canariensis*, que puede definirse como de bloques poliédricos (*blocky polyhedrons*) y que igualmente citan Hodson *et al.* (1997) refiriéndose a las indicaciones de Bozarth (1992), quién los indica como presentes en *Picea mariana*. Morfología alargada y facetada (Figura 124) que presenta cierta multiplicidad, pero siempre de márgenes angulosos y numerosas caras, por lo general poliédricos (Figura 125) con tamaños que pueden oscilar entre 50 y más de 70  $\mu\text{m}$ .

Se trata en todo caso de morfologías muy poco habituales, al menos si es comparada con las formas, mucho más numerosas presentes, en el residuo *Dry ashing*, como las de tipo globular liso. De hecho, pese a contar –en dicho residuo– únicamente con la fracción insoluble al ácido, lo que se traduce en términos de biomineralizaciones con estar, en contextos vegetales, únicamente ante la fracción silicificada de los mismos<sup>64</sup>, estas morfologías son muy escasas.



**Figura 124** (izqda.), Fitolito alargado, facetado y márgenes angulosos .  
**Figura 125** (Drcha.), una morfología similar a la anterior pero vista en sección. Ambas se observan entre minúsculas morfologías globulares

<sup>63</sup> Las observaciones realizadas sobre residuos resultantes de tratamientos de laboratorio, tendentes a la concentración de elementos basados en SiO<sub>2</sub> presentes en los tejidos de esta planta, ha confirmado la existencia de formas que pueden ser consideradas de diagnóstico, pese a que se encuentren en muy baja proporción con respecto a otras plantas con alto contenido en dicho compuesto.

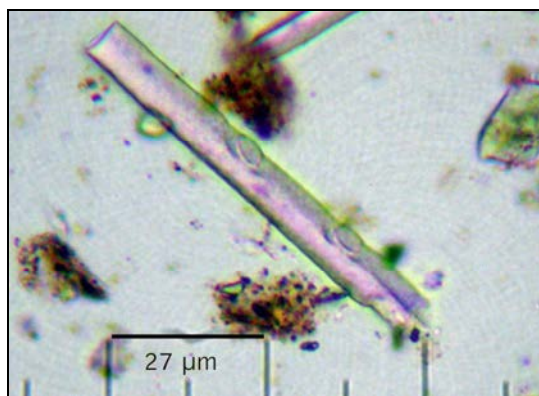
<sup>64</sup> Obviamente sin contar con muestras donde lo que se buscase es polen, en cuyo caso éste sí estaría presente cuando se aplicaran reactivos ácidos que no fueran el fluorhídrico. Ya que como se sabe es el reactivo que permite eliminar toda partícula presente en una muestra, incluidas las silicificadas, con excepción de los palinomorfos (polen y esporas).

silicificadas, en residuo *Dry ashing* de acículas de *Pinus canariensis*. Ambas 600x.

### Elementos de sección circular con puntuaciones circulares.

Esta morfología también es citada por Hodson *et al.* (1997) y Sangster *et al.* (1997) como presentes en varias especies del género *Pinus* sp., aunque ninguna de ellas presentes de forma nativa en las Islas Canarias. De corresponderse con las formas detectadas en las acículas de *Pinus canariensis*<sup>65</sup> se trata de morfotipos muy escasos en los tejidos de la planta pero con alto valor diagnóstico. Igualmente hemos localizado, en suelos con formaciones de pinar (R-23) elementos de este tipo pero de comportamiento óptico anisótropo, que muestra una marcada birrefringencia que podría ser propia de la celulosa. En todo caso la morfología sigue correspondiendo con la aquí descrita y con las contempladas por Sangster *et al.* (1997), aunque obviamente estamos ante un tipo de elemento vegetal escaso (Figura 127).

Sus características básicas son unas dimensiones que superan ampliamente las 100 µm, aparente sección circular, superficie lisa y ornamentación aislada de resaltes circulares en algunas zonas de su superficie. Como en la morfología anterior, se trata de un tipo de fitolitos muy escaso pero altamente interesante. Al menos en las pruebas realizadas con abundante muestra de tejidos de *P. canariensis*, estas morfologías fueron siempre muy escasas. En el estudio de suelos con aporte de tejidos procedentes de *Pinus canariensis* se detectaron formas birrefringentes que se asemejan con las de tipo silicificado descritas por Sangster *et al.* (1997), y que creemos se encuentran en directa relación con la morfología cilindroide que estamos describiendo.



**Figura 126**, 600x.

### Tricomas

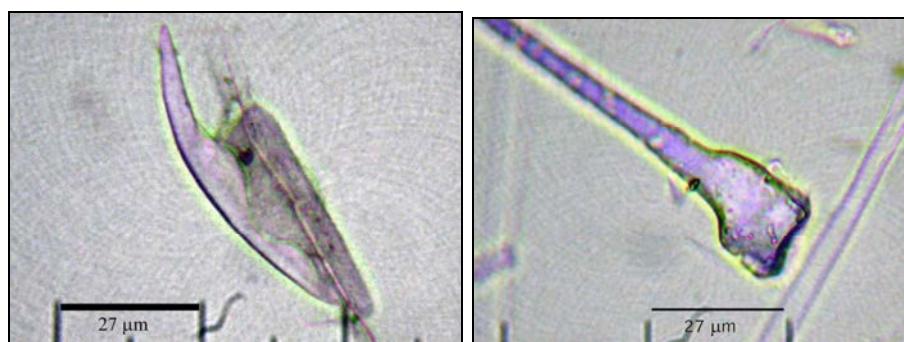
En numerosas plantas algunas células epidérmicas adquieren formas alargadas o protuberantes que suelen denominarse *tricomas* o *pelos* (Mauseth, 2003) y presentan una gran diversidad de tipos que, por lo general, se configuran como apéndices, unicelulares o pluricelulares, con o sin glándulas (Wallis, 1968; Mauseth, 2003). Bajo la denominación *tricoma* o *pelo* pueden incluirse también cerdas, papilas o escamas, dejando fuera del mismo los acúleos espinosos de rosas y zarzamoras. La gran variedad funcional de los primeros

<sup>65</sup> Ver Capítulo Resultados 5-I.

hace que exista una similar diversidad estructural, que permite emplear, su identificación, con fines taxonómicos (Gabriel y Galán, 2002).

Si bien los tricomas aparecen en numerosas especies vegetales no todos presentan capacidad de silicificación y por tanto no todos pueden soportar, con integridad en sus parámetros morfométricos, los procesos que acontecen en el sustrato de acogida —una vez la planta muere— en el transcurso del tiempo.

En el caso de los de naturaleza silicificada, se trata de las morfologías más comunes en los sustratos donde se han desarrollado gramíneas. En concreto los de gran tamaño y base ovalada, presentes en la epidermis de las gramíneas, presentan una densidad y tamaño que los vuelve claramente reconocibles (**Figura 127**). Para esta tipología, absolutamente redundante entre diferentes especies, se han propuesto varios modelos de análisis, siendo especialmente relevante el descrito por Zucol & Brea (2005).



**Figura 127** (Izqda.), Fitolito de apéndice epidérmico de base oval en *Avena sativa*. **Figura 128** (Drcha.), Fitolito de apéndice epidérmico masivo en *Bromus tectorum*. Ambas 600x.

Probablemente uno de los ejemplos más consistentes de fitolitos en forma de tricomas no-*Poaceae* sean los desarrollados por *Ficus carica* en sus hojas, que presentan características que creemos podrían ser de diagnóstico de especie. Se trata siempre de grandes morfologías silicificadas pero huecas, aunque de gruesas paredes, tendencia ligeramente curva y dos zonas bien diferenciadas, entre ellas una más ancha, que supone la conexión con la base del tricoma y una zona más estrecha, el extremo apical, que adquiere un aspecto totalmente apuntado (**Figuras 129-130**). Se trata siempre de fitolitos muy abundantes por gramo de muestra en las hojas de *F.carica*, pareciendo determinante la madurez de la planta. En todo caso son uno de los ejemplos más carismáticos de tricomas en especies vegetales de fruto comestible. Tanto su originalidad como concentración creemos le otorga gran importancia arqueobotánica como microfósil vegetal.

Aunque existe una gran diversidad de tricomas en el mundo vegetal, no en todos los casos éstos presentan alta silicificación, requisito indispensable para entender que estamos ante morfologías que podemos designar como fitolitos o no. En este sentido, como en otros, la labor experimental con cada planta patrón (reducción a contenido silíceo) es la que debe dirimir si estamos ante uno u otro caso, dado que incluso en materia botánica el estudio de los tricomas permite definir parámetros propios de cada grupo vegetal, como

sucede con las plantas de la alta montaña de Tenerife (Alfayate,1990; entre otros).



**Figura 129** (Izqda.), Dos ejemplares de tricomas de *F.carica* (hojas).  
**Figura 130** (Drcha.), Ejemplar completo de tricoma con mayor curvatura.  
 Ambas en el taxón recolectado en La Esperanza (variedad común) y 300x.

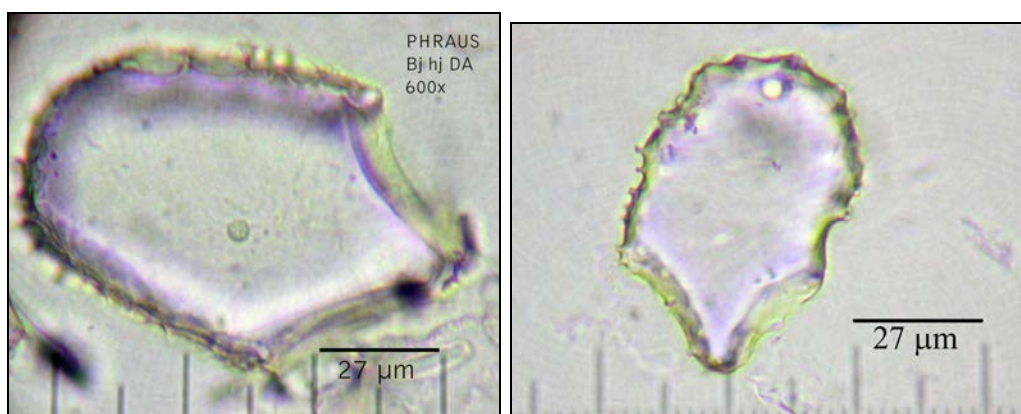
#### Agregados silíceos.

Se trata de un tipo de fitolitos de compleja identificación y que podrían definirse como concentraciones silíceas amorfas, siguiendo a los aspectos al respecto citados por Weiner (2010) refiriéndose —como también hacen Albert & Weiner (2000)— a los trabajos de Schiegl *et al.* (1994, 1996). Igualmente son citadas por Albert & Weiner (2001) como resultado de sus estudios sobre fitolitos en contextos musterienses, en concreto de estructuras de combustión.

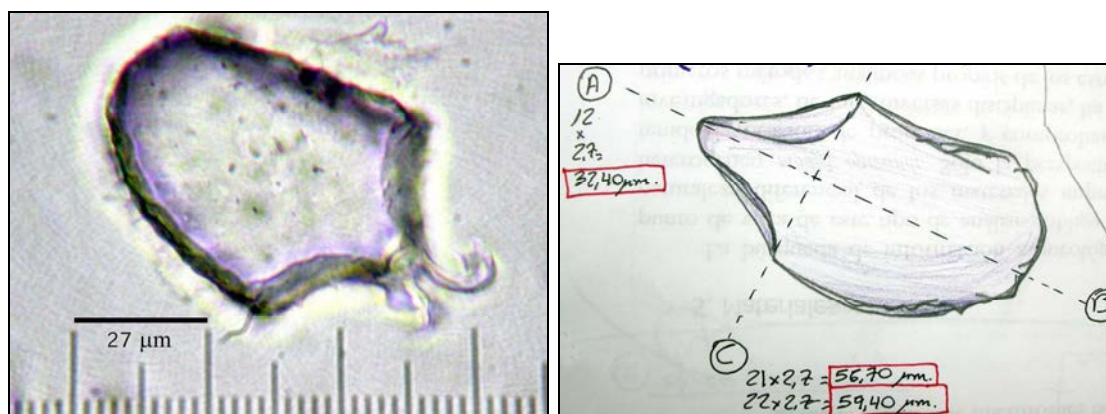
Aunque probablemente hemos estado ante este tipo de partículas durante la inspección microscópica de plantas patronas, su cualidad de tender a agregarse entre sí y con partículas edáficas, en contextos sedimentarios, lo cierto es que hasta la fecha su presencia es más evidente en sedimentos arqueológicos que en dichas plantas.

#### ¿Una propuesta de estudio para las células buliformes cuneiformes?.

Rotundamente sí, aunque no es nada nuevo en cuanto a posibilidades taxonómicas y arqueobotánicas, como ya se plantea en los trabajos de Houyuan *et al.*, 1997; Bowdery, 1998; entre otros). En base a sus especiales características —tanto morfométricas como de representatividad botánica y ecológica— creemos que existen posibilidades reales de incorporar los resultados de su estudio a lecturas paleoambientales. Pero también a los cambios medioambientales asociados a la expansión humana en periodos y épocas previos de la Prehistoria e Historia. Aunque únicamente como propuesta sintética basada en trabajos anteriores (Houyuan *et al.*, 1997; Bowdery, 1998; entre otros) donde se planteaba la posibilidad de discriminar mediante ellas las especies *Poaceae* a la que pertenecía, accediendo incluso a la posibilidad de asumirla a nivel de género, además de subfamilia, como puede ejemplificarse con el caso concreto de *Phragmites australis* (Figuras 131, 132, 133 y 134).



**Figuras 131 y 132**, Fitolitos de células buliformes en *Phragmites australis*. Izquierda: taxón de Benijos, Drcha.: Jardín Canario (Tafira alta). Ambas 600x.

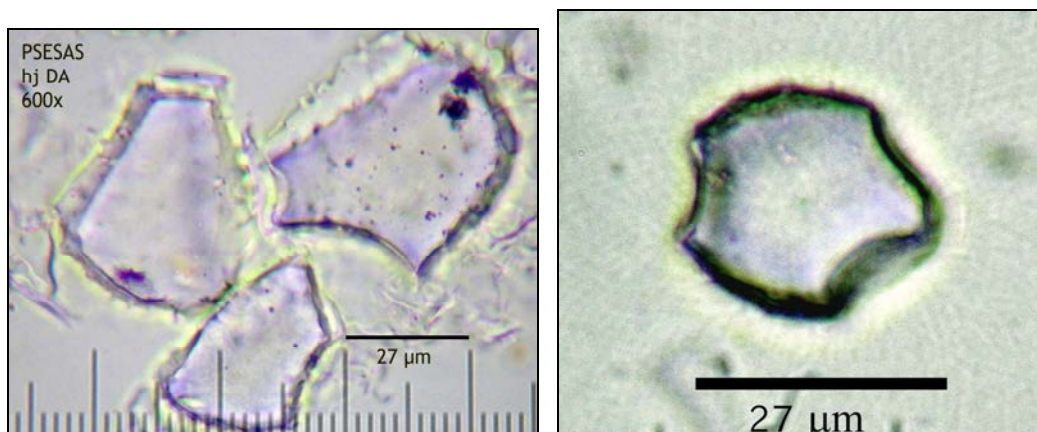


**Figuras 133 y 134**, Izqda.: taxón de *Phragmites australis* de Catoira (Ría de Arousa), 600x. Drcha.: Dibujo con determinación de medidas en principales ejes de simetría de célula similar detectada en sedimentos arqueológicos de La Cerera (CE-2.2a).

Por todo ello se ha planteado un epígrafe específico que refleje la importancia de este particular tipo de fitolitos, una ejemplificación de lo que podría aportar un estudio basado en el análisis detallado de este tipo de fitolitos, pese a que su complejidad aun reserve mayores logros en futuros trabajos al respecto. El mencionado epígrafe guarda un desarrollo basado en la experiencia del análisis de un nivel del yacimiento arqueológico de El Llanillo (Arguineguin, Gran Canaria), donde el registro de células buliformes motivó un estudio en profundidad, tanto como para ratificar la importancia de las mismas como fitolitos de diagnóstico taxonómico.

En dicho epígrafe ha sido posible incluir una primera verificación y valoración estadística, confeccionadas únicamente con los datos obtenidos por vía microscópica, procedentes de muestras de plantas con producción de este tipo de fitolitos. Que únicamente ratifica las diferencias morfométricas que ya son apreciables a simple vista o en todo caso estableciendo criterios básicos de simetría, cuando es posible comprobar como dentro del esquema

buliforme cuneiforme podemos discriminar entre las células producidas por especies botánicas de origen asiático, como *Pseudosasa japonica*<sup>66</sup> (Figura 135) y otra más cosmopolita como *Cynodon dactylon* (Figura 136).



**Figura 135** (Izqda.), Buliformes en *Pseudosasa japonica*? (Taxón Apagoeta, Euskadi). **Figura 136** (Drcha.), Buliforme en *Cynodon dactylon* (Taxón del Puerto de La Cruz, Tenerife). Ambas 600x.

#### Crterios morfométricos de análisis microscópico.

El trabajo con fitolitos al microscopio requiere –como otros tipos de partículas de origen vegetal– de la definición de parámetros que permitan una correcta identificación de sus principales características, aspecto clave para proceder a su clasificación dentro de grupos conocidos, así como su adscripción anatómica y taxonómica. Son lo que han venido en llamarse *aspectos morfométricos*.

En el caso de los fitolitos de sílice, al contrario de los de oxalato de calcio que presentan un conjunto limitado de formas, la variabilidad de su componente tridimensional vuelve compleja la labor de realizar mediciones de morfologías completas, que obviamente son más limitadas en las formas globulares, que en algunos casos alcanzan la esfericidad o subesfericidad. Su caso opuesto serían las formas paralelepípedas, que no sólo pueden presentar diferencias entre sus caras sino de la ornamentación de éstas, estando ausente o presente en sólo alguna de ellas. En definitiva, tal y como se plantea en varios trabajos (Madella *et al.*, 2005; entre otros) el estudio microscópico, cuando se ha logrado disponer de un cierto aislamiento de cada fitolito en preparación, debe hacerse con la posibilidad de observarlo en 3D. Empleando para ello un medio de inclusión no-permanente que permita –por su baja densidad e índice de refracción– su rotación, facilitando la distinción de todos sus lados y su estimación métrica (en  $\mu\text{m}$ ), así como de atributos ornamentales, como prolongaciones equinadas, dendriformes o de otro tipo.

En este sentido la propuesta llevada a cabo por Krishnan *et al.* (2000) sobre gramíneas de India, introduce un criterio para estimar la tendencia a la esfericidad de cada morfotipo, obteniendo un ratio desde el cociente entre su eje de simetría menor (B) y mayor (A). Lo cual deriva en comprobar si el

<sup>66</sup> Detectados en tejidos de desecho (hojas) recolectadas en el Jardín Botánico de Pagoeta, Aia, Guipúzcoa, Euskadi.



morfotipo en cuestión se acerca al nivel de esfericidad absoluta (1) o se aleja de él.

Obviamente el grado de complejidad morfológica obliga a introducir un número mayor de parámetros y ejes de simetría. Lo que puede ejemplificarse con la diferencia entre un fitolito de célula larga lisa (*elongate psilate cell phytolith*) y una célula buliforme cuneiforme (*cuneiform bulliform cell phytolith*), donde al eje de simetría longitudinal (A) y transversal (B) del primero (Figura 76) hay que añadir otros parámetros como el grosor y las dimensiones de los varios salientes ornamentales del segundo (Figura 134). La aplicación básica del ratio propuesto por Krishnan *et al.* (2000) a la figura de ambos fitolitos en vista polar (sin tomar en consideración la ornamentación del segundo), revelará como el primero está más alejado de la cifra 1, que representa la esfericidad absoluta (Tabla 11).

Morfotipo	Eje A (µm)	Eje B (µm)	ratio
Fitolito célula larga liso	94,5	14,85	0,157
Fitolito célula buliforme	89,1	56,7	0,651

**Tabla 11**, Ejemplo de disparidad, en el ratio propuesto por Krihnan *et al.* (2000), entre un fitolito de morfología alargada y otro buliformes

Sin embargo, la estimación de los ejes de simetría parece ser el método más eficaz para llevar a cabo identificaciones y clasificaciones, una propuesta que ya hicieran Twiss *et al.* (1969) para el estudio de las células cortas *Poaceae*. En otros casos, quizás donde más evidente es la cuestión de la simetría, existen más parámetros que pueden definirse para llegar a aplicar criterios morfométricos con fines discriminantes. Es el caso de las células buliformes designadas anteriormente como “formas de abanico” (*shape forms*) y posteriormente como buliformes (*bulliform cells*), de tipo arco-triangular (*triangular arc* o *A:T*) por Bowdery (1998) y finalmente como buliformes cuneiformes en la sistemática de clasificación propuesta por Madella *et al.* (2005). Su estudio ya había sido abordado por Houyan *et al.* (1997), aplicando los primeros estudios estadísticos.

Dos de los mejores ejemplos en ese sentido podrían ser los fitolitos buliformes cuneiformes presentados por *Arundo donax* y *Phragmites australis*, que pese a presentar el mismo esquema arco-triangular, se diferencian notablemente ya a primera vista (Figuras 73-74). En la observación de los mismos pueden establecerse varios parámetros, en unos casos compartidos y en otros no, lo cual permite establecer criterios discriminantes ya desde una primera inspección ocular.

En esa misma experiencia, Pinilla y Bustillo (1997) detectaron diferencias entre los fitolitos de células globulares equinados presentes en *Phoenix dactylifera* y *Chamaerops humilis*, en este caso en las terminaciones de su ornamentación de pequeños picos/conos apuntados (Figura 67). Para lo cual debió llevarse a cabo un estudio a un nivel de detalle que sólo podía aportarlo un microscopio electrónico.

**OXALATOS DE CALCIO EN PLANTAS<sup>67</sup>.**

Según Mauseth (2003) la función del calcio en las plantas es muy diferente a la desarrollada en los organismos animales, que lo sintetizan y depositan como elemento básico en sus esqueletos y otras partes duras de su cuerpo, como los dientes. Se estima que sólo entre el 5-10% del residuo seco de una planta corresponde al contenido de este mineral<sup>68</sup>, considerándose como un macronutriente —es decir de alto requerimiento vegetal— junto con el nitrógeno, fósforo, potasio, azufre y magnesio (Gabriel y Galán, 2002).

Efectivamente, y como se describe para otros minerales, el calcio es absorbido y movilizado dentro de la planta como ion  $Ca^{2+}$ , pasando a formar parte de las paredes celulares y lámina media, constituyéndose entonces como pectato insoluble. De ahí en adelante su presencia es fundamental en procesos como el crecimiento del sistema radicular, la división celular y la activación o inhibición de las enzimas (Grabriel y Galán, 2002).

La concentración de biomineralizaciones de calcio, tras estos procesos, en los tejidos vegetales ha sido igualmente asociada con un mecanismo interno de defensa hacia el exterior (Molano-Flores, 2001). Sin embargo, igualmente parece importante el hecho de que las plantas deban cuidarse de sus concentraciones, como ocurre también con las sales. De hecho el mecanismo de concentración se entiende como de forma residual, para evitar que dañe el funcionamiento del metabolismo celular cuando existen excesos de éste elemento en el protoplasma, a donde llega desde la solución del suelo (Mauseth, 2003). No debe tomarse por tanto, la concentración de derivados del calcio en forma de oxalatos, como una parte estructural de las plantas leñosas, como ocurre con las silicificaciones en las angiospermas, sino como depósitos característicos, y muy específicos, de su metabolismo vegetal. Pero es muy probable que muy pronto la estructuración —por prioridades metabólicas— del mecanismo de depósito de este nutriente en las plantas sea aun mejor definido.

Lo cierto es que cuando el calcio, en los organismos vegetales, toma la forma de cristales de oxalato se vuelve fisiológicamente inactivo, no pudiendo afectar a las membranas o la estructura terciaria de las proteínas (Mauseth, 2003). La concentración de dichos cristales en las plantas leñosas es patente en todos sus tejidos aéreos, siendo especialmente significativa, por su tamaño y concentración, en los tejidos más duros, como la madera y corteza. Es aquí donde se concentran de forma significativa, adquiriendo formas características.

Aunque la variedad de sus morfologías no es amplia, pueden ser un rasgo distintivo por familias botánicas, muy características en los géneros *Pinus*, *Lauraceae*, *Fagaceae*, entre otros. No obstante, su presencia no es exclusiva de las mismas, siendo especialmente relevante en las *plantas crasas* (Pinilla *et al.*, 1997) y en diversos grupos vegetales como las gimnospermas y numerosas angiospermas dicotiledóneas, como también en otros especialmente importantes en la alimentación humana, como las leguminosas. En estas últimas, los oxalatos de calcio están presentes en la epidermis del fruto,

---

<sup>67</sup> Para el seguimiento de otros aspectos generales puede consultarse la Tesina del autor Afonso, 2004b.

<sup>68</sup> Aunque otras fuentes lo reducen a 0,2-1%, FAO (Web).

siendo su identificación microscópica, en dispersión por el parénquima de los cotiledones (Wallis, 1968), uno de los rasgos de la presencia de elementos propios de la familia *Fabaceae* (*Leguminosae*). Aunque, atendiendo a los estudios realizados para la evaluación de oxalatos en plantas presentes en Canarias, parece que su presencia se encuentra más focalizada en las semillas<sup>69</sup> y no en los tejidos aéreos de las mismas.

Siguiendo de nuevo las indicaciones de Wallis, este autor identifica algunos de los más pequeños de estos cristales en el parénquima de la raíz de Genciana (*Genciana lutea* L.), así como en las cortezas de Canela (*Cinnamomum verum*) y de Casia (*Cassia acutifolia*), entre otras muchas plantas que los contienen entre sus tejidos. En la mayoría de los casos estudiados por Pinilla *et al.* (1997b), los oxalatos se localizan en las hojas (mesófilo y haces) y tallos de especies de géneros como *Juniperus*, *Quercus*, *Betula* y *Corylus*, *Ilex*, *Cistus* *Erica* y *Rosaceae*, estando ausentes en los tejidos de la leguminosa *Adenocarpus hispanicus*.

### Concentraciones y aspectos metodológicos.

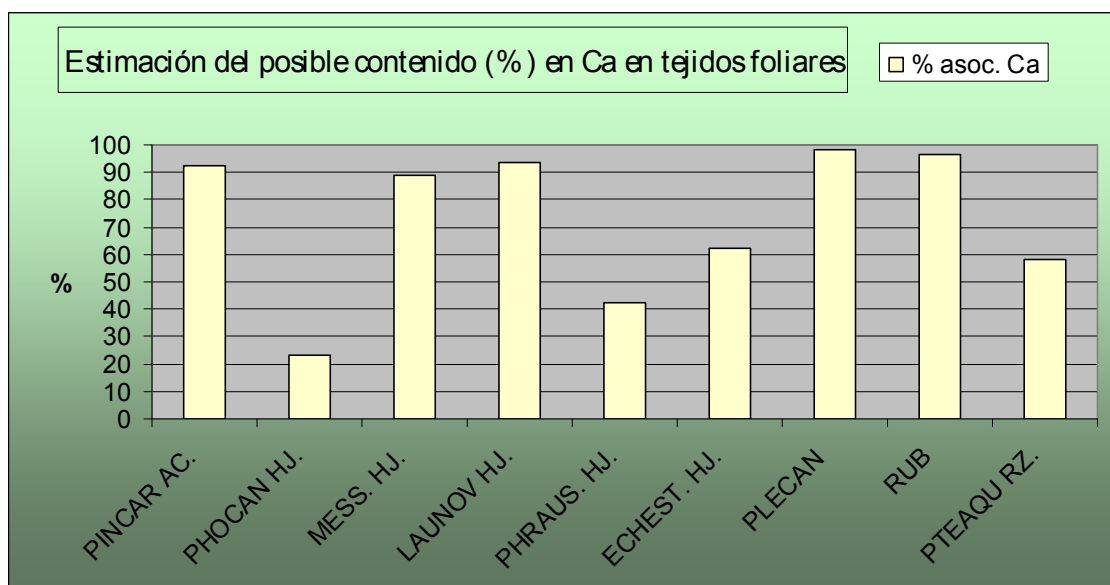
A nivel cuantitativo también debe destacarse la desigual concentración de calcio por grupos vegetales, observándose en las analíticas realizadas en las plantas de referencia (Fitoliteca1) una pérdida significativa de peso en la ceniza tras aplicar reactivos ácidos, que como el ácido clorhídrico y nítrico, destruyen —entre otros compuestos— los oxalatos de calcio. En dicha pérdida de peso hemos basado la lectura de los posibles contenidos en esta biomineralización, lectura respaldada por las observaciones microscópicas, que confirmaron la existencia previa de abundantes oxalatos en los tejidos de especies como *Pinus canariensis* y *Laurus novocanariensis*, y casi nulos en otras como la gramínea *Phragmites australis*. Las estimaciones de pérdida de peso en éstas y otras especies confirmaron la desigual presencia de oxalatos de calcio en las mismas, permitiendo afirmar —entre otros aspectos— que se trata de una biomineralización más abundante en las plantas de tejido leñoso, siendo las gramíneas probablemente una de las familias botánicas que presentan menor contenido (Gráficos 12 y 13). Efectivamente en los cálculos realizados —convertidos en porcentajes— podemos concluir en que las especies analizadas podrían presentar entre 23 % y 93,57 % de contenidos en oxalatos de calcio, situándose ambos valores entre el más bajo, registrado en los tejidos foliares de la familia *Poaceae* y en la gran concentración en los de *Lauraceae*, que también resultan elevados en *Pinaceae* (92,73%). No obstante, en tales estimaciones —totalmente experimentales— habría que valorar la también posible presencia de carbonatos, que aunque no habituales en muchos organismos vegetales pueden desarrollarse en la membrana celular, como otra sustancia ergástica, en especial en las paredes de plantas leñosas (Simkiss & Wilbur, 1989; entre otros ).

A nivel metodológico el estudio de oxalatos de calcio, y en concreto su común derivación en pseudomorfos de calcita por choque térmico<sup>70</sup> (Brochier

<sup>69</sup> Al menos en las plantas domesticadas este hecho se constata en especies tan comunes como *Vicia faba* (Haba) o *Phaseolus vulgaris* (Judía).

<sup>70</sup> Los oxalatos de calcio (whewellita monoclinica,  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  o weddelita cuadrática  $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) contenidos en los tejidos leñosos y foliares de plantas gimnospermas y angiospermas dicotiledóneas (entre otras) al quemarse y alcanzar una

& Thion, 2003), puede realizarse con prácticas específicas como las propuestas por Wallis (1968) para su extracción y reconocimiento desde tejidos vegetales, existiendo prácticas y estudios específicos sobre su importancia como biomineralizaciones de aplicación biológica y edáfica (Pinilla *et al.*, 1997). Pero su recuperación, derivada de su propia naturaleza química y las especiales condiciones que limitan su conservación en suelos y sedimentos, no encontrándose, por el momento, igual de estandarizada que la de las biomineralizaciones fósiles de base altamente silicificada (silicofitolitos, microalgas diatomeas, crisofitas y radiolarios marinos). Aunque tal y como propone Korstanje (1996), y como hemos comprobado en sendos análisis sobre muestras muy dispares, empleando también el protocolo empleado descrito por Pinilla (1997) y Juan-Tresserras (1997), su recuperación es posible —desde contextos edáficos y arqueológicos—, siempre que no se empleen aquellos reactivos ácidos (comunes en la recuperación de biomineralizaciones silíceas) como la conjunción de ácido clorhídrico y nítrico ( $\text{HCl}+\text{HNO}_3$ ) que ocasionan su completa disolución<sup>71</sup>.



**Gráfico 11**, Estimación del % de contenido en sales de oxalatos de calcio desde la pérdida de peso asociada a la eliminación de carbonatos presentes en la ceniza, mediante oxidación en  $\text{HCl}+\text{HNO}_3$ . Correspondencia de abreviaturas en **Gráfico 12**.

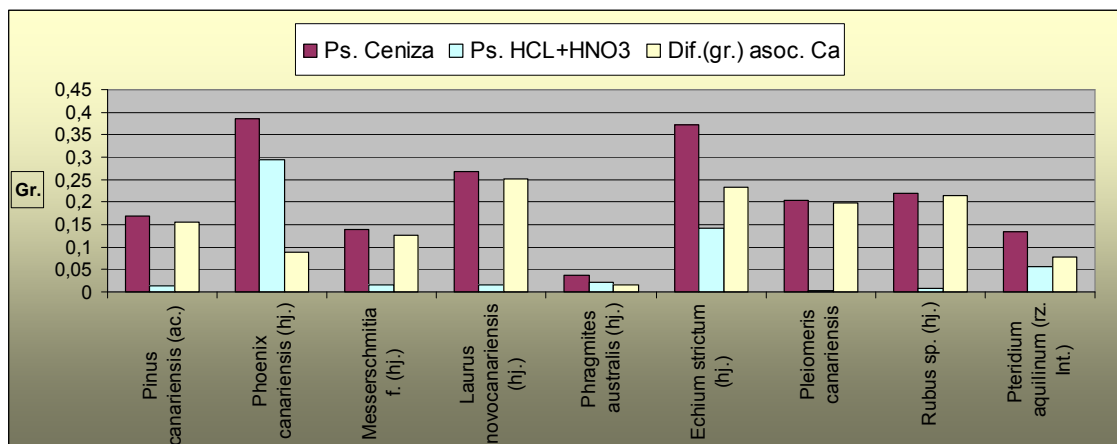
No obstante, pese a que puede lograrse dicha identificación —si no se opera su disolución durante el tratamiento—, el método de concentración propuesto por numerosos investigadores (Albert, Madella, Korstanje, Piperno, entre otros) —empleando líquidos de densidad superior a la del agua (líquidos pesados)—, debe ajustarse también a la de los cristales de oxalatos, que poseen una densidad de 1,83 (Wallis, 1968), mientras que, en las citadas biomineralizaciones silíceas, ésta se sitúa entre 2,4 y 2,8. Pese a ello, la

---

temperatura de entre 430-510°C se transforman en una forma de carbonatos de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ) denominada pseudomorfo de calcita.

<sup>71</sup> La conjunción de estos dos ácidos da lugar a una solución altamente corrosiva y fumante, conocida tradicionalmente en Química como *agua regia*.

experiencia inicial obtenida con la identificación de los oxalatos existentes en muestras de sedimentos arqueológicos de El Tendal (La Palma) nos permitió plantear, como hipótesis metodológica, la viabilidad de diseñar un protocolo de actuación que considerara también la recuperación de oxalatos desde materiales arqueológicos, especialmente desde sedimentos, pero también desde residuos bioantropológicos y de industrias.



**Gráfico 12**, Comparativo de pérdidas de peso asociadas a disolución de carbonatos en muestras de varias especies vegetales, tomando como base sus restos calcinados (ceniza).

Conociendo que la producción de oxalatos de calcio, en los tejidos de naturaleza vegetal, es mucho más extensa por lo general que la de silicificaciones (Simkiss & Wilbur, 1989), se trataba de la mínima tarea que debíamos acometer, sobre todo siguiendo –como hipótesis de teoría paleoetnobotánica y arqueobotánica– la idea de que en la prehistoria el uso de las plantas, leñosas y no-leñosas, fue una fundamental realidad que aun debemos definir a nivel de lecturas sociales, económicas y culturales. Debe citarse por ello, los resultados, lecturas y expectativas derivados de la experiencia de analizar industrias líticas del Paleolítico Inferior africano por parte del equipo encabezado por Domínguez-Rodrigo (2001b). Por entonces la novedosa aplicación del análisis de fitolitos derivó en la detección, en varios artefactos líticos, y en especial en sus bordes, de concentraciones significativas de oxalatos de calcio, propias de haber estado en contacto con tejidos leñosos de dicotiledóneas, como las diversas especies de la zona del Lago Natrón, donde se encuentra dicho yacimiento. Obviamente dicha experiencia se sitúa en un límite cronológico (1,7-1,5 Ma) donde todo son posibilidades, al menos desde ahí hacia el presente el marco sociocultural, donde aplicar la búsqueda de oxalatos de calcio, es sencillamente compleja... e ingente.

### Clasificación morfológica

Las morfologías descritas por Franceschi & Horner (1980), basándose a su vez en la clasificación de Haberlandt (1914), no presentan la diversidad morfológica de las biomineralizaciones silíceas (como silicofitolitos y microorganismos acuáticos), pese a ser más abundantes que éstas en el reino vegetal (Simkiss & Wilbur, 1989). Pudiendo llegar a ser muy dispares por especies únicamente en forma y tamaño entre ellas, ya que la ornamentación,

en el caso de los oxalatos puede considerarse un parámetro ausente, al tratarse de cristales aislados o agrupados. Dichas formas básicas se restringen a las siguientes: *rafidios* (*rafids*), o agrupaciones de *cristales aciculares y fusiformes*, *formas estiloides* (*styloid*) alargadas con extremos apuntados (*elongated with pointed ends*), *formas prismáticas* (prisms), “*arena de cristales*” (*crystal sand*), formada por pequeños cristales aislados y *drusas* (druse), como agregados más o menos esféricos de cristales individuales. Según Franceschi & Horner (1980) pueden aparecer otras morfologías, como variaciones de las prismáticas y agregados de cristales, pero de forma menos habitual.

Teniendo en cuenta estas descripciones morfológicas, más o menos universales, se atendió igualmente al estudio realizado por Pinilla *et al.* (1997), sobre el papel de los cristales de oxalatos de calcio en los procesos pedológicos del calcio en suelos de la zona de Madrid (España). En el mismo se describen, como parte del trabajo experimental con plantas silvestres del entorno analizado, algunas formas presentes en las mismas, primando la identificación de las prismáticas y de drusas. De este modo se comprueba como las biomineralizaciones de oxalatos de calcio son comunes, en tallos y hojas, en especies pertenecientes a los géneros *Juniperus*, *Quercus*, *Betula*, *Corylus*, *Halimium*, *Cistus*, *Erica*, *Rosa canina*, siendo manifiesta su ausencia en la leguminosa *Adenocarpus hispanicus*<sup>72</sup>. Aspecto que nos ha llevado a confirmarla igualmente en varias especies *Fabaceae* presentes en las Islas, como *Spartocytisus supranubius* (Retama del Teide), *Adenocarpus viscosus* (Codeso) y *Chamaecytisus proliferus* (Escobón), al menos en sus tejidos aéreos no-reproductivos.

Siguiendo igualmente una vía experimental, los estudios realizados con plantas de referencia presentes en las Islas Canarias, permitieron corroborar que en la mayoría de ellas se localizaban cristales de oxalato (Afonso, 2004a), e incluso existiendo la posibilidad de añadir alguna morfología no descritas en las clasificaciones mencionadas. Tal es el caso de las pequeñas formas *fusiformes*, identificadas en el “barbuzano” (*Apollonias barbujana*), y las morfologías *trapezoedrales* identificadas en la “faya” (*Myrica faya*), que ya fueran igualmente descritas por Pinilla *et al.* (1997) en otras especies leñosas como *Juniperus comunis* y *Betula celtibérica*. Si nos atenemos a las descripciones proporcionadas por los autores citados, las formas trapezoedrales estarían dentro de las prismáticas, como lo estarían igualmente las de tipo romboedral.

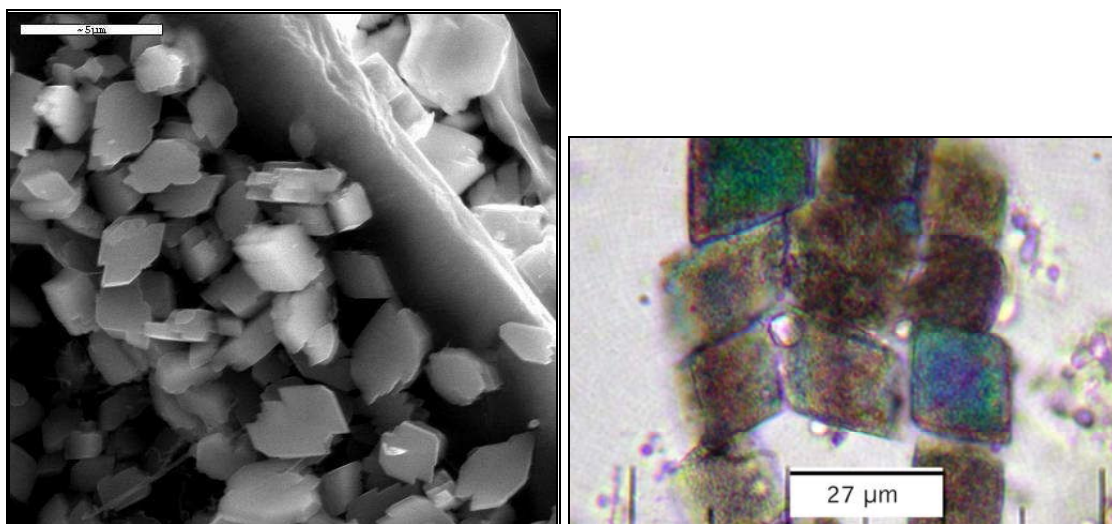
---

<sup>72</sup> En este sentido, los datos y lecturas aportados indican una relación entre el contenido en calcio de los suelos y la presencia de plantas que lo necesitan para su óptimo desarrollo. Las autoras confirman la baja concentración de este nutriente en la zona analizada, lo cual puede ponerse en relación directa con la abundancia, en dicha zona, de plantas que no contienen biomineralizaciones de oxalatos de calcio como *Adenocarpus hispanicus*, *Pteridium aquilinum* o *Corylus avellana*, que presenta bajas concentraciones de éstas. En el primer caso esta lectura aporta un dato de relevancia para el estudio biomineral de las leguminosas de alta montaña de Tenerife, como el codeso (*A. viscosus*) y la retama del Teide (*Spartocytisus supranubius*), donde hemos comprobado la baja proporción de cristalizaciones de oxalatos de calcio, al menos en sus tejidos foliares (tallos fotosintéticos) y troncos (tallos y raíces).

En el estudio realizado con taxones pertenecientes a varios de estos géneros, y en algunos casos endemismos de las Islas, se ha logrado identificar todas las formas descritas anteriormente, aunque debe tenerse en cuenta que se trata de morfologías basadas en pseudomorfos de calcita, derivados de la calcinación, a temperatura moderada (400-500°C) de tejidos vegetales donde se contienen oxalatos de calcio de forma natural. No obstante, no tenemos constancia de que dicho tratamiento modifique totalmente la morfología de dichas partículas, como sí hace con su naturaleza físico-química. Aunque sí que se han detectado cambios importantes, especialmente en la estructura interna, en el caso de los pseudomorfos procedentes de las cenizas de *Pinus canariensis*, y otras formas similares en plantas del mismo género, a medida que se aumenta la temperatura y ésta supera los 400°C.

Por el momento puede decirse que muchas de estas formas son redundantes entre especies del mismo género, no existiendo, al contrario que con los silicofitolitos, un problema de multiplicidad morfológica dentro de una misma de ellas. Por lo general, si en los tejidos foliares aparecen cristales de oxalatos de calcio, en los troncos hallaremos las mismas o muy similares morfologías.

Las formas más comunes y repetitivas las encontramos en los tejidos de leñosas como la Faya (*Myrica faya*) con geometría romboedral (**Figura 137**) presentes igualmente en el “Mocán” (*Visnea mocanera*), el “Madroño” (*Arbutus canariensis*), “Naranjero salvaje” (*Ilex canariensis*) y otras angiospermas dicotiledóneas como el “algarrobo” (*Ceratonia* sp.), siempre situadas –como una forma común– alrededor de los vasos conductores del xilema (**Figura 138**).

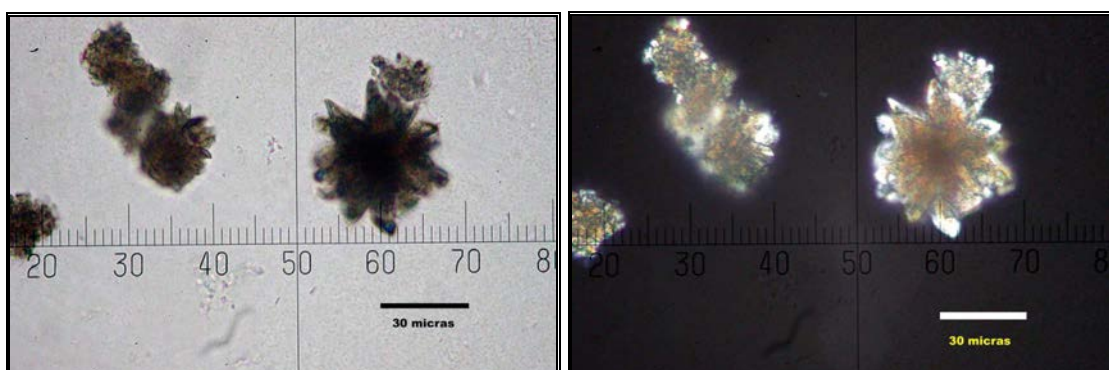


**Figura 137** (Izqda.), Cristales trapezoedrales en una dicotiledónea observados al microscopio electrónico. **Figura 138** (Drcha.), cristales romboedrales en troncos de *Myrica faya*, microscopio óptico, 600x. J.A.

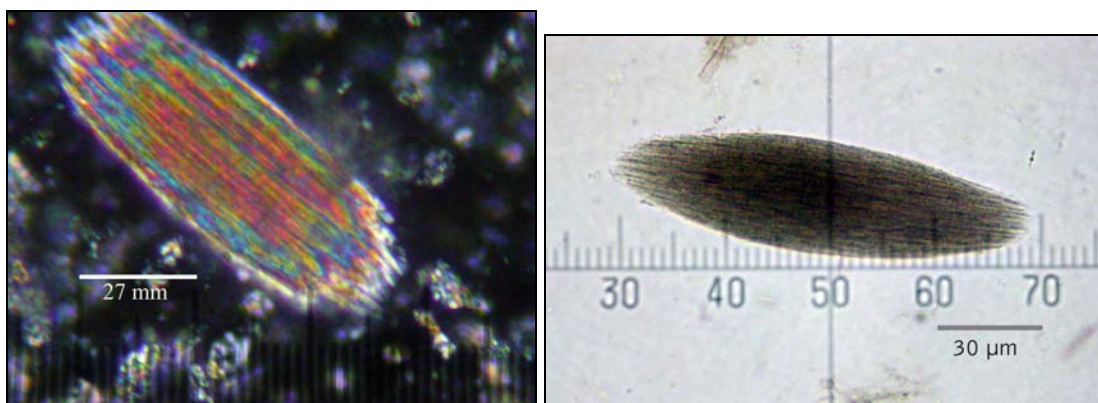
Por su parte las drusas son observables en plantas autóctonas como *Rumex lunaria* pero también en endemismos canarios como *Silene berthelotiana* (**Figura 139-140**), igualmente se tiene constancia, aun por constatar en los escasos representantes de la familia *Malvaceae* en Canarias, que se encuentran presentes en el género *Sida* sp. (Molano-Flores, 2001).

Rafidios de oxalato se localizan de forma muy clara en las hojas de *Dracaena drago* (Figura 141), donde presentan grandes dimensiones ( $>120\ \mu\text{m}$ ) al igual que en *Rubia fruticosa* (Figura 142). También fueron localizados grandes cristales fusiformes con la misma composición y morfología, en el fruto de *Phoenix canariensis*.

La arena de cristales (Figura 143) la encontramos bien definida en los tejidos de *Prunus lusitanica* (Hija), *Juniperus turbinata* (Sabina) y *J. cedrus* Webb & Berth (Cedro), tanto en sus tejidos leñosos, corteza y hojas. Se trata de pequeños cristales ( $<2\ \mu\text{m}$ ) unidos entre sí en una trama de tipo puzzle, muy evidentes bajo luz polarizada pero casi imperceptibles bajo nícoles paralelos (luz transmitida convencional).



**Figura 139** (Izqda.), Drusas de oxalato en *Silene berthelotiana*, luz transmitida convencional. **Figura 140** (Drcha.), las mismas bajo luz polarizada. Ambas: 400x.



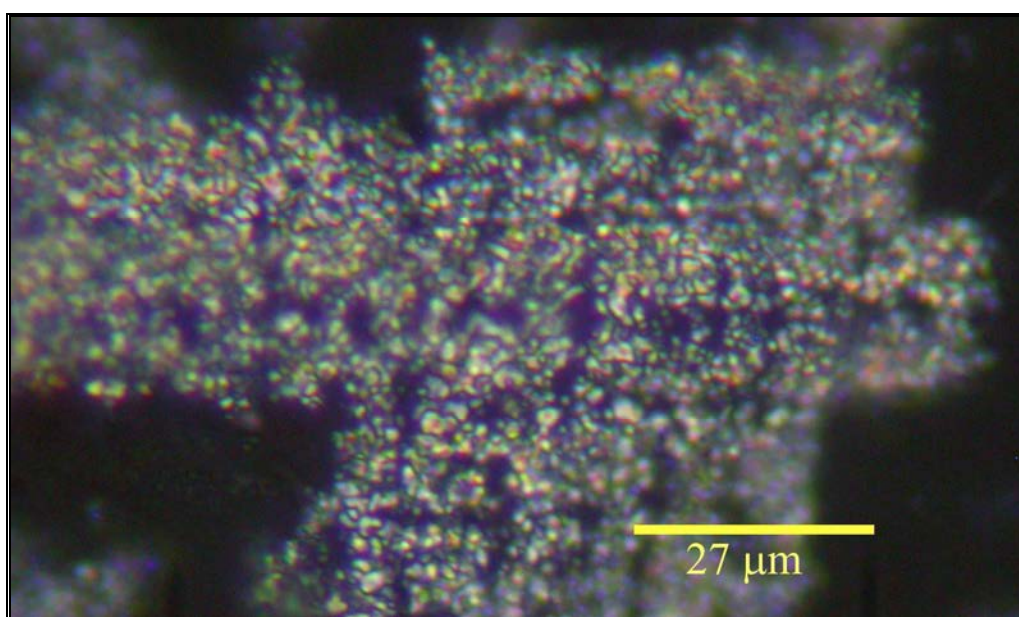
**Figura 141**, Oxalatos de calcio agrupados en *rafidio* en *Dracaena drago*, 600x. **Figura 142** (Drcha.), En *Rubia fruticosa* (400x).

Cristales fusiformes, pero de muy pequeñas dimensiones, se localizan en los tejidos leñosos de las dos especies del género *Erica* sp. presentes en la flora de las Islas (*E. arborea* y *E. scoparia* L. subesp. *platycodon*), en un rango situado por debajo, y ligeramente por encima, de las  $2\ \mu\text{m}$ . Se trata de biomineralizaciones extremadamente abundantes, que superan en concentración a las de tipo silicificado.

Un buen ejemplo de cristales estiloides, alargados con márgenes apuntados (*elongate with pointed ends*), corresponde a los morfotipos, de oxalato de calcio, presentes en los tejidos de “pino canario” (*Pinus canariensis*), aunque



sin serlo exclusivo para esta especie, ya que también lo comparten *P. sylvestris* y otras gimnospermas. Aquí se trata de formas características de la planta, que pueden observarse tanto en los tejidos leñosos como foliares (acículas). Pero que son compartidas por otras especies del género *Pinus* sp., aunque con variaciones morfométricas que aun deben definirse mediante estudios en profundidad. En todo caso, los llevados a cabo con tejidos de *Pinus canariensis*, realizados de forma detallada y variando las condiciones experimentales, revelan ya algunas de las significativas variaciones producidas en su estructura interna (cristalina) en función de la intensidad térmica empleada en el tratamiento de calcinación. Hemos comprobando cómo a partir de 350°C se abre un proceso de alteración de los oxalatos, perfectamente apreciable, con cambios en sus propiedades birrefringentes e integridad de su morfología, que pasa a presentar el aspecto de una fragmentación interna en múltiples cristales de color verde azulado.



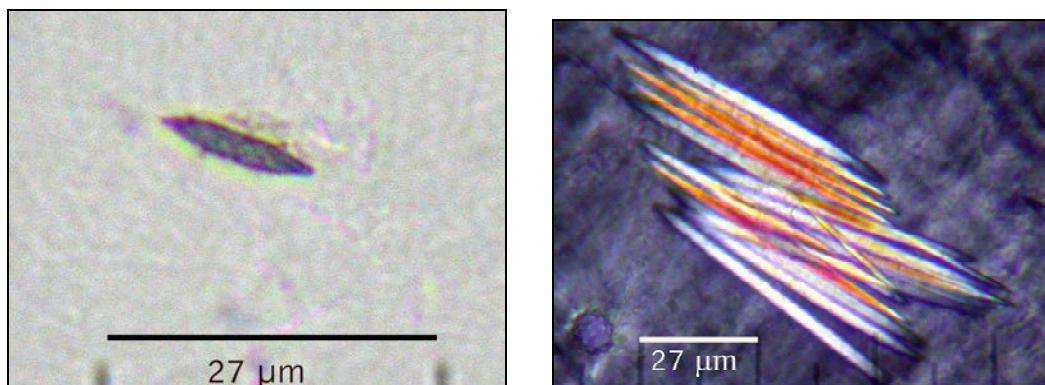
**Figura 143**, Arena de cristales de oxalato en troncos de *Juniperus turbinata*, 600x.

También cristales fusiformes se contienen en los tejidos leñosos de “barbuzano” (*Apollonias barbujana*) aunque aislados y de muy pequeño tamaño (**Figura 144**), si son comparados con los presentes en el fruto de *Phoenix canariensis*, aunque en este caso agrupados en rafidios (**Figura 145**). E igualmente parecen contenerse en los tejidos foliares de una laurácea como el “tilo/til” (*Ocotea foetens*), donde como ocurre con otras especies similares, la proporción de los cristales de oxalato es muy superior a la de las silicificaciones.

Por último se han detectado cristales fusiformes en una muestra de vegetación briofítica de Las Cañadas del Teide (inmediaciones del Lomo de Chío), confirmando las indicaciones de Simkiss & Wilbur (1989) al respecto del contenido de sales oxalatos de calcio en líquenes y hongos.

### Contenido en oxalatos de calcio en las plantas patrones de referencia: el caso de Canarias.

Como ya se ha citado, la mayoría de biomineralizaciones de oxalato de calcio, de morfología consistente y en plantas de referencia, han sido localizadas en especies arbóreas, como las pertenecientes a las familias *Lauraceae* y *Pinaceae* (Figuras 146 y 147) pero también en las arbustivas, como *Solanaceae* y *Ericaceae*.



**Figura 144** (Izqda.), Pequeño cristal de oxalato en *Apollonias barbujana*. **Figura 145** (Drcha.), grandes cristales aciculares en *Phoenix canariensis*. Ambas: 600x.

Y no sólo se trata de morfologías que pueden permitirnos su localización en contextos prehistóricos –de operarse óptimas condiciones de conservación– sino que su concentración, tal y como se ha expresado de forma preliminar (experimental), es significativa en algunas de las familias mencionadas. Efectivamente, como se expresaba en los primeros resultados obtenidos de forma preliminar sobre la naturaleza química de las biomineralizaciones analizadas, por familias botánicas, hasta 2004 en Canarias (Afonso, 2004a), la presencia de oxalatos de calcio, en las especies analizadas, se mostraba significativamente mayor que las biomineralizaciones de sílice amorfo (silicofitolitos), al menos en las plantas terrestres muestreadas y sometidas a analíticas experimentales.

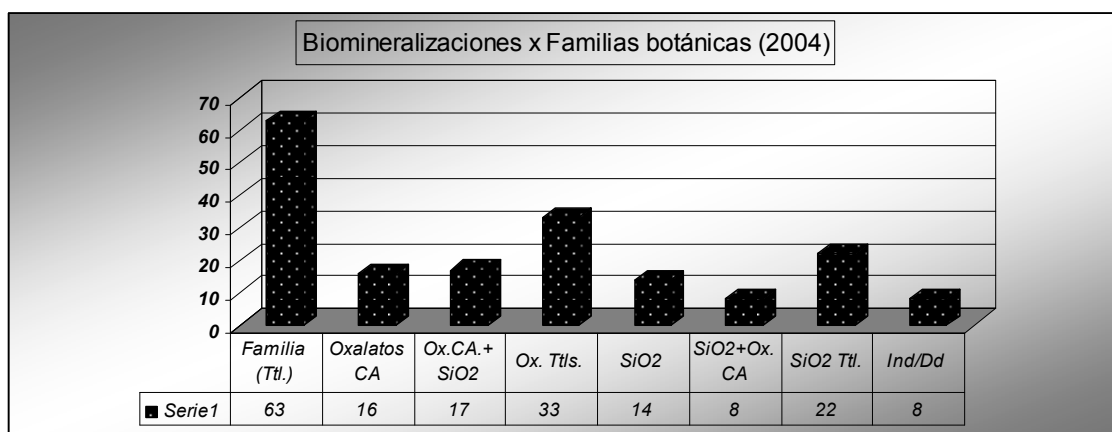
Puede decirse que el contenido en oxalatos en las plantas analizadas es alto, sobre todo en los tejidos leñosos de plantas como las gimnospermas, pero también en numerosas angiospermas dicotiledóneas. En realidad este hecho sólo es la constatación de lo afirmado por McNair (1932) y que también citan Simkiss & Wilbur (1989), para ejemplificar lo amplio de la distribución de los oxalatos entre las plantas superiores. Si bien no son las únicas que los desarrollan ya que también se observan en los líquenes, ocasionalmente las algas y algunos tipos de hongos<sup>73</sup>. Por motivos de limitación de objetivos no han sido contemplados estos últimos grupos en las tareas experimentales de nuestro trabajo, pero no puede descartarse que su estudio, en algunos contextos, fuera necesario atendiendo a los patrones de explotación del medio vegetal de ciertas zonas en época prehistórica, por ejemplo los asentamientos de costa y montaña.

<sup>73</sup> Citado como Com. Pers. por Simkiss & Wilbur, 1989.



**Figura 146** (Izqda.), Oxalato estiloide en troncos de *Pinus* sp. (pos. *sylvestris*) calcinados a 400°C y observado a 600x. **Figura 147** (Drcha.), Morfotipo similar en troncos de *Pinus canariensis* calcinados a 350°C (400x). Pese a la manifiesta similitud morfométrica de este tipo de oxalatos, su singularidad puede considerarse como de diagnóstico al menos a nivel de género. J.A.

La importancia del estudio de oxalatos parece, por todo ello, fundamental, pese a que hacerlo en contextos prehistóricos revierte en metodologías que aun deben adaptarse aun más a sus especiales características de conservación y recuperación. Solamente teniendo en consideración que los oxalatos de calcio se encuentran presentes en especies pertenecientes al menos a 33 de las familias botánicas analizadas (Gráfico 14), y que de ellas muchas tuvieron una importancia clave –atendiendo a su uso más común como material combustible–, que alimentaría por generaciones las fundamentales estructuras de combustión de toda la secuencia prehistórica de Canarias, ya nos introducimos directamente en aspectos relevantes a nivel arqueobotánico.



**Gráfico 13**, Distribución de biomneralizaciones en las familias botánicas analizadas.

Centrándonos en el estudio de oxalatos, en cualquier material arqueológico, con él se tiene asegurada el abordaje de numerosas cuestiones asociadas, tanto económicas como sociales y culturales. Únicamente, como ya señalara Albert *et al.* (1999; entre otros) pese a que los oxalatos constituyen el grueso

de las biomineralizaciones que formarían los niveles cenicientos de dichas estructuras, su rol en sedimentos y suelos no es todo lo favorable que desearíamos, sufriendo rápidos procesos de disolución. Pese a ello, y a juzgar por su presencia en ciertos enclaves arqueológicos de las Islas, como el yacimiento prehistórico de El Tendal (La Palma), el primer paso debe ser la voluntad metodológica de su recuperación y valoración, algo que se confirmó como posible mediante el empleo del método descrito por Pinilla & Bustillo (1997), Juan-Tresserras (1997; 2000) y Korstanje (2006?, tesis). Dicho objetivo es posible siempre que asumamos la modificación del aparato metodológico empleado, restringido a su idoneidad para con el conjunto microfósil silicificado. Asumiendo que la disposición, en nuestras preparaciones del registro de global de microfósiles vegetales, con la posibilidad de conservar los no-silíceos, es decir también de los de oxalatos, sin duda ampliará el rango explicativo de nuestro trabajo hacia apartados, de “regiones botánicas” que en los estudio de silicofitolitos tienden –por razones obvias pero no excluyentes– a no ser exploradas en la actualidad.

### **Contenidos en oxalatos/pseudomorfos de calcita y sílice.**

Uno de los principales objetivos del estudio de biomineralizaciones en plantas de las Islas Canarias, con fines arqueológicos y paleobotánicos, ha sido la determinación de su contenido en oxalatos y sílice. Las variaciones por tipo de plantas son aquí muy acusadas, siendo posible evidenciar las mismas mediante básicas prácticas de laboratorio. La estimación de la pérdida de peso, asociada a los procesos de calcinación y la de la ceniza resultante tras el ataque ácido son dos de esas prácticas que pueden permitir establecer en qué relación se encuentran los contenidos de oxalato/pseudomorfos de calcita y sílice. Los resultados indican que esta relación en los tejidos vegetales puede ser muy dispar, pero centrada en tres situaciones básicas:

- Alto contenido en oxalatos/p. de c. y bajo en sílice
- Bajo contenido en oxalatos y alto en sílice
- Contenidos medios entre oxalatos y sílice

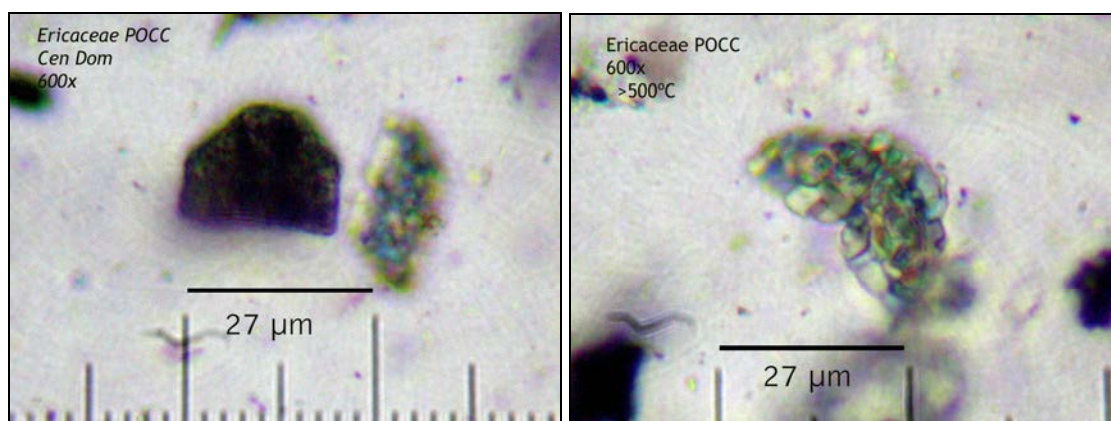
Las plantas analizadas en laboratorio, pertenecientes a familias botánicas muy dispares indican efectivamente alguna de estas tres situaciones (**Gráfico 12**). Pudiendo ejemplificarse la primera de ellas en *Pinus canariensis* (acículas), donde el peso de la ceniza se reduce drásticamente cuando se aplican HCL+HNO<sub>3</sub>, siendo el %SiO<sub>2</sub> muy bajo (>0,40%). En este caso puede deducirse que la ceniza está básicamente formada por pseudomorfos de calcita derivados de la transformación de oxalatos de calcio durante la calcinación. El siguiente caso lo podríamos ejemplificar en una gramínea como *Phragmites australis* (hojas), donde apenas existe diferencia entre el peso inicial y final.

### **Aspectos asociados a la transformación y degradación de oxalatos de calcio en suelos y sedimentos arqueológicos.**

La permanencia de oxalatos de calcio, o el resultado de su transformación en pseudomorfos de calcita, en suelos y sedimentos es muy limitada (Albert *et al.*, 1999), dependiendo siempre de determinados parámetros asociados a las características y dinámica del material de acogida. Para la identificación microscópica de oxalatos, en un medio donde se haya operado un proceso de calcinación o combustión, siempre hay que esperar que será bajo la forma de pseudomorfos de calcita, o como designan Brochier & Thinon (2003) POCC

(*pseudomorphose d'oxalate de calcium en calcite*). Estos autores incluso plantean que si la temperatura de combustión excede 600°C, los pseudomorfos de calcita existentes son reducidos a partículas de limo, presentándose finalmente como muy pequeños cristales de cal.

Efectivamente, en todas las pruebas experimentales realizadas, efectuadas a varias temperaturas y sobre tejidos vegetales de plantas como las pináceas o ericáceas, se ha comprobado que los oxalatos varían sus propiedades ópticas e incluso sus caracteres morfológicos, y que tales variaciones están directamente relacionadas con el aumento de la temperatura de combustión. En los oxalatos del género *Pinus* sp. puede seguirse perfectamente este hecho, ya que se observa como a una temperatura de 350°C el estado de los oxalatos, ya transformados en pseudomorfos de calcita, es el idóneo en cuanto a caracteres morfológicos como la integridad de su superficie y el contraste de sus bordes, que los hacen perfectamente distinguibles. La temperatura de 400°C y especialmente la de 500°C modifica notablemente tales rasgos, produciéndose también una alteración significativa en sus propiedades ópticas. El mismo proceso ha sido observado en oxalatos/pseudomorfos pertenecientes a Ericáceas, detectándose los mismos rasgos de alteración (**Figura 148**), que van precedidos de la aparición de múltiples cristales en lo que era el cuerpo del cristal de oxalato/pseudomorfo (**Figura 149**).



**Figura 148** (Izqda.) Aspecto de una cristalización de oxalato/pseudomorfo de calcita a una temperatura que aun no ha modificado su estructura interna y morfología. **Figura 149** (Drcha.) Cristalización similar a la anterior pero ya propia de un pseudomorfo de calcita, con variaciones asociadas al incremento de la temperatura de combustión (Drcha). 600x. J.A.

Como también se observa en los residuos calcinados de *Pinus* sp., la variación es significativa, derivando en una mayor complejidad para el estudio de tales biomineralizaciones, una vez han sufrido la alteración propia de la calcinación. El resultado final de este proceso —aun por comprobar por vía experimental— creemos que es la fragmentación del pseudomorfo y la pérdida de su integridad morfológica, tal y como parece apreciarse en cristales similares, que no responden ya a la morfología de la arena de cristales localizados en sedimentos arqueológicos. Entonces la identificación microscópica se ve comprometida, aunque siempre puede esperarse un

reconocimiento taxonómico en aquellas morfologías no totalmente fragmentadas. En esa dirección se orientan las apreciaciones de Brochier & Thinon (2003), planteando que si la temperatura excede 600°C, algo común en un hogar doméstico, los pseudomorfos adquieren la forma de cal, presentándose —después de la hidratación y carbonatación— como finos cristales de calcita.

Tales apreciaciones confirman la necesidad no sólo de estudiar microscópicamente los oxalatos existentes en las plantas, sino además bajo diferentes condiciones de alteración, y en especial aquellas asociadas a procesos de combustión. Como los que acontecen generalmente, de forma fuertemente localizada e intensa, en numerosos sitios de ocupación prehistórica. Aunque tanto en cuanto a la inestabilidad potencial de los oxalatos de calcio depositados en sedimentos y suelos, como a la transformación y degradación que sufren por acción del fuego, sus posibilidades de ser detectados y identificados taxonómicamente sean muy escasas —en muchas ocasiones—, su alto desarrollo en los organismos vegetales obliga a poner en marcha mecanismos analíticos volcados hacia su recuperación. Más cuando se encuentran vinculados a diversas actividades antrópicas que involucran la transformación o utilización de productos vegetales que pueden contenerlos. Y sí, como fitolitos la labor de la actividad arqueobotánica pasa por la obligatoriedad de valorar su presencia o rastro de la misma, que sólo una vez descartada puede continuarse —como es habitual— con los de base silíceo. La complejidad de los objetivos de la Arqueología actual no puede pasar por alto un tipo de evidencias que, por esquivas, representan tan claramente todas aquellas especies vegetales que, como las leñosas, han servido de forma tan continuada al desarrollo de muchas sociedades humanas de la Prehistoria e Historia.

#### **GRÁNULOS DE ALMIDÓN: NATURALEZA Y PROCESOS DE PERMANENCIA EN MATERIALES ARQUEOLÓGICOS.**

Sin duda el siguiente tipo de microfósil que ha guiado el estudio de los recursos vegetales en Prehistoria, es el almidón, los gránulos de almidón o almidones. Aunque existen trabajos que confirman su estudio en sedimentos y suelos para vincularlos a concretos procesos históricos, lo cierto es que donde mayormente se aplica éste es a los temas relacionados con la alimentación (Juan-Tresserras, 1997; Scott-Cummings & Magenis, 1997; entre otros), un aspecto donde la microscopía analítica —como bien demostró Wallis (1963)— tiene muchas posibilidades de aportar técnicas concretas de detección e identificación. Ciertamente su aparición en materiales como cálculos dentales, asociados o no a la presencia de fitolitos (Afonso, 2007a) y coprolitos nos provee de una información que, a todas luces, debe considerarse directamente relacionada, derivada, del consumo de plantas que contienen almidones.

A nivel de fisiología vegetal el almidón tiene un origen y significado muy distinto al del resto de elementos microscópicos, de origen vegetal, tratadas en este trabajo. La presencia de almidón en las plantas es el resultado un proceso fotosintético por el que estas consiguen transformar el dióxido de carbono en carbono orgánico, lo cual se logra aprovechando la energía proporcionada por la luz solar para generar una sustancia sencilla (un glúcido)

partiendo de una molécula inorgánica, con desprendimiento de oxígeno (Gabriel y Galán Moris, 2002).

El almidón se encuentra en las plantas en forma de granos microscópicos, localizándose, en los cereales y otras plantas superiores, dentro de orgánulos celulares eucarióticos denominados *plastidios*, recibiendo estos entonces el nombre de *amiloplastos* (Hoseney, 1991). Esta característica es fundamental para identificar microscópicamente grupos de plantas con producción de almidón, especialmente cuando se localizan fragmentos enteros de tejido vegetal, entonces podrían identificarse –en función de la agrupación, aislamiento y tamaño de los granos– si se trata de granos propios del grupo *Triteceae* (trigo, cebada, y centeno), que presenta granos simples, o de otros que, como el arroz y la avena los presentan compuestos, siempre insertos dentro del amiloplasto (Hoseney, 1991).

La variabilidad de los granos es restringida a escasas diferencias de tamaño en el caso del grupo de los cereales citados, mientras que se amplía en las numerosas especies vegetales que los desarrollan. De tal forma que nos encontramos con granos tan pequeños como los desarrollados por el arroz (5-8  $\mu\text{m}$ ), hasta otros de diferente tamaño y morfología como los de la papa/patata (*Solanum tuberosum*) o el sagú/achira (*Canna* sp.) que llegan a alcanzar las 100  $\mu\text{m}$  (Wallis, 1963).

La estructura semicristalina de almidón fue confirmada en el trabajo dirigido por Katz, en 1930 (Hoseney, 1991), aunque, según este autor, debiera matizarse que los granos en realidad presentan *birrefringencia* porque están altamente ordenados en su estructura interna, sin ser ésta cristalina. Hoseney, para ilustrar lo que puede ser un material no-cristalino –pero de estructura ordenada– los compara con las propiedades del papel, que no siendo birrefringente en su totalidad, sí contiene cristales, permitiéndonos entonces hablar de una naturaleza semicristalina, mientras que el almidón no contiene dichos cristales.

Los almidones son partículas que contienen elementos energéticos para la planta, característica que es aprovechada, por parte del hombre, para darle varios usos, y de forma especial en la alimentación (Wallis, 1968; Flint, 1996), siendo los de cereales unos de los más empleados (Hoseney, 1991). Al constituirse como partículas fáciles de agrupar por procesos industriales, el almidón –en sus diferentes estados de alteración– es empleado como base para fabricar papel, adhesivos, etc. (Philippe, 1995). Esta particularidad, tremendamente funcional para el hombre, viene dada por su composición, basada mayoritariamente en amilopectina y en menor cantidad por amilosa, aunque la concentración de ambos varía en función de la fuente de origen.

El comportamiento de estos compuestos, bajo diferentes condiciones de temperatura e hidratación permite emplearlos con distintos fines, siendo su investigación tecnológica un recurso que en la actualidad permite nuevas expectativas, como es la base para fabricar productos biodegradables (Villada *et al.*, 2008). Se trata en todo caso del control del proceso de alteración y posterior estabilización que sufre el almidón cuando se le calienta en líquidos y deja enfriar posteriormente. Dicho proceso, conocido como gelatinización y gelificación del almidón respectivamente (Hoseney, 1991), supone la pérdida irremisible de las características que permiten su identificación, en especial su birrefringencia y la denominada *cruz de extinción de luz* o Cruz de Malta.

Se trata de dos parámetros fundamentales para su detección, más compleja si no se dispone de luz polarizada, y sobre todo para realizar una identificación taxonómica. Aunque la presencia de almidón modificado es aun posible si se emplean métodos concretos, como la tinción yodada.

El valor económico del almidón es muy elevado, al permitir elaborar numerosas sustancias y productos, alimenticios e industriales. Desde el punto de vista de un análisis microscópico, la identificación de almidones alterados es posible al menos hasta que se produce, por efecto del calentamiento en medio líquido, la pérdida de los parámetros que permiten la misma. De este modo sigue siendo importante, a nivel de interpretaciones alimenticias, identificar almidones tanto en estado original como alterado.

A nivel de investigación microscópica conviene reafirmar que, a medida que aumenta el grado de alteración del almidón, descienden las posibilidades de identificar sus características aisladas, aunque es posible hacerlo con la acción conjunta de reactivos químicos que, como el yodo y la tinción yodada permiten detectarlos, mediante un cambio de coloración asociado a su alto contenido en amilopectina o *céreos* (Flint, 1996). Con todo ello, es fácil concluir con que la identificación de almidones, a nivel microscopía arqueológica, puede seguirse en función de su antigüedad y grado de alteración. Los almidones de etapas prehistóricas se encontraran con menor grado de ésta, mientras que a medida que avanzan las históricas —y derivados de los distintos procesos de tratamiento de productos vegetales incorporados— se volverá más compleja dicha identificación, al menos si lo que se busca es una determinación taxonómica. En todo caso, las técnicas analíticas actuales, basadas en la medición de complejos parámetros fisico-químicos, podrían determinar en función de las concentraciones de compuestos y componentes, la naturaleza de un residuo derivado de un producto donde esté presente el almidón (Villada *et al.*, 2008), entre ellas se ha revelado particularmente útil la difracción por rayos X (Hoseney, 1991).

La posibilidad de que tales partículas se conserven en materiales arqueológicos es alta, al menos cuando se operan condiciones óptimas para ello, en este caso ausencia de ataques bacterianos y altas temperaturas. La mayoría de materiales, donde se pueden localizar, están relacionados bien con procesos de tratamiento de vegetales (molturación, cortado, cocción, etc.), bien de su consumo, bajo la forma de residuos de alimentos confeccionados con alguna de las especies provenientes de las familias botánicas que los producen como *Poaceae*, *Leguminosae*, *Solanum*, entre otras, y no sólo entre las de tipo cultivado sino también silvestre, como ocurre en Canarias con el caso de los pteridofitos y en concreto de *Pteridium aquilinum* (Afonso, 2004b).

Pero también a nivel arqueológico pueden estudiarse en un material que no precisamente favorece su conservación, como ocurre en residuos y restos bioantropológicos, como los sedimentos. Esta es pues la principal razón para un estudio de almidones en contextos arqueológicos, aunque la diversidad de los mismos obliga a una estrategia diferencial de análisis, donde priman las características del material y las técnicas de tratamiento. En todo caso siempre se persigue el objetivo de localizarlos desde su propio significado energético vegetal, ya que todo material relacionado con frutos, semillas y rizomas puede —de forma hipotética preliminar— contener este tipo de



elementos microscópicos. De tal modo que su concentración en elementos relacionados con el almacenaje o procesado de tales zonas de las plantas, podría relacionarse directamente con prácticas alimenticias, al menos en lo que respecta a cronologías prehistóricas e históricas hasta la Edad Media, luego las propiedades del almidón potenciarán otros usos<sup>74</sup>.

### Una investigación orientada hacia la detección y la diferenciación.

Como ya se ha comentado anteriormente<sup>75</sup>, la investigación orientada hacia la diferenciación de gránulos de almidón tiene –al igual que la de otros elementos portadores de información microscópica– antecedentes que arrancan en el siglo XVIII, cuando también lo hacen las bases de la microscopía óptica moderna, para luego en el siglo XIX prestarles importancia desde una perspectiva económica, en concreto para aplicaciones industriales<sup>76</sup>. Ugent y Scott (2004, web) citan obras de referencia incluso anteriores, como las publicadas a principios del siglo XVIII, siendo en este caso Leeuwenhoek (1719) quien también parece ponerse a la vanguardia de los microscopistas históricos<sup>77</sup>, obviamente entendemos que sus medios técnicos aun no podían permitirle detectar la birrefringencia de estos cuerpos ¿o sí?. Pero es a principios del siglo XX cuando su estudio comienza a ser empleado con fines analíticos, y en concreto se relacionaran con la alimentación (Muter, 1906), necesidad humana (de ámbito privado pero también público) que sigue requiriendo de este tipo de análisis. Será también en dicho ámbito, en concreto para descubrir posibles adulteraciones de alimentos, en base al reconocimiento de especies vegetales por sus granos de almidón, así como su grado de alteración donde T.E. Wallis (1963) cita la labor de Hasall, quien en 1859 demostrará que era posible distinguir la adulteración del café con achicoria, todo en base al estudio previo de ambos al microscopio óptico. Sin duda fue esa una enseñanza que no debe abandonarse, siempre que se quiera indagar en la Historia de los Alimentos/Alimentación, al menos si ésta se quiere abordar por vía arqueológica y empleando la arqueología experimental.

Para el caso de los almidones, tal y como propusiera Wallis (1968) y confirman otros autores como Flint (1996), ese también parece el camino correcto.

### Características básicas de identificación microscópica.

Los gránulos de almidón se estudian preferentemente bajo luz polarizada, técnica que los identifica poniendo de relieve su estructura parcialmente cristalina, entonces es cuando ofrecen su inconfundible aspecto de partículas de color blancoamarillento surcadas –a modo de cuatro radios desde el centro– por la denominada *cruz de extinción de luz* –también conocida como «Cruz de Malta» (Hoseney, 1991)– que deriva de la propiedad birrefringente del almidón y que se desarrolla desde el centro del gránulo, conocido como *hilum*. Desde aquí el resto de parámetros –según Wallis (1968)– y Flint (1996)

<sup>74</sup> El uso no-alimenticio del almidón se concentra especialmente en la fabricación de papel, al menos en esta época, posteriormente y hasta la actualidad la industria diversificará su empleo.

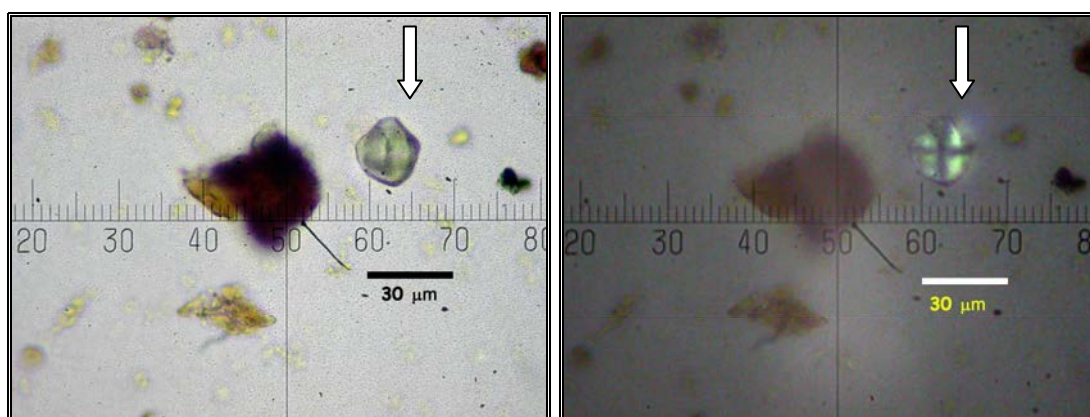
<sup>75</sup> Afonso, J.A. (2004).

<sup>76</sup> *Scientific American Supplement NO.*, 799, April 25, 1891.

<sup>77</sup> Ethnobotanical Leaflets Starch Research Page, 2004, *Southern Illinois University Carbondale*.

a tener en cuenta son: *color, finura, forma, hilo, estriaciones, dimensiones, agregación* (simples o compuestos) y *capacidad polarizante*.

Pero a nivel arqueológico la primera salvedad a tener en cuenta, es que su imagen –cuando se les observa al microscopio– ya no es la de una partícula similar a las de las harinas, semillas y tubérculos de referencia, porque a diferencia de los microfósiles de composición silícea (aunque estos sufran sus particulares procesos tafonómicos), los gránulos de almidón pueden, o no, haber conservado los parámetros que permiten su identificación. Por lo general –en virtud de las observaciones realizadas hasta 2012– puede detectárseles únicamente bajo luz polarizada, aunque a veces, especialmente cuando se trata de cálculos dentales, puede distinguirse su contorno sin necesidad de aplicar este mecanismo. La presencia de la *cruz de extinción de luz* o *cruz de Malta* es por lo general la primera prueba de su existencia en un material arqueológico, aunque puede observarse un “matiz especial” en la partícula, aun cuando el nivel de polarización es muy bajo (**Figura 150-151**). Por lo general si el equipo microscópico empleado no cuenta con este tipo de iluminación, la identificación es muy compleja, teniendo entonces un fuerte componente de pericia su observación. Aunque existen técnicas estandarizadas, como el empleo de tinción yodada, que pueden perfectamente evidenciar la presencia de almidón, aun en condiciones de moderada o total alteración<sup>78</sup> por gelatinización (**Figura 19**, p. 44).



**Figuras 150** (Izqda) y **151** (Drcha.), Gránulo de almidón en coprolito humano del siglo XVIII (Iglesia de La Concepción, S/C. de Tenerife). Aunque la partícula ya puede identificarse con luz transmitida normal (Izquierda), es al aplicar polarización completa (polarizador + analizador) cuando se hace visible la cruz de extinción de luz, que confirma la naturaleza semi-cristalina del almidón. Ambas a 400x.

Por ello es importante que el rastreo microscópico se realice alternando los tipos de luz, lo que facilita, igualmente, la comprobación de la existencia de otras partículas anisótropas que pudieran localizarse en la muestra, así como aquellas de comportamiento isótropo. Obviamente esta prueba podría realizarse empleando el método tradicional de tinción de yodo (Flint, 1996; Wallis, 1968; entre otros), pero solamente para la identificación de almidones,

<sup>78</sup> Hago referencia aquí al estado en el que aun es posible distinguir la cruz de extinción de luz, aunque sea débilmente.

ya que éste medio de inclusión no es precisamente el más adecuado para la de de otros microfósiles, en concreto los de base silicificada.

### **Gránulos de almidón en las plantas potencialmente incluidas en la alimentación de las poblaciones prehistóricas de Canarias.**

En el estudio de las plantas que pudieran contener gránulos de almidón y que participaran de alguna forma en la dieta de dichas poblaciones se han tenido en cuenta aquellas que son citadas en las fuentes etnohistóricas (Torriani, Espinosa, entre otros) y en algunos casos arqueológicas (Diego, 1968.; entre otros). Por ello se han procesado básicamente representantes de tres grupos: cereales, leguminosas y pteridofitos. En algunos casos, también siguiendo dichas fuentes y ya sin contestación arqueológica, se han las especies de euforbias más citadas en las mismas como las tabaibas y el cardón. Tal y como se expresa en algunos de los pocos trabajos de referencia existentes, estas especies poseen uno de los tipos menos comunes, a nivel morfológico, de gránulos de almidón como son los de forma de “hueso” (*bone shaped*) citado por Thomas-Domenech (1976) y confirmado mediante la observación del látex de estas singulares especies de nuestras zonas costeras<sup>79</sup>.

Si hipotéticamente –aunque con la amplia aportación de las fuentes escritas y arqueológicas existentes– establecemos por orden jerárquico la secuencia de: cereales, leguminosas y pteridofitos, como principales aportes de hidratos de carbono a la dieta aborígen, su estudio supone la adquisición de conocimiento microscópico de un buen número de especies. Pero a ellos habría que añadir –por motivos obvios de descartar especies no comúnmente citadas en dichas fuentes– y que podrían haber figurado en el repertorio florístico traído desde sus lugares de origen.

Por ello no podemos ceñirnos exclusivamente al grupo del trigo y la cebada, sino también ampliarlo a la avena e incluso al mijo. Inicialmente el sorgo se descarta por ser de latitudes africanas muy meridionales y el centeno porque su llegada con seguridad se produce tras la conquista de las Islas, se trata en este caso de un cereal de clima más templado. Se realiza, en dicho estudio microscópico, una selección por tipos de trigos y cebadas, aunque no conocemos trabajos sobre la variabilidad de los gránulos de almidón entre especies del mismo género.

En cuanto a las plantas explotadas en la prehistoria de las Islas, y con una implantación más extensa, sea el helecho o helechera (*Pteridium aquilinum*) un ejemplo de productor no-frumentario de almidones<sup>80</sup>.

### **Parámetros de estudio y selección de modelo comparativo de cuantificación.**

Tras comprobar, con el estudio de los almidones presentes en el cálculo dental de poblaciones históricas de Santa Cruz de Tenerife (Afonso, 2007), que existe un claro componente de variabilidad de los gránulos de almidón, con respecto a las colecciones de referencia, se optó por aumentar la cantidad de ejemplares tomados como referencia morfométrica. El estudio morfométrico, seguido de una básica cuantificación y estimación estadística como la varianza y la desviación estándar de los ejemplares estudiados a gran

---

<sup>79</sup> Efectivamente hemos comprobado este hecho mediante el análisis microscópico del látex de *Euphorbia balsamífera*.

<sup>80</sup> Ver Capítulo Resultados 5-I, Plantas Patronas, *Pteridium aquilinum*.

aumento (600x), indicó que estos parámetros son altos incluso para un número de ejemplares que se tiene como *mínimo número de ejemplares* en cualquier muestreo con fines científicos (100). Sin embargo, tal y como confirma la elevada varianza detectada en el estudio morfométrico y planteaban trabajos específicos (Lavalle & Mengascini, 2007), el número mínimo de individuos debe elevarse al menos a 500.

Los parámetros descritos por autores como Wallis (1963) y Flint (1996) parecen ser los que presentan los almidones para poder ser reconocidos y clasificados en cualquier tipo de contexto, a lo que creemos debe sumarse la indicación de que su estudio debe realizarse, dentro de lo posible, en 3D, empleado un medio de inclusión que permita su visualización desde todas las perspectivas posibles, haciéndolos rotar bajo presión.

### **Casística de los gránulos de almidón localizados en materiales arqueológicos de las Islas Canarias.**

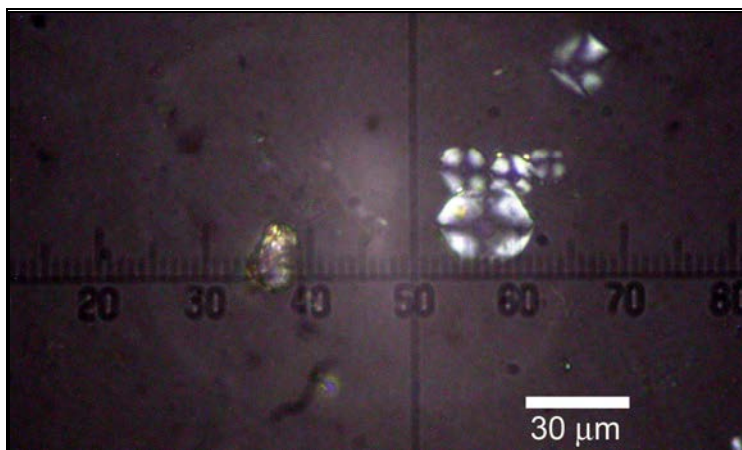
De los ejemplos de materiales arqueológicos analizados, son los cálculos dentales los que suelen contenerlos de forma habitual, aunque en la mayoría de los casos de forma aislada y en baja concentración, siendo un elemento microscópico que tiende a fijarse en la dentición cuando no se opera una adecuada higiene bucal (Afonso, 2007a; Juan-Tresserras, 1997; entre otros). Igualmente importante es la presencia de almidones en elementos de molturación, de hecho son el objetivo principal de los estudios realizados sobre tales materiales, entendiéndose que existe una relación directa entre éstos y muy concretos recursos vegetales —como cereales y leguminosas— cuyo principal valor es la fuente de hidratados de carbono y proteínas que aportan a la dieta. En el primer caso, tales hidratos se obtienen desde el consumo de almidones contenido —de forma mayoritaria— en el alumen amiláceo (López Bellido, 1991; Mauseth, 2003; entre otros). Su búsqueda e identificación por tanto sigue un objetivo concreto en microscopía arqueológica: relacionarlos con la dieta y alimentación de las poblaciones del pasado.

### **Gránulos de almidón localizados en materiales arqueológicos de las Islas Canarias.**

Su localización se circunscribe —en nuestro caso— a materiales residuales como los localizados en industrias cerámicas y de origen bioantropológico (sarro dental mineralizado, coprolitos y residuos intestinales). Aunque conocemos la determinación de almidones en materiales de acumulación indirecta por actividades humanas, tal que suelos de ocupación, por el momento en los materiales donde los hemos localizado con mayor asiduidad es en los de tipo bioantropológico, como cálculos dentales (Afonso, 2007a), incluso en estudios experimentales sobre muestras actuales<sup>81</sup>.

---

<sup>81</sup> Muestras extraídas de piezas dentarias durante intervenciones odontológicas por la Dra. Coral Malfaz (Santa Cruz de Tenerife), a quién agradecemos su amable colaboración.



**Figura 152**, Gránulos de almidón en sarro dental actual, 400x. J.A.

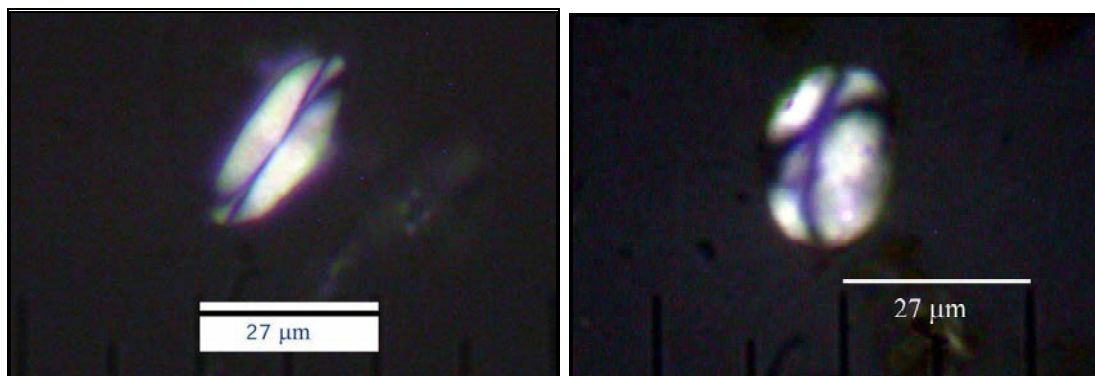
Los trabajos analíticos, realizados con los materiales bioantropológicos de la Iglesia de La Concepción (cálculos dentales y coprolito), en conjunción con los depositados en la denominada Colección del Cabrera Pinto (La Laguna), permitieron ampliar no sólo las lecturas referentes a la idoneidad de la metodología empleada para la extracción de silicofitolitos, sino también para la de almidones fósiles (Afonso, 2007a).

Aunque se trataba de materiales de muy dispar cronología, histórica (siglo XVIII) en el primer caso, y prehistórica para el segundo, el estudio comparativo, realizado siguiendo un protocolo completamente estandarizado, permitió abordar cuestiones relacionadas con la disparidad de procesos alimenticios en función también de hábitos culturales muy diferentes. Incluso, como ha venido siendo habitual durante el estudio microfósil de materiales arqueológicos, se han abierto una serie de posibilidades explicativas que obligaban a la ampliación del corpus empírico de referencia a nuestra disposición.

Por ello, la presencia de gránulos de almidón en ambos conjuntos arqueológicos derivó en una profundización en la obtención de información referencial que motivó, a su vez, el empleo de técnicas cuantitativas para la definición de criterios de identificación taxonómica más precisos. El modo de realizarlo fue, en concreto, volviendo a repetir observaciones sobre gránulos de almidón actuales, pero esta vez poniendo en marcha un estudio cuantitativo más amplio, siguiendo algunos trabajos al respecto para la estimación morfométrica de almidones de determinadas especies vegetales, como el centeno o el helecho común (**Figuras 153-154** respectivamente). De este modo pudieron emitirse lecturas sobre la adscripción taxonómica de los gránulos presentes en algunas muestras históricas hacia cereales diferentes a los presentes en época aborigen en la Isla de Tenerife (**Figuras 155-156**).

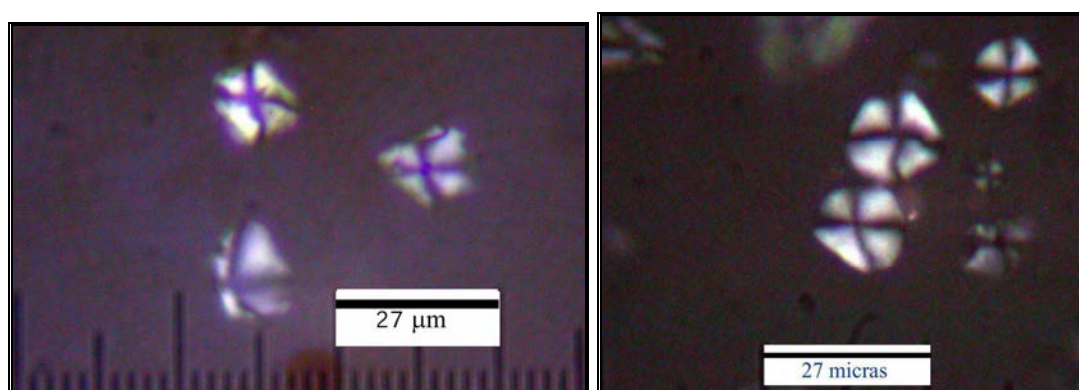
Desde el punto de vista de la explotación de los recursos vegetales, por parte de las poblaciones aborígenes de Tenerife, dejando un poco de lado las fuentes etnohistóricas y ciñéndonos al registro microscópico de residuos en los materiales señalados, el conjunto de tipologías de almidones se reduce al grupo de escasos cereales –grupo del trigo y la cebada– y los que podrían adscribirse a las partes rizomatosas de algunos pteridófitos. Paradójicamente las características de estos registros –insertos en residuos cerámicos, cálculos dentales y residuos de zonas intestinales–, han podido ser fácilmente

apreciables con el estudio de los mismos materiales pero de época histórica (siglo XVIII). Es aquí, en estos últimos, donde hace presencia una tipología no identificada en los de filiación prehispánica, como son las formas subesféricas y de tendencia poliédrica (**Figuras 156**) de los almidones del maíz/millo (*Zea mays*).



**Figura 153** Gránulo de almidón en harina de centeno (*Secale cereale*), luz polarizada, vista lateral. **Figura 154** (Drcha.), en rizoma de *Pteridium aquilinum*, vista polar. Ambas: 600x. J.A.

Si bien, en un principio, la imagen de estos parecía estar relacionada con el proceso de molturado (deformación mecánica), pronto se apreció —mediante el estudio morfométrico de 200 ejemplares— que se trataba en realidad de una característica propia de los gránulos de esta especie, como se cita acertadamente al respecto en varias obras de referencia (Wallis, 1963; Flint, 1996.; entre otros). Dicha morfología se caracteriza por no presentar un poliedro completo en sus lados, sino que algunos de ellos manifiestan una pérdida significativa de esfericidad con respecto a la mayoría de gránulos del habitual grupo *Triticeae*, al que también deben adscribirse los de la cebada y el centeno. De tal manera que uno, o varios, lados de estos gránulos forman una línea recta —bajo luz polarizada— con la prolongación externa de la cruz de extinción de luz (**Figuras 155**).



**Figura 155** (Izqda.), Gránulos de almidón en cálculo dental de la Iglesia de La Concepción, Vista planar. **Figura 156** (Drcha.), Gránulos en grano molturado de maíz/millo, vista planar. Ambas a 600x. J.A.

No obstante, debe tenerse el cuenta —al evaluar los gránulos de forma cualitativa— que existen dos procesos que les han podido afectar en sus

características físico-químicas, el primero de ellos —y quizás más complejo de evaluar— es el del propio paso del tiempo, aunque en el caso de los insertos en la matriz de cálculos dentales, ésta podría operar como recipiente estanco que garantizaría al menos su estado desde que sufriera el efecto de la masticación y acción de ácidos/bases de la cavidad bucal (Afonso, 2007a). Mientras, el otro proceso se produce al aplicar tratamientos químicos (eliminación de carbonatos y materia orgánica) y mecánicos (ultrasonidos y centrifugación) para el aislamiento, de dichos gránulos, de la mencionada matriz del cálculo dental. En este caso se presupone que existe una afectación, sobre todo porque el proceso se realiza siempre en húmedo, no obstante la identificación tanto de gránulos aislados como de masas de estos ya gelatinizados, parece confirmar que tales procesos no conllevan su destrucción total.

Pero en definitiva los almidones, pese a que existen trabajos donde se consigue su recuperación e interpretación en contextos edáficos y de sedimentos arqueológicos se ha observado, en el amplio conjunto de muestras analizadas para esta tesis, que no son el microfósil más fácil de localizar en dichos contextos, sea por su inexistencia o bien por su tendencia a ser degradados por procesos tafonómicos adversos.

La detección de gránulos de almidón en contextos de la Prehistoria de la Península Ibérica ha permitido inferir tanto a nivel metodológico como interpretativo. Las muestras procedentes del yacimiento de Galera<sup>82</sup> pertenecían a paquetes intestinales de un individuo adulto y un niño, localizados juntos, en un enterramiento datado en torno a 1400 a.C., culturalmente inserto en la denominada Cultura del Argar.

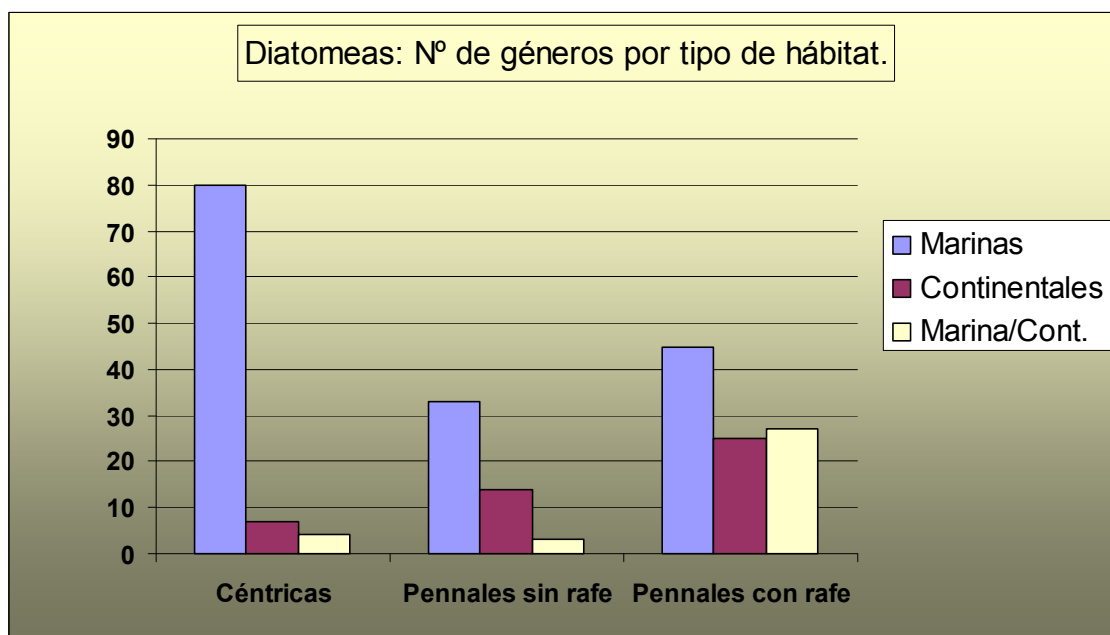
## MICROALGAS DIATOMEAS

### Adscripción taxonómica vegetal y antecedentes.

Dentro del reino *Plantae* las algas diatomeas se encuentran clasificadas en la división *Chrysophyta*, al igual que la mayoría de las algas unicelulares o coloniales (Mauseth, 2003). La división presenta seis clases, entre las que se encuentra una de las más diversas: *Bacillariophyceae*, más conocida por diatomeas. Dentro de ella existen dos ordenes, *Centrales* y *Pennales*, que atienden a dos conjuntos morfológicos básicos diferenciados por su simetría, radial en el primer caso —con abundantes variaciones— y bilateral, igualmente diversificada, en el segundo (**Figura 157-158**). No obstante, la clasificación propuesta por Round, Crawford & Mann (1990) establece tres grupos en función de las características morfológicas. Existiría, según estos autores, un único grupo de diatomeas céntricas, con aproximadamente unos 91 géneros, a los que pertenecen más del 80% de las especies marinas, el resto se desarrollan en agua dulce (25 géneros), mientras que otras, del mismo género, presentan tanto especies marinas como dulceacuícolas (4).

---

<sup>82</sup> Analizadas por la Dra. H. Gijón en el Dpto. de Parasitología de la Universidad de La Laguna. El estudio realizado sobre las mismas muestras disponibles para la detección de parásitos intestinales, permitió identificar silicofitolitos de cereal y gránulos de almidón de diferentes características que podrían permitir plantear el consumo de leguminosas, aparte de los mencionados cereales.



**Gráfico 14;** Estimación número de géneros de diatomeas por tipo de hábitat Fuente: Round *et al.*, (1989).

Por el contrario el grupo de las de simetría bilateral (pennales) se dividiría en dos: el subgrupo o clado que no presenta rafe<sup>83</sup> (*Raphid pennate diatoms*), con unos 50 géneros y las que sí presentan rafe (*Raphid pennate diatoms*) con especies agrupadas en casi 100 géneros. Según Mann (1999) y Mann *et al.* (1996, 2007, 1989) las diatomeas sin rafe son en su totalidad marinas, aunque Round *et al.* indican que al menos 14 especies se desarrollan en agua dulce, 3 presentan especies marinas y otras dulceacuícolas. Las que sí presentan rafe desarrollan géneros con especies tanto de agua salada (45 géneros), agua dulce (25 géneros) y de ambos ambientes (27 géneros). En una lectura general podríamos decir no obstante que la mayoría de géneros pertenecen al primer ambiente, con aproximadamente 158 géneros. Mientras que son algunos más los que desarrollan especies tanto marinas como dulceacuícolas, unos 34 géneros, frente a aquellos puramente dulceacuícolas, algo más de 46 géneros. Las especies continentales, que hipotéticamente serían las de posible aparición en contextos arqueológicos, vemos que son las menos representadas, pero únicamente a nivel de géneros, ya que existe una verdadera profusión de especies —con específicos requisitos medioambientales—, que también las hacen funcionar como marcadores paleoambientales de excepción.

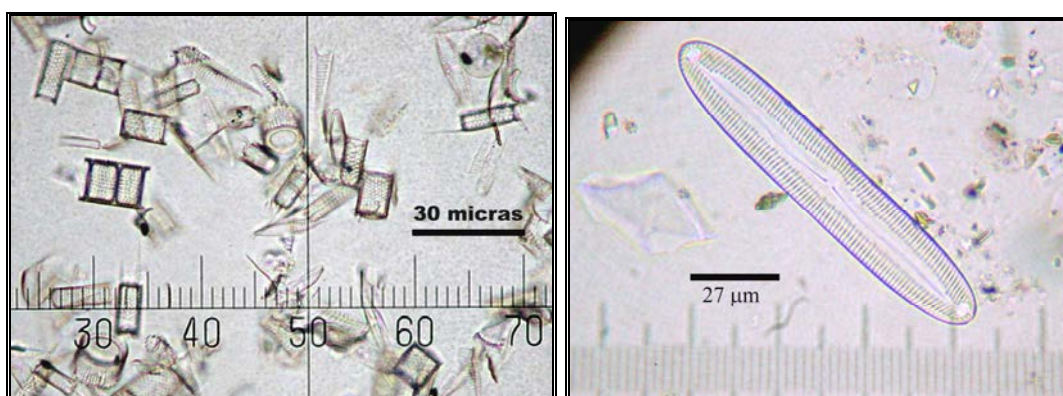
Podríamos afirmar por tanto que las microalgas diatomeas son organismos que en su mayoría se desarrollan en ambiente marino, mientras que sólo una pequeña parte lo hace en agua dulce (**Gráfico 14**). Sin embargo, como se plantea más adelante, la variabilidad química de las de agua dulce (continentales) es directamente proporcional a la variabilidad taxonómica de diatomeas, que se desarrollan en muy diferentes situaciones ambientales.

<sup>83</sup> Estructura longitudinal que recorre la superficie valvar, exclusiva de la Clase *Pennatobacillariophyceae* (Bárcena y Flores, 1991) y dentro de ella las que Mann (2010) describe como *Raphid pennate diatoms*.



Además a estos cálculos habría que sumar los géneros con especies sólo conocidas a nivel fósil, no tan numerosas como para variar ostensiblemente dichas estimaciones. Sin duda en el predominio de especies de diatomeas marinas se refleje el esquema de su propia evolución, ya que —según plantea Ehrlich (1995)— las primeras aparecen hace unos 100 Ma, en los mares del Cretácico medio, mientras que las dulceacuícolas se estima que lo hacen mucho después, hacia el Eoceno tardío, unos 40 Ma. El proceso de adaptación a los ambientes húmedos continentales parece por tanto estar aun en marcha, como ocurre con el resto de organismos vivos. Probablemente en dicho proceso su ventaja sea considerablemente mayor comparada con los de mayor complejidad biológica, dada la antigüedad de su diversificación biológica<sup>84</sup>.

El siguiente plano de estudio lo constituye el hábitat donde se desarrollan, tanto a nivel de ausencia o dependencia con un determinado sustrato de acogida. De este modo hay que diferenciar entre planctónicas y bénticas/bentónicas, las que se desarrollan libremente en la propia masa de agua y una gran variedad que lo hacen sujetas a algún tipo de sustrato. Entramos así en una clasificación que atiende a si son epifíticas (crecimiento sobre algas) o perifíticas, término genérico que se refiere a un desarrollo bajo la superficie, pero sujetas a un sustrato vegetal (epifíticas), a fondo arenoso (epipélicas) o rocoso (epilítico). También pueden ser bentónicas, es decir de aguas profundas, en su mayoría marinas pero también lacustres siempre que la columna de agua lo permita (Cuesta, 2002; entre otros). Dependiendo también de este parámetro, los lagos presentan zona planctónica frente a las charcas (como las de montaña) que no la presentan (Stoermer & Smol, 1999).



**Figura 157** (Izqda.), Diatomeas céntricas del género *Aulacoseira* (ant. *Melosira*) en sedimentos del río Nilo (Aswan, Egipto). **Figura 158** (Drcha.), Diatomea pennada detectada en suelo del Llano de Ucanca (Las Cañadas, Tenerife), propuesta —de forma preliminar— como *Pinnularia streptoraphe*. 400x y 600x respectivamente.

En todo caso las diatomeas se constituyen como una de las clases de algas más importantes, con aproximadamente el 90% de las especies de la división,

<sup>84</sup> Sería pretencioso en exceso pensar que un grupo de microorganismos que lleva un tiempo infinito —a escala humana— y que ha sobrevivido a numerosos procesos de extinción biológica, no tuviera más garantías que el género humano para sobrevivir a profundos cambios ambientales, planteándolo sólo desde una perspectiva evolucionista.

en torno a 20.000 (Gabriel y Galán Moris, 2002), el mismo autor cita que a pesar de ser en su mayoría unicelulares algunas se agrupan en colonias. Una de sus principales características es su pared traslúcida, constituida mayoritariamente por sílice ( $\pm 95\%$ ), y que otorga gran solidez al esqueleto externo del alga, siendo igualmente fáciles de reconocer por su distintiva morfología, compuesta por dos valvas (epiteca e hipoteca) y que conforman el *frústulo*. Mauseth (2003) emplea el símil de una cápsula de Petri para ilustrar la forma en la que se unen ambas valvas, aspecto mucho más evidente en la totalidad de las formas de simetría bilateral, y no tanto en las de tipo céntrico.

Se trata de algas que acumulan, como sustancias de reserva, aceites esenciales, pero nunca almidón (Gabriel y Galán, 2002). Dentro de la división *Chrysophyta* existen grupos cuyas paredes celulares están compuestas de celulosa y otras de sílice amorfo, como las diatomeas. En este último caso, dicha pared es fácilmente perdurable y observable en todos sus detalles morfométricos cuando se realiza la inspección microscópica de cualquier suelo o sedimento, permitiendo su reconocimiento y discriminación con respecto a cualquier partícula de origen mineral.

El estudio microscópico de las diatomeas es uno de los de mayor antigüedad, las primeras identificaciones —empleando microscopios muy simples— parecen datar de principios del siglo XVIII, proliferando posteriormente durante siglos en muchas perspectivas disciplinares, y permitiendo que en la actualidad sean uno de grupos de organismos mejor conocidos (Round *et al.*, 1990; entre otros) y cuyas aplicaciones, en muy diversas disciplinas científicas, permiten obtener información para múltiples temas de investigación (Stoermer & Smol, 1999).

#### **Caracterización morfométrica.**

Como ocurre con otros tipos de microfósiles, sólo una detallada descripción de los parámetros morfométricos que son observados en cada morfotipo permite su correcta adscripción a un grupo determinado. Seguimos aquí los criterios descriptivos enunciados por Bárcena & Flores (1991) además de los planteados en varios manuales de referencia sobre su ecología, morfología e incluso significación biológica y paleontológica. En esta tesis doctoral pese a no haber asumido la identificación de todos los parámetros citados por los mencionados autores, se ha procedido a una aproximación básica de los frústulos y valvas de diatomeas detectados, con el fin de lograr al menos una clasificación taxonómica a nivel de género. Así, el esquema simplificado de parámetros descriptivos empleado puede estructurarse en los siguientes términos, siguiendo a Bárcena & Flores (1991):

- Simetría: bilateral o central (*Pennales* o *céntricas*).
- Morfología.
- Rafe (presencia, ausencia y características básicas).
- Zona central.
- Zona hialina
- Costillas
- Densidad de costillas
- Diámetro (de tratarse de formas circulares).
- Eje apical en formas elípticas.
- Eje transapical, en formas elípticas, eje menor.

- Nódulos centrales y polares (ausencia o presencia).

Por lo general, en el estudio de suelos y sedimentos, el estado de conservación de diatomeas se restringe a la resistencia del frústulo a los distintos procesos tafonómicos, más o menos dinámicos, propios de cada sustrato en su secuencia vertical y horizontal. Estos procesos podrían restringirse a dos fundamentales: fragmentación y disolución. Los procesos de disolución de la sílice amorfa, que constituyen las paredes del morfotipo como mínimo en un 95%, pueden afectarlas tanto en contextos marinos como continentales, lo cual siempre irá en función de las condiciones a que se vean sometidas la propia matriz edáfica o sedimentaria. Pero lo más habitual es que se encuentren afectadas por fragmentación. Proceso que afecta tanto a las morfologías bilaterales (**Figura 159**) como céntricas (**Figura 160**). Este hecho obliga a tomar una serie de precauciones a la hora de intentar identificar los parámetros descritos, que solamente pueden observarse en fragmentos que conserven al menos la mitad de su morfología completa.

En algunos casos, dichos fragmentos pueden incluso corresponder a  $\frac{1}{4}$  parte del morfotipo, en cuyo caso aun puede reconocerse si se trata de una morfología bilateral o céntrica.

A nivel de estudio microscópico, y tal y como citan Bárcena & Flores (1990), mientras que el reconocimiento básico puede realizarse mediante el microscopio óptico, tanto a nivel cualitativo como cuantitativo, la observación mediante microscopía electrónica de barrido (MEB/SEM) permite observarlas con un grado de detalle y escala dimensional que no es posible mediante microscopía óptica. Es entonces cuando aspectos como los presentes en la gran diversidad de valvocópulas, estrias, raves, etc. pueden ser observados con un nivel de detalle como para proceder a una correcta y completa adscripción taxonómica.

### **Identificación y características del sustrato sedimentario.**

La estrecha relación entre el sustrato o medio donde se desarrollan las diatomeas es uno de los aspectos más relevantes en su estudio, no sólo a nivel del conocimiento que puede adquirirse —a través del estudio de cada especie— de las particularidades de éstos sino además porque de ello también depende el conocer si un tipo determinado de alga se desarrolla de forma aislada o en comunidad. En todo caso, la muerte del alga derivará en la deposición de su esqueleto silíceo en el sustrato más inmediato (suelo o sedimento). De forma que, de nuevo, se establecerá una relación sustrato-diatomea, en este caso atendiendo a los procesos tafonómicos que afectaran a la segunda en el tiempo. Por lo general dichos procesos tenderán a aislar y fragmentar valvas, situándolas de forma aleatoria entre el resto de partículas que componen suelos y sedimentos, en concreto las partículas de origen mineral (arenas, limos y arcillas).

De este modo lo más habitual es localizar valvas aisladas que pueden presentarse, a su vez, de forma completa o fragmentada. No puede olvidarse que los sedimentos de zonas húmedas (lagos, ríos, marismas, etc.) no son sustratos estáticos en el tiempo, sino que resultan alterados por los propios mecanismos hídricos, que unas veces pueden propiciar condiciones óptimas de sedimentación y otras de arrastre de las anteriores. Situaciones que tanto tienen que ver con la propia dinámica del cauce o lago de forma natural como con episodios donde la acción humana está presente, como ocurre en la

secuencia sedimentaria analizada por Luque (2003) en el Lago de Sanabria, donde el registro de diatomeas es analizado en conjunción con otras características limnológicas del lago, detectándose claramente el evento asociado a la rotura de la presa de Vega de Tera (1959 AD), que dejó huellas claras en la estratigrafía lacustre (aporte en forma de *flash flood*).

Dichos mecanismos y en especial los asociados a la reexcavación de los cauces y remoción de sus paquetes sedimentarios por eventuales procesos de avenidas en el tiempo, son algunos de los que afectan al registro de diatomeas. Pese a la alta consistencia de sus valvas silicificadas, éstas están dispuestas de forma original en formas que pueden llegar a ser más o menos vulnerables a los citados procesos. Las lecturas realizadas en diferentes tipos de sustratos y diatomeas confirman que hay algunas especialmente vulnerables, como el caso de las de tipo bilateral con escaso desarrollo de su eje transversal y más amplio eje longitudinal. Entonces es frecuente la rotura por la mitad de la valva. Situación que también afecta a morfologías céntricas cuando estas son de gran tamaño (**Figura 160**).

En todo caso, pese a observarse dicho proceso de fragmentación en muchos contextos, cuando los fragmentos son de algo más de  $\frac{1}{4}$  de la valva no existen problemas para asumir a qué tipo de alga pertenecen. Aspecto que especialmente dirimirse si se emplea el microscopio electrónico.

En todo caso la identificación de especies responde, a un nivel básico, en la morfología de las células y sus paredes, cuya alta composición en sílice hace que se pasen a formar parte de los sedimentos donde se depositen, especialmente de lagos, junto con las partículas minerales. Obviamente ello supone que la existencia de una columna estratigráfica original, fruto de diversos procesos de sedimentación, perteneciente a un sedimento lacustre permitirá identificar conjuntos de diatomeas, y con ello inferir en condiciones paleoambientales empleando técnicas limnológicas y paleontológicas.

Las limitaciones que algunas situaciones plantean han debido ser asumidas cuando el registro a analizar, siempre de forma preliminar y superficial en nuestro caso, ha sido el existente en las escasa estratigrafía de algunos puntos con agua, caso de las charcas de montaña de Las Cañadas y en otros zonas donde existe agua en forma sólida de manera estacional (neveros o “pozos de la nieve”). Aun entre ellos ya existen diferencias sustanciales de extensión y profundidad de la columna sedimentaria, siendo en el segundo caso donde existe alta dificultad para identificar ésta, dado que se trata de mínimas acumulaciones de sedimento grueso depositado sobre materiales rocosos más o menos inestables. Obviamente las charcas de montaña presentan un mínimo depósito sedimentario, cuya estabilidad se vincula a la propia del sustrato rocoso que suele albergarlas, que puede resultar ampliamente eliminada en el transcurso de una avenida estacional.

Obviamente la aplicación en los fondos de lagos resulta mucho más fructífera, en términos de estabilidad de la columna sedimentaria que las pequeñas charcas de montaña. Pero además el registro de diatomeas es muy diferente entre ambas. Primeramente porque los lagos presentan zona planctónica mientras que las charcas, por lo general, no (Stoermer & Smol, 1999). La potencia y profundidad de ambas es muy diferente, ya que ambos factores están íntimamente relacionados, siendo muy superiores en los lagos. Aunque existen zonas de pozas fluviales que pueden llegar a ser muy

profundas (>5m) en función de las dimensiones externas de la mismas, por lo general el dinamismo del flujo hídrico suele operar como factor limitador en la constitución de una columna sedimentaria como la que presente en contextos lacustres.



**Figura 159** (Izqda.), Fragmento de diatomea pennada del género *Hantzschia* sp. en sedimentos arqueológicos de La Cerera (Ce-2.2 b), 600x. **Figura 160** (Drcha.), fragmento de diatomea céntrica en suelos de laurisilva (Anaga, Tenerife), 200x. J.A.

En Canarias, tales cuestiones resultarían de poca importancia sino fuera porque nuestro trabajo se centra más en contextos de la Prehistoria que de la actualidad, la cual no deja (obviamente) de ser un referente. Y antes de enunciar los ejemplos de ambos, podemos plantear que el abordaje de las condiciones climáticas del pasado pasa por asumir que también la geografía de las Islas pudo ser muy diferente desde la perspectiva de las condiciones húmedas, y en concreto de la existencia de zonas húmedas, en forma de lagunas y marismas, que se desarrollaron al amparo de las condiciones climáticas holocenas. Que creemos fundamentales de conocer no sólo por objetivos propios del ámbito prehistórico, sino de la propia secuencia paleoambiental que relaciona naturaleza con desarrollo de las sociedades aborígenes.

Aunque en las Islas los cauces hídricos permanentes son de escasa localización y caudal, estos existen. Si tomamos como ejemplo los de los barrancos de El Río y El Infierno en Tenerife, El Cedro en La Gomera y Taburiente (La Palma), podemos plantear que efectivamente las condiciones de sedimentación son reales, pero para su estudio aun deben definirse las zonas donde el proceso sedimentario ha sido más intenso. En todo caso deben realizarse estudios de sedimentos procedentes de sondeos realizados en dichas zonas, que en este caso se encontrarían localizados en las desembocaduras de los mencionados barrancos.

En el caso concreto de Las Cañadas del Teide, lo excepcional del Barranco del Riachuelo nos ilustra lo que puede ser una cuenca hídrica permanente, aunque se encuentre afectada por la canalización realizada en época reciente. Aun así constituye un ejemplo palpable de las repercusiones biológicas que el primer hecho supone, potenciando el desarrollo de una comunidad vegetal hidrófila formada por especies herbáceas y arbóreo-arbustivas, como ciperáceas y labiadas en el primer caso y caducifolias como

los sauces<sup>85</sup> (*Salix canariensis*) del tramo medio del barranco. Las charcas que forman en su recorrido permiten el desarrollo de abundantes diatomeas, que en algunos casos constituyen el mayor porcentaje de partículas <50 µm de los sedimentos acuáticos. Del mismo modo, confirmando las variaciones ambientales existentes entre los diferentes enclaves muestreados, se observan consistentes variaciones entre los registros microfósiles de los mismos.

Para el caso de cuencas lacustres también disponemos de ejemplos claros, ya que es aquí donde los registros de diatomeas pueden conservarse de mejor forma que en los de los riachuelos mencionados. Y no sólo creemos que deben revisarse los puntos localizados en zonas como la vega de San Cristóbal de La Laguna, Arucas y Laguna de Barlovento sino además tomar en consideración aquellos donde se han depositado importantes paquetes sedimentarios, como ocurre en la gran plataforma aluvial situada en la desembocadura del Barranco de Badajoz (Guímar, Tenerife). Igualmente los sedimentos existentes en desembocaduras de barrancos como el de Santos (Santa Cruz de Tenerife), hasta hace muy poco tiempo invadidos por la marea hasta la propia Iglesia de La Concepción, guardan con seguridad un registro estratigráfico de excepción —sellado en gran parte hoy por infraestructuras urbanas— que debe contener otro de tipo microfósil, y en especial el formado por valvas de diatomeas. En los primeros estudios microscópicos, llevados a cabo con sedimentos arqueológicos de esta iglesia, se detectaron valvas de *Aulacoseira* sp., que sin duda provendrían de los sedimentos del propio barranco, en el pasado auténtica arteria de aprovisionamiento de agua para el Santa Cruz histórico<sup>86</sup>.

### Hábitats y requerimientos ambientales

Son las peculiares condiciones ambientales de un determinado lugar las que determinan el desarrollo de diatomeas, en diversidad y número de especies e individuos. De este hecho, sumado a las características sedimentarias de dicho lugar, depende que el componente biogénico mayoritario de los sedimentos sean diatomeas (Burckle, 1982; Barrón, 1980; entre otros).

Según Round & Crawford (1990) existe un patrón genético que determina la existencia de determinados tipos de diatomeas, a parte un ámbito de crecimiento óptimo. Mientras que los rangos de cada especie están poco estudiados, a través de la presencia de muchas de ellas en diferentes rangos de salinidad, se deduce que también varían sus rangos de tolerancia a la misma. Podemos encontrar tanto especies adaptadas a condiciones hipersalinas como a otras débilmente salobres. Round & Crawford (1990) citan el ejemplo de las lagunas tropicales, donde al aumentar la salinidad hasta un 120% se produce una disminución tan drástica en la diversidad de diatomeas como para que sólo una o dos especies sobrevivan, generándose entonces una tendencia a formar floraciones monoespecíficas (Ehrlich,

---

<sup>85</sup> Excepcional, atendiendo a la zona donde se localiza el registro.

<sup>86</sup> Sin duda el cauce del Barranco de Santos se encuentra relacionado con el asentamiento, no suficientemente conocido, de grupos humanos de la prehistoria de Tenerife, ya que presenta zonas donde fue posible el aprovisionamiento de agua, tanto para uso doméstico como para el abrevado de ganado. Sin embargo, es más conocida la secuencia de utilización de su cauce en época histórica (posterior al siglo XVI) con fines domésticos por parte de las poblaciones de Santa Cruz.

1975). Pero como también hacen hincapié estos autores, una de las pocas certezas existentes con respecto a las preferencias de determinadas especies, por unas u otras condiciones ambientales, es que la mayor diversidad química se produce en las de agua dulce, frente a las más limitadas del agua del mar. Lo cual es directamente proporcional a la de especies desarrolladas, presentándose preferencias tanto a condiciones ácidas como alcalinas, o a las ricas aguas superficiales. En sólo algunos casos la abundancia de especies se correlaciona con la cantidad de flujo hídrico, como ocurre con *Meridion* sp., aunque en la mayoría de los casos su desarrollo puede producirse con una mínima lámina de agua<sup>87</sup>.

La productividad de las diatomeas se encuentra estrechamente ligada a las condiciones del medio acuático o húmedo que las acoge, las variaciones de éstas determinarán cambios en las especies que allí se desarrollan. Uno de los parámetros, dentro del conjunto que puede ser tomado como fundamental para la productividad de una u otra especie, es el pH. De forma genérica la alta productividad diatomeas en lagos y lagunas se vincula a un pH alcalino y en general a condiciones oligotróficas. Un proceso de acidificación continuado determinará un descenso en la productividad e incluso, de mantenerse éste, la sustitución de unas especies por otras.

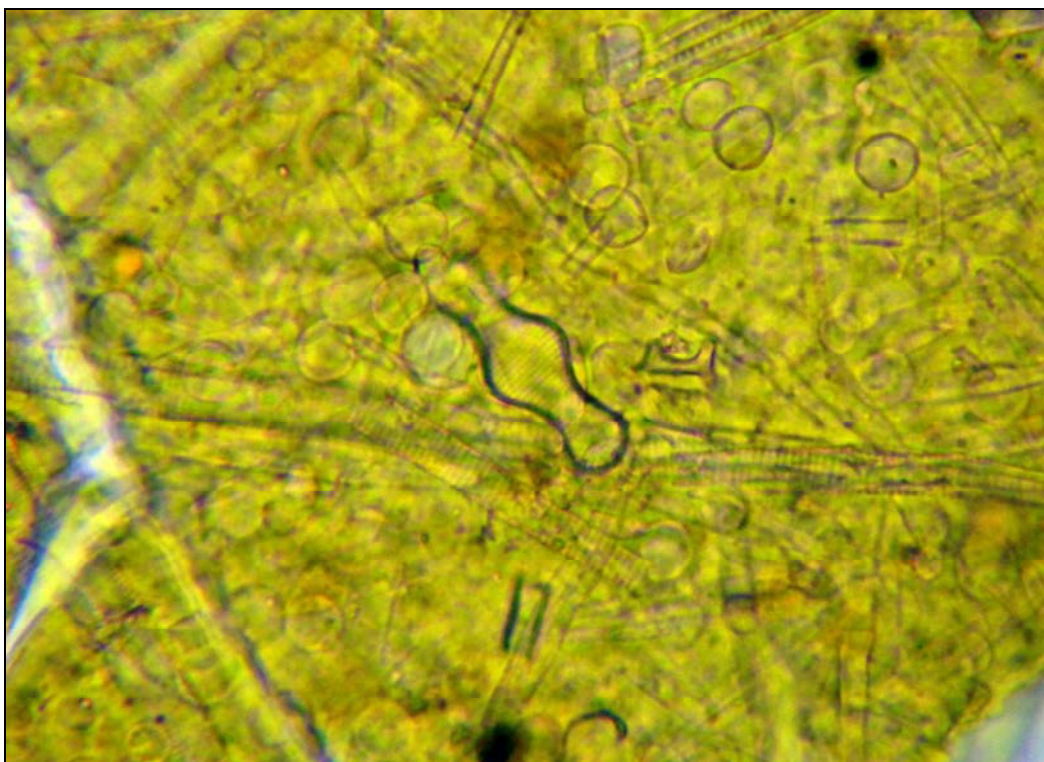
#### Procesos de eutrofización.

Estrechamente relacionado con el anterior, otro de los parámetros que determinan su crecimiento –junto con el de otros organismos–, es el fósforo (P), y en concreto la suma del inorgánico (presente en el agua) y el orgánico (incorporado por los organismos) que se conoce como *fósforo total* (PT). Su determinación se utiliza comúnmente para estimar la fertilidad de lagos y lagunas (Brönmark & Hansson, 2005). En estos ambientes el contenido en fósforo determinará que las condiciones sean entre oligotróficas a eutróficas. De este modo, los lagos con bajas concentraciones de fósforo (5-10 µg de PT) son considerados como de baja productividad y oligotróficos. Los que presentan entre 10-30 µg (PT) son considerados como mesotróficos, y los que lo son como eutróficos presentarían una alta concentración de fósforo, situada entre 30-100 µg. Las concentraciones extremadamente bajas (<5 µg) y altas (>100 µg) determinarían ambientes ultraoligotróficos e hipertrófico respectivamente. Mientras que los primeros harían referencia a condiciones de muy baja producción biológica, los segundos se considerarían como propios de lagos/lagunas polucionados. Dentro de esa categoría estarían aquellos ambientes que reciben descargas de aguas de actividades humanas o de concentraciones de animales (**Figura 161**). Las diatomeas desarrolladas en estos ambientes serán las propias de los mismos, de especies diferentes a las desarrolladas en un ambiente con bajas concentraciones de fósforo y un pH fuertemente alcalino.

Tal y como se ha expresado en las notas introductorias, la variabilidad de ambientes suele producir situaciones aptas o menos aptas para una/s especie/s concretas, pero por lo general no existe un determinado contexto natural o antropizado donde no se desarrollen un determinado tipo de diatomeas, y cuando éstas cambian es porque las condiciones también han cambiado.

---

<sup>87</sup> Dra. M<sup>a</sup>.A. Bárcena, Com. Pers., 2005.



**Figura 161**, Imagen del residuo existente en los filtros de una estación depuradora de aguas residuales urbanas, formado casi en su totalidad por fragmentos de valvas de diatomeas y quistes de crisofitas. En primer plano un ejemplar del género *Staurosira* sp. 600x. J.A.

Hasta el momento hemos comprobado que es relativamente fácil encontrar sus valvas en contextos ambientales muy dispares, donde el agua aun se encuentra presente o ha desaparecido hace décadas. Solamente el cese de humedad edáfica superficial o el sellado completo del sustrato donde han proliferado pueden ser la causa de que éste deje de ser apto para su desarrollo. Incluso esa circunstancia se vuelve fundamental no sólo para entender que han desaparecido las condiciones favorables que lo permitían, sino que pueden existir razones obvias para pensar en cambios a mayor escala. Las grandes oscilaciones climáticas del Cuaternario (>2 Ma) son eventos suficientemente importantes como para haber creado y destruido innumerables casos de ambientes y microambientes donde se desarrollaron diatomeas.

Entre otros ambientes, las diatomeas son un abundante, diverso e importante componente de los conjuntos algales en los lagos de agua dulce, siendo muy sensibles a los cambios de concentración de nutrientes. Por ello su estudio es muy recomendable para seguir la eutrofización de los lagos (Tilman, 1997; entre otros) ya que funcionan como indicadores de los cambios ambientales.

La eutrofización es el resultado del enriquecimiento de los sistemas acuáticos por nutrientes inorgánicos vegetales (Mason, 1991; entre otros), que no siempre deriva de procesos naturales (eutrofización natural) sino también de actividades humanas (eutrofización antrópica). Aunque ésta última siempre supone la forma más común de polución a escala global, con gran impacto en



los ecosistemas biológicos. Y especialmente sobre la calidad de las aguas corrientes y embalsadas, donde produce un crecimiento desmesurado de plantas acuáticas, que llegan a crear profundos desequilibrios ecológicos. Esos desequilibrios tienen, como hemos descrito, su origen en la contaminación del sistema por fosfatos, que según Porta *et al.* (1999) pueden provenir de vertidos puntuales de aguas de origen doméstico, industrial o de explotaciones ganaderas o de fuentes más difusas, como las producidas por grandes extensiones de terreno hacia un determinado punto.

### **Incidencia del nitrógeno (N)**

De forma general la apertura de un proceso de eutrofización deriva de la descomposición de la biomasa vegetal y algal, que reduce el oxígeno disponible en aguas profundas, comprometiendo gravemente la vida de los organismos animales (ictiofauna). Una consecuencia clara de dicho proceso es la disminución de la biodiversidad mientras dura la eutrofización (Margalef, 1968).

En la actualidad, la eutrofización de las aguas de consumo tiene un elevado coste económico, ya que el desarrollo masivo de algas incrementa los tratamientos a emplear con el agua de abastecimiento. Un gran desarrollo de algas (también de diatomeas) puede aportar sabor y olor al agua de consumo (Mason, 1991; entre otros), ya que genera una enorme cantidad de esqueletos silíceos (valvas) en los conductos y filtros de tratamiento de las estaciones depuradoras (**Figura 161**).

También para la investigación arqueológica la detección de procesos de eutrofización asociados a un determinado momento de una secuencia estratigráfica puede suponer un indicio más de la antropización del medio, ya que éste provoca –al menos si se mantiene en tiempo y espacio– el desarrollo de microorganismos acuáticos con el aporte masivo de nutrientes mediante las aguas residuales. Lo cual permite reconocer el impacto de asentamientos humanos en torno a masas de agua. Aunque son varios los ejemplos que podrían ser citados al respecto, éstos serían los casos del estudio realizado por Bradbury (1975) sobre la evolución del registro de diatomeas en función del impacto de las actividades antrópicas, así como de los cambios detectados en el registro de microalgas diatomeas, y otros organismos, con ocasión de la ocupación y posterior abandono de asentamientos mineros en la selva amazónica (Ribeiro).

### **Empleo en análisis paleoambiental y arqueología.**

Entendiendo que existen obras de referencia suficientemente explícitas en este campo, como la recopilación de artículos contenida en Stoermer & Smol (1999), solamente me limitaré aquí a confirmar que en la actualidad el aspecto paleoambiental, llevado a cabo sobre muestras sedimentarias, es uno de los más abordados mediante el estudio de microalgas diatomeas. Y aunque sigan cauces propios de la disciplina biológica, en algunos casos pueden ser igualmente utilizados para complementar estudios arqueológicos, tanto de etapa prehistórica como histórica, dado que el aspecto paleoambiental supone, también en ese campo, una variable más. Pero existe un gran vacío de literatura específica al respecto de registros de diatomeas, de microalgas en general, en contextos arqueológicos, salvo ejemplos como los citados por Renfrew & Bahn (1993) y Stoermer & Smol, 1999.

Pero si bien aun habrá que esperar modelos explicativos de procesos asociados a grupos humanos de la prehistoria, desde los datos emanados del análisis de diatomeas, los cambios paleoambientales son un hecho incuestionable como lo es su reflejo en los registros de diatomeas. Al menos siempre que las características estratigráficas lo permitan. El estudio de los registros de diatomeas en lagos salinos de África y Tíbet muestra cómo sus variaciones se encuentran íntimamente ligadas a los cambios climáticos de los últimos álgidos glaciares (Sherylin *et al.*, en Stoermer y Smol, 1999). En el primer caso, el Lago Abhé resulta paradigmático como cuenca hipersalina terminal del río Awash, en el desierto de Afar (Etiopía). Los registros de diatomeas de este lago, en los niveles datados entre 35-27 ka BP, confirman condiciones medianamente salinas y alcalinas que no impidieron el desarrollo de un grupo de especies como *Thalassiosira faurii*, *Aulacoseira granulata* y *Cyclotella ocellata*. Entre 19-11,5 ka BP se producen condiciones de extrema aridez que conllevan un descenso muy significativo del nivel del lago, que se situará por debajo del actual y que coincide con el último máximo glacial (*Last Glacial Maximum*, LGM). En ese periodo la manifiesta ausencia de diatomeas sugiere dos lecturas, que pueden estar interrelacionadas, como la excesiva salinidad para su desarrollo o bien la disolución de la sílice biogénica por condiciones de pH básico extremo.

Aunque el estudio de las diatomeas en contextos no-actuales genera interesantes trabajos sobre la dinámica de los distintos medios acuáticos (marinos y continentales), su aplicación a cuestiones arqueológicas se encuentra menos desarrollada. El hecho de que se trate de organismos no relacionados directamente con el consumo de alimentos, salvo con el agua, y que por obvias razones no se encuentren en los espacios de habitación o los de procesamiento de materias primas, hace que las lecturas que derivan de su estudio se hallen siempre de tipo indirecto, más relacionadas con las fluctuaciones del medio ambiente contextual (Stoermer & Smol, 1999) o bien incluso con el abandono de las estructuras de un determinado asentamiento (Juan-Tresserras, 1997), caso de los lugares de hábitat y extracción de oro en el interior de la selva amazónica (Ribeiro). Por su parte Juggins & Cameron (1999), en su introducción sobre diatomeas en arqueología, aluden a lo que consideran uno de los postulados fundamentales de la arqueología moderna, y lo hacen citando a Butzer (1980), cuando plantean la necesidad de conocer la interacción entre cultura y medioambiente, allí donde se combinan aspectos espaciales, económicos y sociales de las poblaciones del pasado. Para ambos autores, el estudio de las diatomeas en contextos arqueológicos, puede ayudar a entender las complejas relaciones entre cultura y medioambiente.

Desde mi perspectiva no se trata, pese a la relativa facilidad para asumirla como idea, de identificar una mera adaptación del hombre al medio —no por ello aspecto menos significativo en un estudio de Prehistoria—, sino conocer aspectos concretos, de la sociedad de esos momentos, a través del impacto que genera en el ambiente más o menos inmediato, donde desarrolla sus actividades de forma directa o donde pueden existir repercusiones de las mismas (consecuencia indirecta).

Obviamente la lectura menos compleja, por ser la más directa, sería el estudio de las características del medioambiente en una secuencia espaciotemporal dada, lo cual puede asumirse, directamente (valga la

redundancia) desde un estudio de contenido de registro microfósil en cada uno de los niveles arqueológicos detectados, comparándolos con los existentes en el medio no tan cercano a los mismos. Pero la interpretación más compleja seguirá siendo la que se desplaza desde la lecturas anteriores hacia su significación en la realidad de una sociedad del pasado. Las microalgas son organismos que indican unas condiciones ambientales concretas, como bioindicadores de excepción pero no atañen directamente al ser humano, como sí ocurre con algunos tipos de fitolitos, sino en todo caso a la incidencia de éste, más bien en grupo, sobre cursos y acumulaciones (naturales y/o artificiales) de agua.

Si seguimos algunos de los ejemplos existentes, en materia del abordaje de procesos históricos mediante la incorporación del análisis de diatomeas en contextos arqueológicos, quizá sea el estudio del paleoambiente que rodeó la cultura Clovis en el yacimiento de *Blackwater Draw* (Lohman, 1935; Patrick, 1938; Winsborough, 1995) el que ofrezca una aplicación a mayor escala cronológica y cultural. En dichos trabajos se detectan cambios entre las fechas más consensuadas de la Cultura Clovis, situada entre el Pleistoceno final y los inicios del Holoceno (11.250 a.C.-10.600 a.C.), que ponen en relación los registros de diatomeas con los cambios detectados en el paleoambiente local, aproximadamente hasta mediados del Holoceno (8.000-11.000 BP). Cambios que tienen que ver con la actividad antrópica y la presencia de fauna de grandes herbívoros, en un ambiente cambiante que pasa de ser lacustre y de marjales a una zona de depósitos eólicos. El estudio del registro de diatomeas, existente en los rellenos de esta zona del altiplano sur de Norteamérica, indicó que los cambios paleoambientales habrían sido sincrónicos en diferentes localizaciones de la misma, permitiendo conocer el comportamiento de la variable local durante procesos de cambio a escala más global. Todo ello teniendo como trasfondo cultural el desarrollo de estas poblaciones prehistóricas y su característica producción lítica.

#### **Buscando detectar diatomeas en suelos y sedimentos de Canarias.**

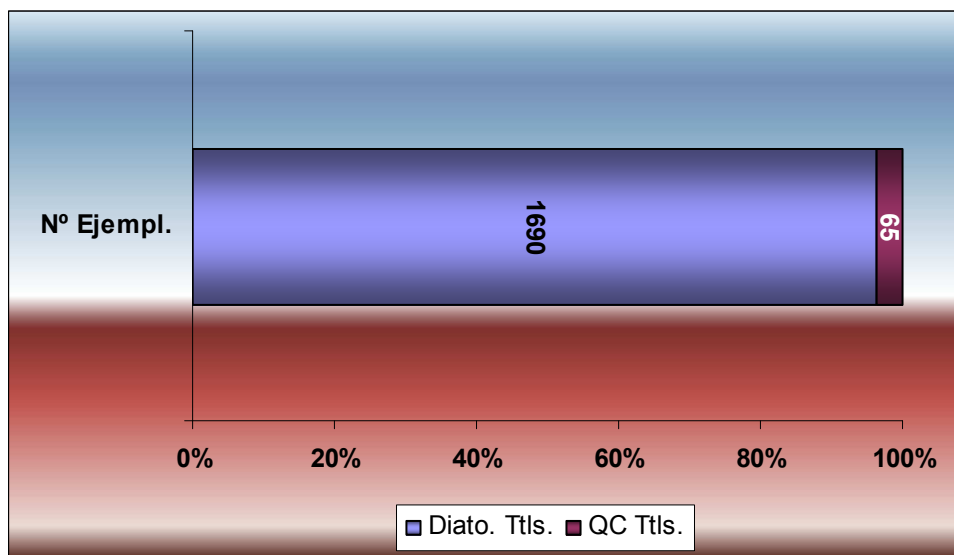
Dada la inexistencia de estudios anteriores al respecto, en materia de microalgas silíceas en contextos no-marinos en las Islas<sup>88</sup>, se ha procedido a una descripción e identificación preliminares siguiendo criterios descriptivos enunciados por el trabajo doctoral de Bárcena (1994) y varias obras de referencia (Round & al., 1990; Hartley; 1996; entre otros). Igualmente, se tienen en especial consideración los datos aportados con el estudio de varios sustratos naturales donde se han detectado este tipo de organismos, en concreto los obtenidos en muestreos sistemáticos realizados sobre diversos materiales sedimentarios donde se localizaron valvas de diatomeas. Por su parte para la interpretación ecológica y arqueológica ha sido necesario tomar todas las obras de referencia posibles, en especial aquellas que asociaran los registros de diatomeas a aspectos ambientales y paleoambientales concretos.

Pese a que los suelos y sedimentos donde se han detectado no corresponden a una muestra amplia de los mismos, su muestreo ha seguido un criterio muy concreto de selección, basada en su singularidad por representar

---

<sup>88</sup> Para la comprobación de las especies de ambiente marino existentes en las Islas, en base a disponer de criterios comparativos con el estudio de diatomeas fósiles, se han seguido los trabajos de A. Ojeda (2003, 2005; entre otros).

—en la actualidad condiciones ambientales muy específicas— siendo por tanto portadores de características propias de ambientes húmedos, caso del bosque de laurisilva, charcas y lagos de montaña así como marismas costeras. Dentro de esa diversidad de ambientes, entendidos en su mayoría como representantes de medios oligotróficos, al menos de forma preliminar, había que introducir todo lo contrario: muestras de sedimentos procedentes de contextos eutróficos o incluso hipereutrófico, como pueden ser las de aguas residuales urbanas actuales<sup>89</sup> (Figura 161).



**Gráfico 15**, Cuantitativo (expresado según Índice de Smol) de microalgas totales de la *Fuente de La Piedra* (Las Cañadas del Teide) y obtenido del análisis de una preparación 2x2 cm. confeccionada con 1000 µl extraídos de 40 ml. de muestra en suspensión. J.A.

En todo caso se trataba de una labor preliminar aunque considerada totalmente fundamental para conocer el registro de diatomeas desarrollado de forma natural, o no tanto, en determinados contextos edáficos y sedimentarios. Siguiendo el precepto, enunciado por Sandgren *et al.* (1995) para el estudio de quistes de crisofitas, de realizar muestreos y análisis superficiales de sustratos (*training sets*) con el fin de evaluar la presencia o ausencia

Básicamente los sustratos analizados —que no corresponden a sedimentos de zonas húmedas— y presentan algún tipo de diatomeas, son los suelos del bosque de Laurisilva y los de alta montaña, en concreto de Las Cañadas del Teide. El primero de los casos es donde parece existir una mayor diversidad de ambientes y especies, dada la humedad superficial habitual en este tipo de ecosistemas.

Obviamente son los sedimentos de zonas húmedas los que nos aportan mayor información sobre la presencia de diatomeas, en algunos casos cuando

<sup>89</sup> En este caso procedentes de residuos recuperados de los filtros de una estación depuradora urbana de Santa Cruz de Tenerife.

las condiciones hídricas dejaron de producirse al menos de forma constante<sup>90</sup>. Este es el caso de los que denominamos *Puntos Húmedos* en Las Cañadas del Teide, donde en varios de los muestreados y analizados microscópicamente revelaron un abundante registro de diatomeas, pese a no presentar en la actualidad rastro alguno de agua (Gráfico 15). Sin embargo, el análisis permitió cuantificar y reconocer taxonómicamente de forma preliminar, un conjunto de diatomeas que confirmaban la existencia de acumulación de agua en el reducido espacio de una fuente natural citada por las fuentes etnográficas y arqueológicas (Diego, 1968). En el lugar conocido como *Fuente de La Piedra* pudimos comprobar este hecho, confirmando la presencia de hasta cuatro especies diferentes de diatomeas, de las cuales las propuestas para *Diploneis* sp. dominaban el registro, seguida a distancia, en cuanto a número de ejemplares, por *Denticula* sp., mientras que de *Surirella* sp. y *Navicula* sp. aparecían indicios muy aislados y fragmentados de las mismas (Figuras 162-163).



**Figuras 162 y 163**, Valvas de diatomeas de simetría bilateral en el sedimento de la *Fuente de La Piedra*. Del género *Diploneis* sp. (Izqda.) y un fragmento de *Surirella* sp. (Drcha.). Ambas 600x. J.A.

En otros casos ni siquiera se contaba con información previa sobre puntos donde manaba agua y que fueron localizados durante tareas de prospección arqueológica. Así pudimos comprobar que en sustratos situados bajo una mínima surgencia, en forma de muy pausado pero constante goteo situado en un pequeño escarpe superior (Punto Húmedo Volcán Ciego), se encontraban conjuntos de microfósiles caracterizados por su diversidad y moderada concentración. Entre ellos se encontraban varias morfologías de valvas de diatomeas, caracterizando un sustrato donde predominaban a nivel macroscópico y microscópico los microfragmentos de vidrio volcánico, con caracteres propios de la textura pumítica.

Sin duda la importancia de localizar y estudiar estos registros debe relacionarse con la posibilidad, real y cierta, de localizar evidencias biológicas de lo que las fuentes etnográficas y arqueológicas ya planteaban anteriormente. Lo cual supone, dados los objetivos de enlazar análisis de

<sup>90</sup> Haciendo referencia a zonas como antiguas fuentes y manantiales que tras haber dejado de presentar agua corriente, la presentan bajo excepcionales condiciones, como tras episodios de precipitaciones mantenidas a lo largo de varios días o semanas.

microfósiles con la práctica arqueológica, que éstos se cumplan a la perfección, al menos en cuanto a lograr la identificación del sujeto empírico que nos permita emitir hipótesis sobre los recursos hídricos y su explotación antrópica. En el caso de Las Cañadas del Teide ésta fue tanto prehistórica como histórica, dado que allí existió una clara apropiación cultural y de conocimiento del medio por parte los nuevos pobladores de Tenerife tras la conquista.

Los suelos analizados indicaron claramente cómo pueden llegar a ser los registros de diatomeas en función de las condiciones climáticas que los caracterizan. Siendo uno de los registros más sorprendentes, el detectado en los denominados Puntos Húmedos Altos, bajo el propio cono somital del Pico Teide. Allí, en mínimas muestras de sustratos sedimentarios, se localizaron registros de diatomeas que confirman la existencia de un medio moderadamente productivo en las mismas. Y en todo caso en un sustrato emblemático, asociado a inferencias ya existentes sobre la explotación de recursos hídricos por parte de las poblaciones prehistóricas de Tenerife.

Otro de los contextos donde cabe destacar la abundancia y especificidad taxonómica de valvas de diatomeas, es el de las zonas del interior del monte de laurisilva de la Península de Anaga (Tenerife).

## Quistes/estomatocistos de algas crisofitas

### Antecedentes.

Las primeras referencias a las algas crisofitas –según se indica en la recopilación de Kristiansen & Andersen (1986)– son las de O.F. Müller, que en 1786 describe, en su trabajo *Animalcula Infusoria*, la primera especie de este grupo. Posteriormente Ehrenberg aportará la primera sistemática de clasificación para géneros que son descritos y representados también por primera vez. Igualmente a nivel histórico se consideran pioneros las descripciones de Pascher (1914) aunque cronológicamente son anteriores los de Greguss sobre sedimentos de varias localizaciones en Hungría (citado por Cronberg, 1986).

Posteriormente –tras una secuencia que involucra el estudio de numerosas localizaciones mundiales– será Bourrelly (1957) quien profundizará tanto en la problemática de su clasificación como en el cambio que supone para los organismos celulares adquirir motilidad (*Undilipodia*). Para el estudio de los quistes de resistencia de estas algas, que en realidad son lo que prevalece de ellas en el tiempo, los estudios con fines paleontológicos – porque para los arqueológicos aun habrá que esperar algunas décadas–, parten de la segunda mitad del siglo XX, cuando se producirá una gran explosión de investigaciones y resultados (Takahashi, 1978; Deflandre, 1936; Frenguelli, 1925; entre otros). La aplicación concreta de estudios bioestratigráficos llegará con Nygaard (1956) analizando los registros de quistes en sedimentos lacustres. Sentarán las bases de este tipo de trabajos también los publicados por Smol (1985), gran conocedor de la flora de microalgas.

En el ámbito del hemisferio sur sin duda los trabajos comenzados por Deflandre tendrán su continuidad en los de Vigna (1989, entre otros) y Vigna & Escobar (1999), entre otros. Igualmente deben ser citados estudios más recientes que junto a los mencionados nos han permitido, específicamente en

nuestro trabajo, conocer en detalle este tipo de microfósiles, que no son otros que —a parte de los ya citados— los de Pla (2001), Bárcena y Flores (1990), Bárcena (1994), Bárcena *et al.* (2005) y Mejía-Molina *et al.* (2006) entre otros.

A nivel arqueológico, entendiendo la identificación de quistes en sedimentos de este tipo, debe aclararse que los trabajos existentes al respecto son escasos y recientes. En realidad y hasta la actualidad lo que se contempla es la valoración del registro de algas diatomeas que aparecían en materiales donde se buscaban fitolitos (Piperno, 1985), en este caso con fines paleobotánicos pero también arqueobotánicos, al abrirse la posibilidad de detectar la potenciación y/o introducción del maíz/millo (*Zea mays*). En la mayoría de los casos suelen contemplar la identificación de algas diatomeas, valorando lo que supone una presencia casual, con respecto al verdadero objetivo: identificar y utilizar registros de silicofitolitos (Fernández *et al.*, 2009).

No obstante, existen planteamientos que perciben la importancia de un análisis conjunto de microfósiles de origen vegetal —incluidas las algas crisofitas y sus quistes—, empleando un método de extracción y valoración que atienda a toda la información proporcionada por un grupo tan diverso de evidencias microscópicas (Coil *et al.*, 2003). En este sentido cabe destacar igualmente el trabajo doctoral de A. Korstanje (2005) que recoge las primeras impresiones (experimentales y arqueológicas) sobre registros conjuntos de microfósiles —que incluyen también los quistes de crisofitas— en contextos agropastoriles en tierras altas argentinas del Periodo Formativo.

Para el caso de las Islas Canarias, su primera detección —en contextos arqueológicos— se realizó gracias a la colaboración de la Dra. A. Pinilla (CCMA, CSIC, Madrid) mediante un equipo SEM<sup>91</sup> en muestras del yacimiento de El Tendal (Afonso, 2004). Entonces su presencia se relacionó con varios factores, de los que hoy estamos convencidos prevalece el de la presencia de agua no precisamente residual, en ambiente fresco y húmedo (Figura 169).

Tras esta experiencia y atendiendo a sus particularidades morfométricas, se procedió a la profundización en su rastreo en todas aquellas muestras analizadas de suelos y sedimentos, comprobando que incluso en “contextos inusuales”, como los designados por **Puntos Húmedos Altos**<sup>92</sup> en la zona alta del Teide —donde aun cabe preguntarse por su relación con procesos antrópicos—, su presencia es patente. Posteriormente fueron localizados, en concentraciones significativas en todos los niveles arqueológicos del yacimiento de La Cerera y estudiados gracias al asesoramiento de la Dra. M<sup>a</sup>.A<sup>a</sup>. Bárcena<sup>93</sup>, en los cuales fue desarrollada la primera labor de adscripción a grupos morfológicos ya conocidos, empleando parte de la bibliografía existente al respecto (Pla, 2001; Vigna, 1989; entre otros), así como su estudio mediante microscopía electrónica (Servicios Generales, USAL). Dicha experiencia, en especial la adquirida al microscopio óptico —por su accesibilidad como herramienta de rutina—, nos ha permitido detectarlos

---

<sup>91</sup> Gracias a la colaboración del Sr. Fernando Pinto.

<sup>92</sup> Ver capítulo Resultados 5-III, p. 796.

<sup>93</sup> Dpto. de Geología, Sección de Paleontología, Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad de Salamanca.

en otros yacimientos de las Islas como Las Candelarias<sup>94</sup> (Agaete, Gran Canaria) y Acceso al Pescante de Vallehermoso<sup>95</sup> (Vallehermoso, La Gomera), que sin duda permitirán elaborar una primera lectura sobre su presencia en relación con zonas habitadas de la Prehistoria de Canarias.

### Características biológicas y ecológicas.

Como también ocurre con diatomeas y silicofitolitos, corresponde a Ehrenberg (1854) la primera descripción con ilustraciones de quistes localizados en sedimentos (citado por Cronberg, 1986). Las algas *Chrysophyta* son un importante componente del fitoplancton en lagos oligotróficos de regiones templadas (Hutchinson, 1967). Conocidas bajo el nombre común de “algas amarillo-doradas”, por la predominancia de fucoxantina en su complejo pigmentario (Vigna, 1995), son uno de los más importantes grupos de algas estacionales de agua dulce (Coradeghini & Vigna, 2001).

Se trata además de una parte importante del fitoplancton de lagos templados-fríos, oligotróficos y mesotróficos (Nicholls *et al.*, 1977; Eloranta, 1986; entre otros), con ocasionales floraciones señaladas en lagos eutróficos (Munch, 1990). Para Tappan (1980) estas algas son comunes en aguas dulces acidófilas, con bajo contenido en minerales, propias de áreas frías. A nivel geológico incluso se plantea su contribución, en concreto la acumulación de grasas proveniente de antiguas e ingentes deposiciones de sus quistes, a la formación de las acumulaciones de petróleo (Tappan, 1980).

La producción de quistes altamente silicificados endógenos es quizás una de sus características más importantes, ya que son estos los que aparecen formando parte del registro microfósil de sedimentos lacustres –como bien ejemplifica Pla<sup>96</sup> sobre lagos de Pirineos– y turberas (Pla, 2001; Vigna, 1989; entre otros). Las crisofitas presentan una gran diversidad, con cerca de 1000 especies descritas<sup>97</sup>, de las cuales la mayoría son planctónicas, pero también las hay bentónicas (Vigna, 1995). Su distribución parece estar influida por el pH y la temperatura (Takahashi, 1978; Siver & Hammer, 1989).

En ambiente marino se encuentran menos diversificadas, siendo especialmente conocidas por su registro fósil, gracias a los estudios sobre dinámica medioambiental en contextos paleontológicos. En todo caso su identificación suele realizarse a través de sus quistes altamente silicificados, que se preservan tanto en depósitos marinos como continentales, donde suelen compartir su presencia con restos de diatomeas –también en el caso marino con radiolarios–, lo que otorga, a tales registros, un considerable valor para estudios paleolimnológicos y paleontológicos que tengan como objetivo la realización de interpretaciones paleoecológicas de regiones marinas y continentales (Tappan, 1980).

---

<sup>94</sup> Memoria de análisis microfósil 2006 (Inédita).

<sup>95</sup> Memoria de análisis microfósil 2008 (Inédita).

<sup>96</sup> En el presente trabajo seguimos especialmente la obra de Sergi Pla (*Chrysophycean cysts from the Pyrenees*, 2001) por la gran ayuda que supone contar con un trabajo específico sobre quistes de crisofitas, y la posibilidad de acudir a descripciones precisas e imágenes, tanto obtenidas mediante microscopía óptica como electrónica. Permitiendo con ello conocer todos los morfotipos localizados en un amplio muestreo sobre sedimentos lacustres.

<sup>97</sup> En la fecha de publicación del trabajo de Vigna (1995).



En líneas generales en su estudio se centran especialmente trabajos de paleolimnología y paleontología, los cuales en un principio se centraron en materiales del Hemisferio Norte, ampliándose posteriormente al Sur con trabajos como los de Vigna (1981, 1984; entre otros) y Vigna & Escobar (1999). Según esta misma investigadora dichos quistes/estatoesporas además son comunes en turberas. También en líneas generales –como ocurre con otros microfósiles de similar composición– su naturaleza química les permite no ser afectados por condiciones ácidas y ataques bacterianos, aunque sí por procesos de disolución de la sílice, derivado de la conjunción de un pH con tendencia a la basicidad extrema (>8) y circulación hídrica<sup>98</sup>, al igual que ocurre con silicofitolitos fósiles, especialmente los insertos en una matriz edáfica y sedimentaria.

En algunos casos, a nivel paleoambiental, la concentración de este tipo de microfósiles llega a ser tan elevada como para dar forma a un tipo de sedimento denominado «*crisofel*» (Duff *et al.*, 1995). Se trata siempre de formas de resistencia de las crisofitas, asociadas a cambios en las condiciones ambientales imperantes, pero indicadoras también de la presencia de las mismas en un determinado ambiente acuático, convirtiéndose por tanto en un bio-referente directo de su presencia en uno u otro contexto, tanto a nivel ambiental como paleoambiental.

Al igual que otros organismos acuáticos, como las diatomeas, las crisofitas se desarrollan en numerosos tipos de condiciones ambientales, con una producción específica –por especies o asociaciones de especies– en cada uno de ellos.

El hecho de que los quistes que se localicen mayoritariamente en sedimentos de lagos, lagunas e incluso charcas estacionales –de todos los pisos bioclimáticos de una zona– parece indicar las preferencias ambientales de las algas que le dieron origen. Por ello parece acertada la lectura de Cronberg (1986) al respecto de su carácter estacional, incluso asociadas a floraciones muy rápidas en contextos acuáticos con alta eutrofización y escasa columna de agua, lectura ésta que no concuerda demasiado con su presencia en lagos y lagunas permanentes y moderada profundidad al menos en sus zonas más internas (Pla, 2001). Al menos que pueda llegar a determinarse –mediante transeptos sedimentológicos en dichas formaciones hídricas– si su concentración se acrecienta precisamente en las partes menos profundas de éstas y que como las orillas pueden resultar desprovistas de agua en los periodos más secos. Efectivamente la lectura de Cronberg (1986), al respecto de tratarse de microalgas con preferencias ligadas a ciclos de inundación-desecación, parece ser constatada a nivel experimental mediante los numerosos *training sets*, realizados en muy diferentes localizaciones, para llevar a cabo estudios comparativos con respecto a los materiales arqueológicos de esta tesis doctoral. Por ello, hasta llevar a cabo futuros estudios al respecto, parece acertada la lectura de esta autora<sup>99</sup> sobre unas

---

<sup>98</sup> Por el momento no ha sido observado dicho proceso en quistes ni en diatomeas, aunque sí en silicofitolitos procedentes de suelos y sedimentos arqueológicos de Canarias.

<sup>99</sup> Sin embargo, cabría plantearse la lectura de Cronberg sobre la calidad de agua donde se desarrollan dichas microalgas, que en su opinión no estaría demasiado limpia. Ciertamente un contexto acuático de escasa columna de agua, avocado a una

condiciones de desarrollo estacional ligadas a pequeñas masas de agua, como pequeños lagos, charcas y pozas con agua no demasiado limpia. En las cuales se producirían fuertes oscilaciones de nivel, y donde los quistes cumplirían la fundamental función de garantizar la supervivencia de las crisofitas tras el periodo seco, cuando se recuperasen las condiciones hídricas anteriores.

#### Características morfológicas de quistes/estomatocistos de crisofitas.

Según Round (1983) los quistes o estomatocistos —entre otras denominaciones—, son generalmente considerados una característica de las algas crisofitas, y de hecho son un hecho evidente en géneros como *Ochromonas*, *Dinobryon*, *Mallomonas*, *Synura* y *Uroglena*. Estos quistes silíceos, de desarrollo endógeno, suelen presentar un tamaño entre 4<sup>100</sup> y 10 µm, superando raramente las 20 µm (Tappan, 1980; Vigna, 1995). Sus paredes suelen ser homogéneamente gruesas, siendo una de las primeras características percibidas cuando se localizan quistes al microscopio óptico y se procede, mediante corte óptico<sup>101</sup>, a su observación (Fig. 164, 165 y 166). Su grosor puede ser de varias micras.

La única zona del quiste que no presenta pared silicificada, es la ocupada por el orificio (*poro*) por donde debe salir el flagelo que permitiría abrir el nuevo ciclo del alga. Aquí se localiza un tapón de quitina que permite la estanqueidad respecto al exterior del quiste. Dada su composición este tapón tiende a desaparecer con el tiempo, preservándose únicamente la pared, fuertemente silicificada, que integra la casi totalidad del quiste más la zona de dicho poro.

Dicho orificio está formado por un único poro, cuya morfología puede presentar numerosas variantes y presentar *annulus*<sup>102</sup> a su alrededor (Vigna, 1995), al igual que la propia ornamentación externa, o margen elevado del mismo, denominada *collar*, que puede presentar numerosas variaciones morfométricas (Coradeghini & Vigna, 2001; Pla, 2001; entre otros). Por su parte Zeeb & Smol (1993) indican que en las morfologías lisas, por lo demás muy habituales, pueden distinguirse por el grosor de la pared y la morfología del poro<sup>103</sup>.

---

deseccación completa por diferentes causas (naturales o artificiales) perdería gradualmente su componente “de calidad” en términos de masivo desarrollo de microorganismos, hasta el punto de sucumbir éstos en un fuerte proceso de eutrofización acentuado en función de la disminución —hasta su completa desaparición— de la masa de agua. Sería entonces, en condiciones de ausencia total o casi completa de agua, donde las crisofitas a través de sus quistes garantizarían su reproducción tras nuevos aportes del líquido elemento.

<sup>100</sup> Coradeghini & Vigna (2001) citan incluso un mínimo de 2 µm y un máximo de 30.

<sup>101</sup> Que permite descubrir la naturaleza hueca de los quistes, y que por ejemplo no funciona como microfósiles silicificados de cuerpo masivo, en especial de la mayoría de silicofitolitos conocidos hasta el momento. Por ello una de las formas de identificar los quistes, y distinguirlos de formas similares de aquellos, es identificar precisamente la pared silicificada mediante el correspondiente ejercicio de ajuste del micrométrico en lo que se conoce como “corte óptico”.

<sup>102</sup> Término latino que designa una parte del interior del collar que puede presentar otro borde silicificado y que puede presentar, a su vez, varias morfologías.

<sup>103</sup> Como ocurre con el resto de términos, que hacen referencia a morfologías de quistes, collares y ornamentaciones, éstos son citados en la bibliografía siempre en

A nivel de clasificación taxonómica, la primera propuesta parece ser la de Pascher (1914, citado por Round, 1983), manteniéndose hasta la actualidad algunos puntos no consensuados. Desde los años 80' del siglo XX se atiende especialmente a criterios morfológicos en detalle, con el empleo de microscopio electrónico (Round, 1983; Pla, 2001). En todo caso, el estudio de las algas crisófitas en contextos sedimentarios se realiza a través del de sus quistes de resistencia, siendo estos —su morfología, ornamentación y tamaño— los que permiten conocer la presencia de determinadas especies en un determinado medio acuático.



**Figura 164** (Izqda.), Quiste esférico con collar complejo (corte óptico).  
**Figura 165** (centro), Quiste elipsoidal con collar cónico (corte óptico).  
**Figura 166** (Drcha.), Quiste ovalado con collar complejo (corte óptico).  
 Todos localizados en sedimentos arqueológicos de La Cerera. 1000x. J.A.

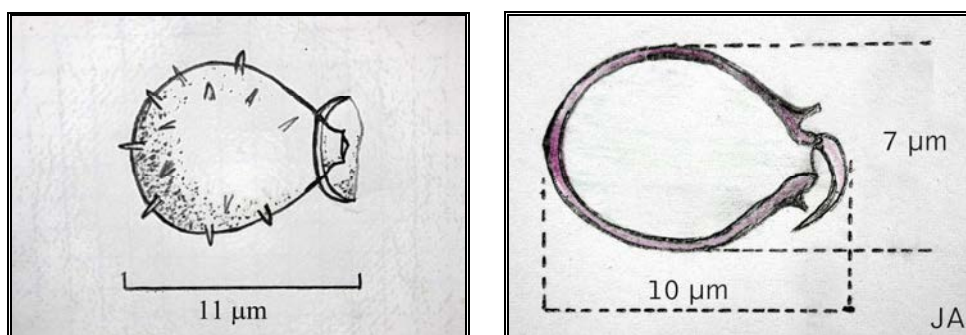
Tal y como revela Pla (2001) para los contextos lacustres de Pirineos, el estudio conjunto de los parámetros del agua junto con ya mencionados de los quistes que aparecen en el sedimento subacuático, permiten conocer a que contexto se encuentran asociados estos últimos. Para ello, el aspecto clasificatorio pone de manifiesto su importancia en los detalles obtenidos mediante microscopio electrónico, que como sucede con otras disciplinas de aplicación paleobotánica, como la paleopalínología, recurren a ésta herramienta tras haber empleado el microscopio óptico como instrumento de examen rutinario. Este particular se constituye como el primer resultado obtenido al respecto en nuestro trabajo, donde ha sido posible detectar, describir de forma preliminar y contabilizar de forma completa los quistes presentes en las preparaciones microscópicas donde también se estudiaron otros microfósiles vegetales (en su mayoría fitolitos).

Los parámetros citados por Pla (2001), para el reconocimiento morfológico de quistes, comienzan con una terminología adoptada de obras anteriores (Duff *et al.*, 1995), que atienden a la forma del quiste (esférico, ovalado, elipsoide y variaciones de estos) y se ciñen —en la mayoría de los casos— a un limitado, pero como puede comprobarse posteriormente, complejo esquema morfológico. Por su lado, la diversidad de las morfologías del poro y collar es mucho más amplia, cuando éste se encuentra presente. A los que hay que sumar —con fines de clasificación y filiación biológica— la ornamentación del

---

inglés, salvo en algunos trabajos de referencia, por ello se ha debido proceder a su posible traducción que, en todo caso, se ha dirigido hacia su origen etimológico, buscando una aproximación más lógica al posible significado aplicado a cuestiones de descripción morfológica. En su mayoría se trata de términos comunes en botánica, y muy empleados por ejemplo en la descripción de palinomorfos.

cuerpo del quiste, que puede presentar amplia variabilidad de elementos, dispuestos igualmente en variable disposición y concentración. Entre estos tres parámetros se observan multitud de ejemplos diferentes, con ejemplares muy espectaculares que en algunos casos también han sido localizados en sedimentos de Tenerife, como los que presentan collar complejo, con prolongaciones circulares alrededor del poro (**Figura 167**) o fuertemente incurvadas con forma de garfio (**Figura 168**). En el ámbito del reconocimiento microscópico de tales ejemplares de quistes, obviamente debe asumirse que cuanto más compleja sea la ornamentación de éste, así como de la complejidad del collar, más alta sea la probabilidad de que sean afectados por procesos postdeposicionales adversos, propios de la dinámica inter-sedimentaria y la secuencia cronológica a la que pertenezcan. Entonces puede producirse una pérdida –por fragmentación, abrasión o disolución– que afectara a las partes silicificadas con mayor prolongación o menor grado de silicificación. Por lo general, atendiendo a las observaciones realizadas en los múltiples contextos (sedimentarios y edáficos) en los que aparecen quistes de crisofitas, se trata –quizá por sus morfologías, tamaño y alta silicificación– de uno de los microfósiles vegetales con mejor disposición a la completa conservación de sus caracteres distintivos.



**Figura 167** (Izqda.), Dibujo de quiste localizado en suelos del Llano de Ucanca (Perfil R-18, Bt1). **Figura 168** (Dcha), Dibujo de quiste localizado en sedimento superficial de charcos del Barranco del Riachuelo (Las Cañadas del Teide). J.A.

Esta espectacularidad en morfologías y ornamentaciones ya es ilustrada de forma similar por Deflandre (1936) para la clase *Archaeomandaceae* (citado por Cronberg, 1986), en quistes localizados en sedimentos del Cretácico y Mioceno superior. Pero más acertadamente en las ofrecidas posteriormente (1936), en los trabajos de este mismo autor, para la clase *Chrysostomataceae* (*Chrysomonadaceae* para Cromber, 1986), así como en los de Nygaard (1956) en su propuesta de clasificación en 10 grupos morfológicos. La observación de los dos primeros, donde se asume la antigüedad de varias de las morfologías descritas, sugiere que estamos ante elementos microscópicos derivados de organismos vegetales con un largo desarrollo biológico, adaptado a muchos millones de años, que en muchos casos conservan rasgos morfométricos invariables. Y por tanto fácilmente reconocibles y clasificables siguiendo los parámetros ya descritos y dentro de grupos desarrollados en unas u otras condiciones hídricas, tal y como revela Pla (2001) mediante el estudio paralelo de las aguas donde han sido localizado los quistes por él descritos.

Si nos atenemos a los estudios citados, se observa una predominancia de las formas esféricas a subesféricas frente al resto, presentándose siempre de forma aislada y sólo en uno de los tipos designados por Deflandre (1936) aparece un quiste dividido en dos partes, siempre dentro de la clase *Chrysomonadaceae*, que es la que mayormente parece presentar quistes la misma morfología esférica pero con muy abundantes variaciones en el resto de parámetros (collar y ornamentación).

A nivel de observación microscópica, como bien ilustra Pla (2001), dichos parámetros pueden ser visibles mediante instrumentos ópticos, pero los detalles de los mismos solamente son bien apreciables con microscopios electrónicos, donde especialmente la ornamentación muestra sus más pequeñas particularidades. Mientras, a nivel cuantitativo la magnificación de los microscopios convencionales (400-600x) sí es completamente factible para cómputos por gramo de muestra analizado, lo cual permite realizarlos en el transcurso de análisis de otros microfósiles, como fitolitos y diatomeas, en la misma preparación que éstos.

En todo caso la conjunción de morfologías y ornamentaciones, de los propios quistes y sus collares, generan un amplio conjunto de variaciones que deben ser estudiadas en detalle para llevar a cabo un reconocimiento taxonómico lo más preciso posible. Aunque aun en la actualidad tal reconocimiento se sigue vinculando a referirse a formas ya detectadas en otros contextos, poniéndolas en relación con los parámetros biológicos detectados en los sedimentos o aguas donde se localizan.

Pese a ello, como opina Vigna (1989) estamos ante un tipo de microfósiles que ya ha generado la creación de una disciplina concreta de estudio, que recién a comenzado a dar sus mejores frutos, pero que aun requiere de mayores esfuerzos de sistematización y sobre todo de profundización en cuanto a la adscripción de determinados morfotipos a específicos requerimientos ambientales. Será entonces cuando nos permita no sólo conocer los cambios de las masas de agua continentales sino —como ocurre con las diatomeas— comenzar a emplearlas también con fines asociados a la intervención humana. Dada la amplia secuencia temporal y espacial, donde están siendo localizados los quistes de crisofitas, esta labor generará sin duda, como ocurre con las diatomeas (Stoermer & Smol, 1999; entre otros), importantes investigaciones donde se aborden aspectos muy relevantes de la historia natural y humana.

#### **Aplicabilidad en cuestiones arqueológicas y paleoambientales.**

Partiendo de la premisa de que la presencia de dichos quistes siempre será un indicativo de un cambio en las condiciones biológicas de dicho medio —de hecho se los considera potentes marcadores medioambientales—, la detección en sedimentos arqueológicos no hace sino corroborar que se produjeron, en los niveles de ocupación, enterramiento, etc., condiciones propicias para su desarrollo y también desaparición, al menos eventual. Como ocurre con los sedimentos y suelos donde aparecen, la relación con el agua es siempre directa aunque en variable calidad y proporción. Y sobre todo es fundamental que esa relación puede ser muy antigua, porque los quistes silicificados perduraran en aquellos lugares con condiciones potenciadas de la disolución silíceas. De ese modo, baste citar que la presencia de quistes puede darse en contextos tan antiguos como los del Cretácico (141-65 Ma) y lo que es más

importante: sin interrupción hasta la actualidad (Cromberg, 1986). Las secuencias cronológicas que involucran a la humanidad son por tanto perfectamente abordables desde un análisis de quistes de crisofitas, al menos en todos aquellos contextos donde haya existido una relación (directa o indirecta) con el agua. Pese a que los trabajos que los asumen como indicadores microfósiles en contextos arqueológicos son extremadamente escasos, no cabe duda alguna en las posibilidades que presenta para un estudio arqueológico, arqueobotánico, microarqueológico.

En los trabajos que más se relacionan con el nuestro, en virtud de sus objetivos, materiales y técnicas empleadas, debemos citar el realizado por Pinilla & Bustillo (1997) en secuencias del Mioceno de la provincia de Madrid. Pero por lo general son muy escasos, o en todo caso se limitan a incluir el estudio de los quistes de forma complementaria, por haber sido detectados durante el análisis de fitolitos o microalgas diatomeas, también en suelos. No obstante, puede considerarse un avance importante el trabajo de Korstanje (2005) sobre la consideración de los quistes como uno de más de los microfósiles que apuntalan la estructura de un análisis conjunto de los mismos, junto con el resto de evidencias microscópicas que sin duda sometidos a una estructuración por grupos, afinidades biológicas y significación dentro del registro arqueológico permiten abordar un concreto proceso histórico.

Por su parte los estudios realizados entre 2002 y 2008 en Canarias han permitido identificar este tipo de quistes, y por derivación la antigua existencia de las algas crisofitas que los desarrollaron, en varios yacimientos arqueológicos y suelos de las Islas Canarias (Afonso, 2004a), así como conocer algunas de sus principales características y ponerlas en relación con materiales sedimentarios de referencia procedentes de charcas y lagunas –también de la Península Ibérica– estudiados de forma experimental<sup>104</sup>. La primera identificación de quistes en sedimentos arqueológicos de las Islas fue realizada por la Dra. A. Pinilla (CSIC, CCMA, Madrid), mediante microscopía electrónica, obteniéndose la imagen de abundantes quistes esféricos, lisos y sin collar<sup>105</sup>, en una zona del yacimiento de El Tendal (La Palma) que pudieron ser observados en gran concentración y en detalle (**Figura 169**). Siendo intensamente estudiados posteriormente gracias al asesoramiento de la Dra. M<sup>a</sup>.A<sup>a</sup>. Bárcena<sup>106</sup>, y donde pudimos comprobar la heterogeneidad del registro de quistes en los sedimentos de La Cerera (Gran Canaria), un aspecto que era tan consistente como para poder equipararse, en entidad cualitativa y cuantitativa, a aquellos microfósiles, que como los silicofitolitos, suponían la base del estudio microscópico.

La importancia del estudio de materiales actuales ha resultado, como en el resto de elementos de referencia empleados como portadores de información microfósil, clave para acometer lecturas arqueobotánicas y paleolimnológicas relacionadas con su presencia en contextos arqueológicos. En concreto han sido de vital importancia para entender las características de algunos

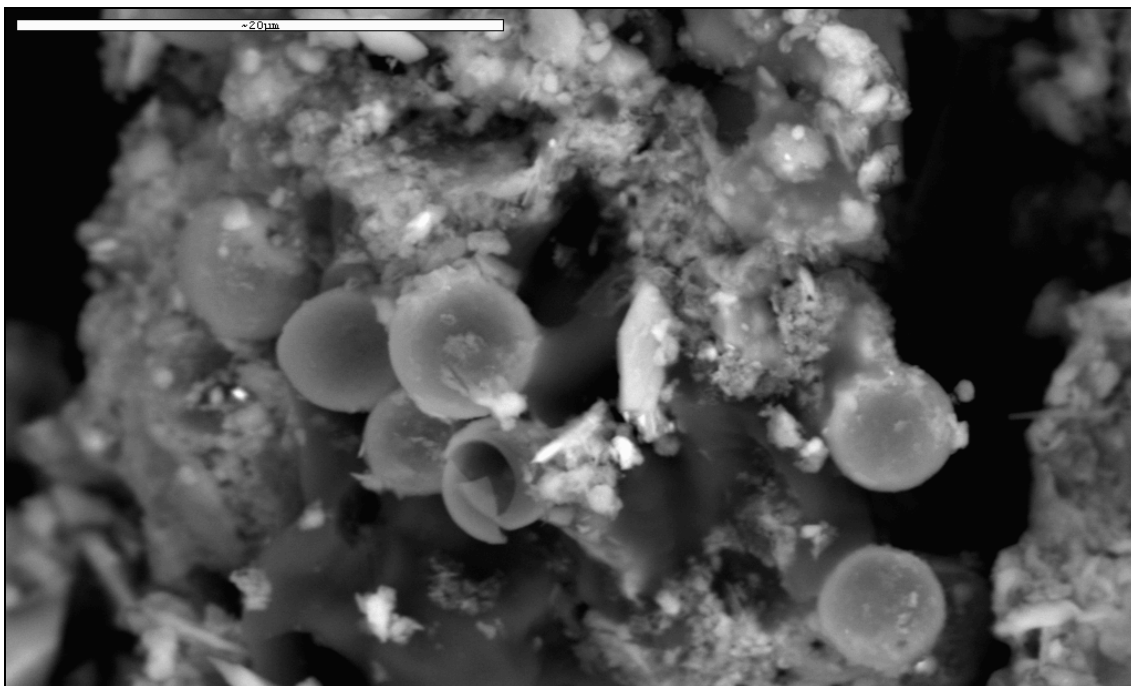
---

<sup>104</sup> Estancia predoctoral en la Sección de Paleontología (Dpto. de Geología) de la Universidad de Salamanca, primavera de 2005.

<sup>105</sup> En lo que creemos puede ser la primera identificación de quistes de crisofitas en contextos arqueológicos de las Islas Canarias.

<sup>106</sup> Dpto. de Geología, Sección de Paleontología, Universidad de Salamanca.

sustratos sedimentarios donde los procesos de encharcamiento-desección fueron muy intensos, derivados o no similares actividades antropicas, como atestiguan la mayoría de los niveles arqueológicos de La Cerera (Arucas). En otros casos, también pudimos evidenciar la existencia de sustratos encharcados donde no aparecían otros tipos microfósiles, como ocurre en diversos niveles del yacimiento grancanario de Las Candelarias<sup>107</sup> (Agaete, Gran Canaria).



**Figura 169**, Primera detección de quistes de crisofitas en sedimentos arqueológicos de El Tendal (La Palma), donde puede apreciarse la rotura de la pared silicificada de uno de ellos. Equipo SEM del CCMA (2002, CSIC, Madrid). Escala 20  $\mu$ m. F.P<sup>108</sup>./A.P<sup>109</sup>./J.A.

Como en el caso de las diatomeas, aunque quizás con mayores restricciones pero también con lecturas mucho más específicas, la presencia de quistes de crisofitas refleja, de forma precisa, las características del medio acuático donde se operan unas determinadas condiciones y finalmente depositado. Aunque sus afinidades ecológicas aun están siendo comprobadas, como demuestran trabajos específicos a nivel limnológico (Vigna, 1989, 1999; Pla, 2001; entre otros), el arranque de sus posibilidades, a nivel paleolimnológico, con todas las repercusiones científicas que ello plantea, se encuentra en sus primeros momentos, lo cual no deja de ser una consecuencia directa del propio conocimiento sobre flora de crisofitas a través del de sus quistes. Tal y como comentaba Vigna (1998), citando en el mismo sentido a Cronberg (1986), la tarea de interpretar características ecológicas, en función de la presencia de determinados morfotipos de quistes es una tarea iniciada exhaustivamente desde la década final del siglo XX. Quizá porque es cuando se ha dispuesto de criterios estructurales sólidos, asumiendo los de tipo

<sup>107</sup> 2008, Informe Inédito.

<sup>108</sup> Referencia al Sr. D. Fernando Pinto.

<sup>109</sup> Referencia a la Dra. Ascensión Pinilla.

descriptivo y clasificatorio, para luego pasar a designar posibles enlaces ecológicos ya que, como comenta esta última investigadora, éstos son aun desconocidos para muchos morfotipos.

Obviamente la repercusión de contar con restos microscópicos de algas diferentes a las diatomeas y de las que comienzan a conocerse sus preferencias medioambientales, genera numerosas expectativas para la Arqueología. Pese a que aun no podamos definir dónde comienzan las condiciones aptas para unas y otras –pese a que las detectemos a veces en los mismos niveles y horizontes– las diferencias en sus concentraciones aluden a que efectivamente éstas pueden existir y que sin duda podremos conocer determinados paleoambientes, incluso aquellos donde se produjeron prácticas agrícolas sin intervención de riego artificial, caso de El Alto del Bolsón (Argentina), donde las crisofitas aparecen formando parte de todo el elenco microfósil citado para el análisis conjunto de los mismos (Korstanje, 2005, Tesis doctoral).

Del mismo modo su detección en los materiales sujetos a estudio en la presente tesis doctoral ha permitido conocer que su estudio puede propiciar el de contextos donde se presumen cambios climáticos que también habrían afectado a las condiciones hídricas zonales (Las Cañadas del Teide, Tenerife), así como el papel de estas en contextos profundamente antropizados y sujetos a una fuerte explotación agrícola, como ocurre en el yacimiento de La Cerera, en las medianías grancanarias de Arucas.

En todo caso su asociación a contextos hídricos, permanentes o eventuales, facilita la identificación de los mismos cuando se hayan operado cambios en los mismos (aumento o decrecimiento) e incluso su completa desaparición.

Esto las convierte en claros bioindicadores de interés paleontológico y arqueológico. Igualmente las lecturas derivadas de su presencia, tendrán que ver con las condiciones de dicho medio, su localización así como los procesos, naturales o inducidos por actividad antrópica, que le han afectado. Quizás la nota más relevante sobre la importancia de su estudio puedan dárnosla los propios resultados de su detección en las muestras analizadas en las Islas Canarias –tanto arqueológicas como edáficas– donde los únicos microfósiles que puede considerarse habituales en casi todos ellos –incluso por encima de los fitolitos de gramíneas– son los quistes de algas crisofitas. Sin duda creo que se trata de una conclusión que deberá ser tenida en cuenta a la hora de incluirlos, como un elemento microscópico de fundamental referencia, en el estudio de las antiguas poblaciones de Canarias y su pasado medioambiental.

### **Espículas de esponjas.**

Este tipo de microfósil es sin duda el menos conocido del conjunto que permite evaluar la presencia de condiciones hídricas en un sustrato del pasado, especialmente en contextos arqueológicos, aunque no paleolimnológicos, ya que su reconocimiento en contextos muy antiguos ha permitido identificar –a las esponjas– como uno de los organismos animales más antiguos de medio acuático, de las cuales las espículas y sus fragmentos son sólo una parte, aunque completamente representativa de los mismos. Conviene por ello citar algunos datos importante al respecto de la naturaleza del primitivo animal que las genera, que nos son ofrecidos por autores como Simkiss & Wilbur (1989), quienes contemplan aspectos de unas y otros. Estos autores citan que de los animales multicelulares que forman esqueleto, las



esponjas marinas son los más antiguos, retrotrayendo su presencia al Proterozoico Medio (unos 1000 Ma).

Por el contrario las de tipo dulceacuícola serían mucho más recientes, apareciendo durante el Terciario (50 Ma) según cita Müller (1982), e incluso en depósitos del Cretácico (aprox. 145-70 Ma) en Inglaterra (Young, 1878, citado por Pisera & Sáez, 2003). Siendo en todo caso comunes en secuencias del Terciario en gran parte de Europa (Mehl-Janussen *et al.*, 2000; entre otros). También en contextos del hemisferio sur cabe citar su reconocimiento en la Formación Quillagua (norte de Chile) con una edad correspondiente al Mioceno reciente o Plioceno antiguo (posterior a  $5,8 \pm 0,4$  Ma), donde se describe una nueva especie de esponja dulceacuícola (Pisera & Sáez, 2003).

### Esponjas y espículas.

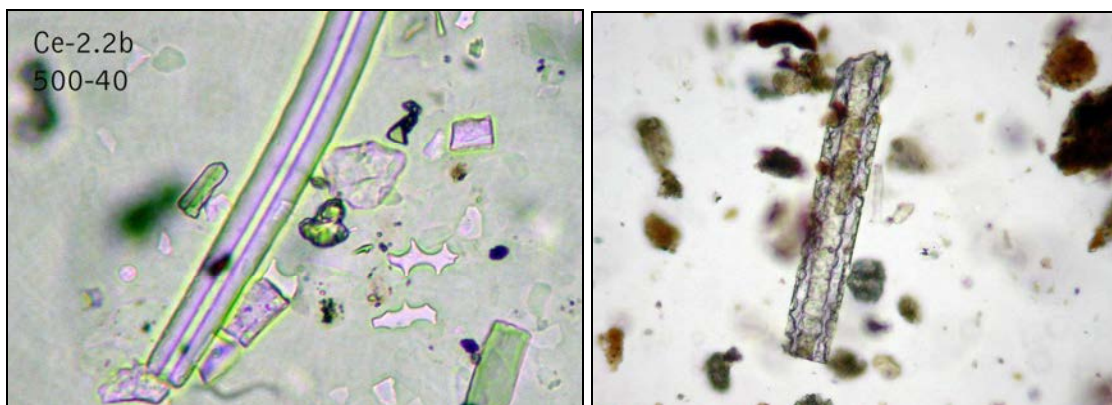
De las más de 5.000 especies de esponjas conocidas, sólo unas 150 son dulceacuícolas, el resto son marinas. Suelen tener entre 1 cm. y 2 metros de longitud, con formas y colores muy variables. Interesa saber que su esqueleto, formado por acumulación mineral puede ser de carbonato cálcico o bien de sílice (*demosponjas*), recibiendo sus partes más individualizadas el nombre genérico de espículas. Igualmente las esponjas generan otro tipo de biomineralización conocida como “espinas”, cuya morfología les hace más vulnerables a la fragmentación y por ello a la detección microscópica.

Las espículas en contextos arqueológicos y edáficos suponen una mínima pero absolutamente representativa parte de este animal sésil, derivada—como silicofitolitos, diatomeas y crisofitas— de un proceso de biomineralización, aunque en este caso desarrollado por un animal que se mantiene, como aquellos, en los sustratos donde se depositan sus restos, de ahí que su detección permita indagar en condiciones claras de humedad en contextos muy antiguos (Simkiss & Wilbur, 1989). Existen dos tipos fundamentales de esponjas, que responden a dos procesos diferentes de biomineralización. Mientras que la producción de espículas silíceas es siempre intracelular, en las calcáreas es siempre extracelular. Atendiendo a la primera—dadas las escasas posibilidades de recuperar en contextos prehistóricos las del segundo tipo—, su formación incumbe la circulación de silicio a través del plasmalema y la membrana vacuolar hasta producirse la deposición de sílice en forma de espícula (tubular). Aunque la variedad de formas que pueden adquirir son enormes, guardan siempre dos aspectos básicos: formas alargadas con o sin ornamentación y presencia de un hueco liso central en toda su extensión (**Figura 170-171**) dependiendo de la zona del animal.

En los fragmentos detectados y sujetos a observación microscópica pueden detectarse los parámetros citados por Simkiss & Wilbur (1989), permitiendo fijar los dos citados como básicos para su identificación en contextos sedimentarios. Teniendo en consideración que al contrario que otros microfósiles de ambiente acuático, su presentación suele ser bajo la forma de fragmentos, de longitud variable, que en ocasiones pueden superar las 100  $\mu\text{m}$ . A ambos parámetros—fuerte pared silicificada y canal interno— debe sumarse el de un ligero grado de curvatura, que obviamente resulta más fácil de detectar cuanto más largo es el fragmento observado (**Figura 170**).

En otros casos es la ornamentación, o la falta de ella, la que puede permitir diferenciarlos de cuerpos microscópicos que pueden tener un origen diferente, vegetal. Es el caso de los apéndices epidérmicos o tricomas de

numerosas especies botánicas, que presentan igualmente alta silicificación y en algunos casos canal interno. Afortunadamente dicha circunstancia no parece ser habitual, restringiéndose a varios tipos de dichos tricomas, como los que presentan los existentes en la epidermis foliar de las hojas de las higueras (*Ficus carica*, Fichas Plantas Patrones, Capítulo 5-I, p. 464).



**Figura 170 (Izqda.),** Espícula en niveles arqueológicos de La Cerera, 600x. **Figura 171 (Dcha.)** posible fragmento de espícula en residuos bioantropológicos del yacimiento prehistórico de Galera (Murcia), 400x. J.A.

#### Espículas en contextos arqueológicos.

Obviamente el hecho de que se trate de una biomineralización silíceica le otorga, a las espículas y sus fragmentos, las mismas cualidades de conservación y de detección en materiales como suelos y sedimentos arqueológicos. No obstante la primera salvedad a realizar sobre el primer aspecto radica en que, hasta el momento, siempre las hemos localizado de forma fragmentaria aunque inconfundible, ya que aspectos como su grosor, ornamentación y aspecto de su canal interno así lo permite. Pese a ello nunca se han observado en concentraciones significativas, como las que presentan –por ejemplo– las valvas de diatomeas en determinados contextos. Del mismo modo que otras silicificaciones, un aspecto clave en su preservación parece ser el pH del sedimento/suelo y la presencia de circulación hídrica<sup>110</sup>, ya que hemos localizado fragmentos de ellos que presentan un alto grado de disolución de SiO<sub>2</sub> por esta causa (**Figura 171**).

En análisis de microfósiles importa sobre todo su capacidad para sintetizar sílice, que se encuentra dando consistencia a los canales por los que este animal primitivo y sésil (fijo al sustrato) hace pasar el agua de donde extrae los nutrientes que le sirven de alimento (**Figuras 172-173**). Su deposición, junto a los microfósiles silicificados de origen vegetal, permite que sean recuperados también con estos, aunque se trate del único microfósil de origen animal dentro del gran repertorio de los anteriores. Una de las primeras citas sobre su presencia en tales registros, puede ser la de Piperno (1985) en los

<sup>110</sup> Podría hablarse de una relación directa entre la apertura de estos procesos con la antigüedad del registro y el sedimento arqueológico. Ya que hemos apreciado el efecto de la disolución de la sílice especialmente en los morfotipos de secuencias estratigráficas más antiguas o en restos arqueológicos que superan varios miles de años, como en el caso de los residuos bioantropológicos de Galera.

sedimentos sondeados en el Canal de Panamá, donde aparecen conjuntamente con fitolitos y algas diatomeas con una edad de entre 11.300-9.000 años. Es precisamente dicha presencia, en unión de fitolitos propios de especies hidrófilas, la que permite interpretar a la autora estar ante un aumento de las condiciones húmedas en la zona muestreada y como éstas favorecerán —entre 7.300-4.200 BP— la implantación del cultivo del maíz/millo (*Zea mays*) hacia 4.750 BP. La interesante lectura conjunta que ofrece Piperno en este trabajo, ilustra perfectamente las amplias posibilidades de contar —dentro del registro de microfósiles silicificados— con las espículas de esponjas, como uno de aquellos que claramente pueden ser catalogados y empleados como bioindicadores.

### CONTEXTOS CON PRESENCIA DE ESPÍCULAS DE ESPONJAS SILÍCEAS.

#### Muestreos de formación (*training sets*) en sedimentos de la ría de Villaviciosa (Asturias).

Las labores de muestreo sistemático en contextos sedimentarios<sup>111</sup>, edáficos y arqueológicos ha permitido disponer de un criterio aproximado sobre aquellos ambientes donde se han desarrollado esponjas, cuyas espículas —en mayor o menor grado de concentración— indica, en principio, la existencia de condiciones ambientales propicias para su desarrollo.

Dado que las referencias a los registros microfósiles se especifican en cada uno de los correspondientes apartados de esta tesis, únicamente ejemplificamos aquí lo que ha sido el contexto donde se han localizado mayor concentración (por preparación y gramo de muestra) de espículas de esponjas.

En el contexto de la Ría asturiana de Villaviciosa pudieron llevarse a cabo muestreos específicos del sedimento presente en los bancos de arena sujetos a la acción de las mareas. Al contrario que en otros contextos, aquí existe un medio cambiante, vinculado a la intensidad del aporte de agua de mar y agua dulce y por tanto unas características e indican la existencia de organismos adaptados a tales condiciones.

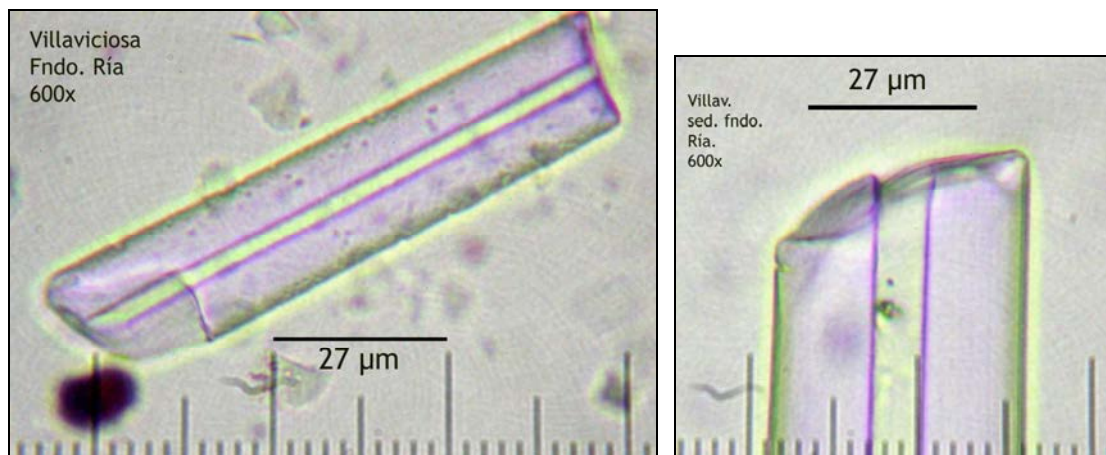
Quizás lo más significativo de ese estudio fue comprobar que las espículas de esponjas eran el grupo más representado en el sedimento acuático, donde al contrario que en otros contextos similares no presentaba evidencias netas de microalgas, en concreto de valvas de diatomeas, como las que cabría esperar en un ambiente de estuario marinos o ría (más propiamente), con aguas salobres. Evidencias que por lo demás constituían el objetivo del muestreo llevado a cabo bajo el agua.

Obviamente esta experiencia invitó a pensar que el sustrato analizado —sedimentos arenosos insertos en el espacio intermareal— reunía unas específicas condiciones, propicias para el desarrollo de esponjas pero no de

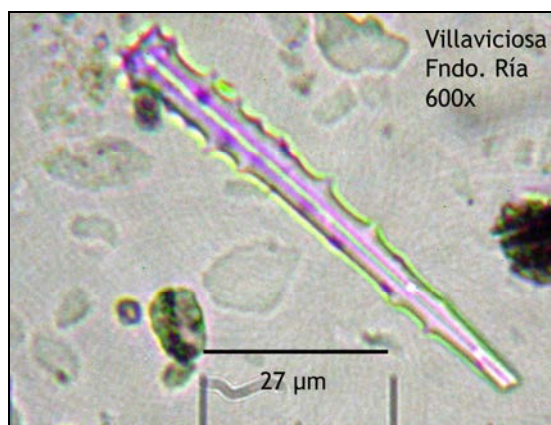
---

<sup>111</sup> Nótese que aquí también nos acogemos a la diferenciación entre sedimentos y materiales arqueológicos (sedimentos también en este caso), que pese a ser igualmente de naturaleza sedimentológica, entendemos que deben diferenciarse de aquellos que no han tenido el factor antrópico como parámetro formativo, al menos de forma directa, como sí ocurre en un yacimiento de tipo hábitat, o cualquiera en el que intervenga una ocupación o tránsito, durante una secuencia temporal más o menos larga en un mismo espacio.

microalgas. En todo caso un ambiente completamente beneficioso para nuestros propósitos, que creo claramente ilustra la potencialidad de los *training sets*.



**Figura 172** (Izqda.), Fragmento de espícula de esponja, 600x. **Figura 173** (Drcha.), Detalle de fragmento similar al anterior, donde pueden observarse las dimensiones de las paredes (altamente silicificadas) con respecto al canal interno, 604x.



**Figura 174**, Espícula de esponja localizada en el sedimento de la Ría de Villaviciosa, que debe corresponder a una especie propia de aguas salobres. 600x.

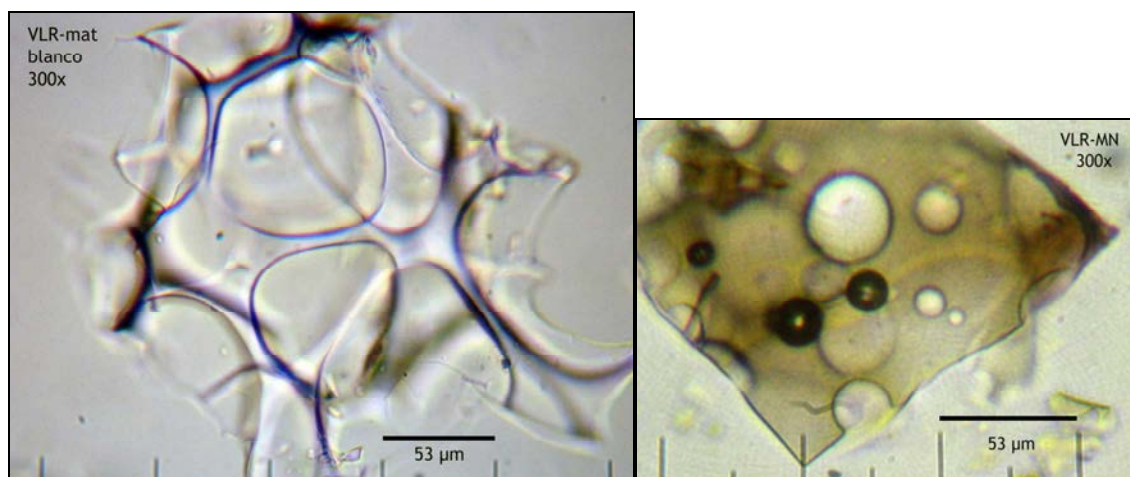
### La erupción del Volcán de La Restinga (Isla de El Hierro): ¿una oportunidad para el estudio de las esponjas marinas?.

Efectivamente la erupción submarina gestada desde el verano de 2011 en la zona más meridional de la Isla del Hierro, y presente durante todo lo que quedó del año 2011, supuso una gran oportunidad para el estudio que realizabamos sobre este tipo de microfósiles silíceos. Ya que nos permitió —de forma indirecta— evaluar los restos de esponjas marinas presentes en los fondos marinos afectados por dicha erupción<sup>112</sup>. La relación existente entre ambos eventos así como su conexión con las tareas analíticas y de estudio de

<sup>112</sup> Siguiendo las indicaciones del Dr. Alberto Brito (Dpto. Biología Marina, Facultad de Biológicas, ULL).

microfósiles contenidas en esta Tesis doctoral, partieron, aquí también, de las posibilidades de la microscopía óptica para solventar algunas cuestiones relacionadas con la naturaleza de un determinado material. En este caso el emitido a la superficie como derivación de la erupción submarina. Se trataba, en función de las hipótesis barajadas inicialmente, con respecto a la naturaleza del material denominado “restingolita”, de averiguar si los expulsados inicialmente por el volcán submarino de La Restinga<sup>113</sup> presentaban rasgos reconocibles, como podían ser los propios de materiales magmáticos<sup>114</sup>.

Paralelamente al estudio microscópico de estos materiales (**Figuras 176 y 177**), de textura extremadamente porosa, baja densidad y colores opuestos (blanco interior y negro exterior), se planteó que su naturaleza podría estar relacionada con la presencia de abundantes esponjas silíceas marinas en la zona, dado que su estructura interna y externa presentaba claras similitudes macroscópicas y de textura con los mencionados materiales eruptivos.



**Figura 176** (Izqda.), Fragmento microscópico del material eruptivo de color blanco emitido en los primeros momentos por el Volcán de La Restinga. **Figura 177** (Dcha), Fragmentos del material negro, que se presentaba habitualmente como envoltura del anterior. Ambos 300x. J.A.

La hipótesis planteada por el Dr. A. Brito<sup>115</sup> al respecto de la naturaleza de estos materiales, los vinculaban con la existencia de grandes depósitos de espículas de esponjas en la zona de la erupción, situada en una cuenca de sedimentación marina. En opinión de este investigador, en dicha zona de la isla de El Hierro las aguas presentan muy baja productividad biológica, también a nivel de microalgas, razón por la que el sedimento marino solamente habría recogido, entendemos mientras han durado tales condiciones, restos de las esponjas allí desarrolladas<sup>116</sup>.

<sup>113</sup> En espera de su nominación oficial, la cercanía a esta localidad del sur de la Isla del Hierro parece una de las más acertadas.

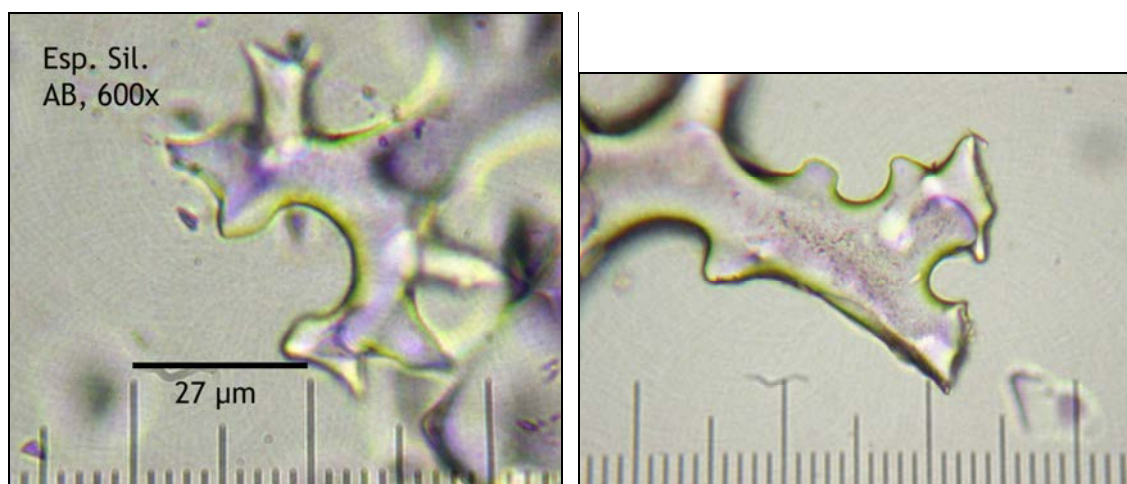
<sup>114</sup> Se trataba, aquí también, de diferenciar entre elementos biogénicos de minerales.

<sup>115</sup> Departamento de Biología Marina, Facultad de Biológicas, ULL.

<sup>116</sup> Obviamente, a nivel de investigación microfósil, esta lectura podría ser el punto de partida para acometer el estudio estratigráfico de los fondos de El Hierro —mediante

Ya que efectivamente una de las características del fondo marino (situado entre 200-300 m.de profundidad ) en la zona de La Restinga donde surgió la boca eruptiva, es la proliferación –frente a cualquier otro organismo sujeto al sustrato geológico marino– de esponjas de alta composición silícea, del tipo también denominado *litístidas*<sup>117</sup>. Esta hipótesis supuso orientar el estudio de los materiales eruptivos citados hacia un componente biogénico en el que hasta entonces se consideraba puramente geológico. La hipótesis sobre la que asentó la investigación microscópica que se puso en marcha, buscaba ratificar –mediante experimentación básica– que los primeros materiales emitidos por el Volcán de La Restinga podrían tener un origen biogénico, en concreto de esponjas silíceas que habrían resultado fundidas por el calor del magma submarino.

En todo caso esta investigación paralela y urgente permitió tomar contacto con las esponjas y sus espículas así como sus características como biomineralizaciones altamente silicificadas. Esa investigación contemplaba el seguimiento de la estructura de varios tipos de esponjas marinas después de someterlas a diferentes grados de temperatura, buscando finalmente su fusión (Figuras 178 y 179).



**Figuras 178-179**, Espículas de esponjas marinas sin someter a tratamiento térmico. 600x.

Las tareas comenzaron calcinando las esponjas a 500°C y 700°C, llegando posteriormente alcanzar 1.500°C y llevando a cabo un seguimiento microscópico, comprobando la alta resistencia de sus espículas, que aunque comenzaban a mostrar signos de fusión interna a esa última temperatura, mantenían aun la estructura externa (Figuras 180-181).

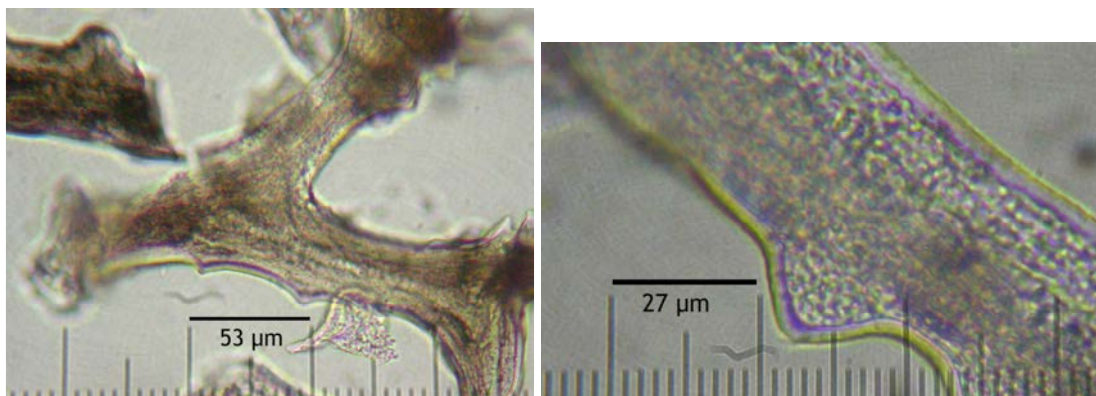
Obviamente los resultados de este experimento confirmaron que estamos ante uno de los elementos biominerales más resistentes del repertorio de los que pueden llegar a ser microfósiles, y desde luego que las espículas

---

oportunos sondeos submarinos o *cores*— que permitirían conocer si esta situación ha sido siempre así.

<sup>117</sup> Otras fuentes denominan a este tipo de esponjas como demoesponjas, definiendo aquellas que sintetizan sílice en sus espículas, para diferenciarlas de las que lo hacen con carbonato cálcico (Simkiss & Wilbur, 1989).

confirman tal cualidad, al menos donde medien altas temperaturas. Que aunque no suponen el tipo habitual de ambientes ni procesos donde pueden verse involucradas, permiten conocer su resistencia, sin duda otorgada por su alta silicificación.



**Figuras 180-181**, Espículas de esponjas como las de las **Figuras 178-179** tras ser sometidas a 1.500° C., 300 y 600x respectivamente.

Finalmente pudo comprobarse que los materiales inicialmente emitidos a a la superficie (Figuras 176 y 177) no se correspondían, en características morfométricas con las espículas de las esponjas tomadas como referencia. Manteniéndose, eso sí, la posibilidad de que entre los materiales silíceos que conforman el material volcánico, conocido como “Restingolita” existiera un componente biogénico derivado de espículas de esponjas, que resultarían incorporadas al mismo tras un proceso general de fusión de SiO<sub>2</sub>, mineral y biomineral.

Uno de los aspectos microscópicos que hemos podido detectar, es la diferencia entre las espículas de esponjas de especies marinas de las dulceacuícolas o de ambiente salobre, con la presencia en las segundas de un canal interno claramente perceptible que no es tan evidente en las primeras.

## Capítulo 4: Métodos y Técnicas Analíticas



### Contenidos:

- Tratamiento de Plantas Patrones de Referencia
- Tratamiento de Suelos y Sedimentos
- Experimentación con métodos de dispersión
- Pasos del Método Contextual de Análisis Microfósil (MCAM)
- Tratamiento de residuos bioantropológicos.
- Metodología de Observación y Valoración Microscópica.



## Tratamiento de plantas patrones de referencia.

### Prospecciones y muestreos de plantas vivas.

Aunque el tratamiento de plantas actuales supone el paso previo para realizar estudios microscópicos sobre su contenido en biomineralizaciones, tanto de naturaleza altamente silicificada (silicofitolitos) como de oxalatos de calcio (Piperno, 1985; Juan-Tresserras, 1997; Pinilla & Bustillo, 1997; Albert *et al.*, 1999), éste no puede llevarse a cabo sin las recolecciones de material vivo actual o previamente herborizado. De tal modo que las muestras de plantas proceden de la obtención de las mismas en el campo, en el transcurso de prospecciones y recolecciones<sup>1</sup> que permiten acotar las zonas donde una determinada especie o género presenta un desarrollo espontáneo, en el caso de plantas nativas, o de amplia implantación en el caso de las cultivadas.

La mayor parte de la labor de campo fue realizada entre los años 2003 y 2004 (Afonso, 2004, tesina) y llevándose a cabo posteriormente salidas de campo concretas para completar las muestras patrones, tanto en la zona de Las Cañadas como del bosque de Laurisilva. Puntualmente se mantuvo la actividad de recolección a medida que se requería de taxones concretos, tanto nativos como introducidos para cumplimentar determinados apartados de análisis microfósil, para determinar posibles variaciones entre ejemplares de la misma especie o necesidad de mayor cantidad de muestra para nuevas analíticas.

Las zonas seleccionadas, para llevar a cabo los muestreos, lo fueron por presentar formaciones vegetales que contenían especies pertenecientes a las familias botánicas que eran de fundamental estudio<sup>2</sup>. De este modo se comenzó por la zona de Laurisilva (Monte de Las Mercedes), se continuó por la de bosque termófilo (Tegueste) y vegetación xerófila (Bajamar, Punta del Hidalgo.) En estas se muestrearon numerosos endemismos y plantas autóctonas de las principales familias botánicas. Se dejarán para el final la zona de pinar y Las Cañadas del Teide. Gracias a la colaboración del personal técnico del Parque Nacional del Teide se llevaron a cabo varios muestreos, aprovechando tanto el material vivo del Jardín de Aclimatación de El Portillo como el obtenido mediante prospecciones por zonas concretas, como el Barranco del Riachuelo, donde se localizan formaciones y taxones asociados a la presencia de agua. Los resultados del estudio realizado mediante estas tareas se muestran en el trabajo académico previo a esta Tesis doctoral (Afonso, 2004b).

Dada la importancia de algunas especies, como *Phragmites australis*, *Phoenix canariensis*, *Pinus canariensis* o algunos taxones concretos de cereales, la labor de recolección se mantuvo —sobre diferentes ejemplares— al menos hasta completar los objetivos derivados del análisis de

---

<sup>1</sup> En algunos casos, debido a dificultades como la baja concentración de ejemplares en la naturaleza, o el desconocimiento de la presencia de una determinada especie en una zona concreta, se ha recurrido a pliegos de herbario ya existentes, como en el caso de *Imperata cylindrica*, *Chloris gayana* y *Glyceria declinata*, depositados anteriormente en los fondos del Jardín Botánico del Puerto de La Cruz (Jardín de Aclimatación de La Orotava).

<sup>2</sup> Dr. A. Santos, 2002, Com. Pers.

biomineralizaciones. En algunos casos, como ocurre con *P. australis* –tomado como paradigma arqueobotánico y paleobotánico– los muestreos trascendieron la geografía de Canarias y se muestreó en varias localizaciones externas, como las costas noroccidental de Escocia y central de Noruega, así como en varias localidades de la costa cantábrica, hasta completar 10 ejemplares diferentes. En otros casos se muestrearon especies pertenecientes a formaciones vegetales propias de bosques caducifolios, como *Fagus sylvatica* y *Betula pubescens*, o el caso más meridional de *Quercus robur*.

En el caso de las muestras de granos de cereal, que igualmente siguieron el tratamiento aplicado al resto de muestras, su obtención se realizó mediante petición expresa al INIA (Madrid). Se obtuvieron así muestras de variedades de trigo, cebada y mijo procedentes de varias localizaciones, la mayoría de ellas de las Islas Canarias, pero también de Marruecos. Todas ellas pertenecientes a los fondos de dicha institución.

### Tratamientos de plantas patrones.

El protocolo comienza recogiendo una parte suficiente de la planta<sup>3</sup> si ésta es de tipo arbóreo y arbustivo, o un ejemplar completo en el caso de las herbáceas, siempre que lo permitan tanto el número de éstas como su estatus como especie protegida. Cuando se trata de especies arbóreas suele bastar con unos 10 gramos de muestra, tomadas con herramientas bien afiladas y limpias, de hojas, troncos y frutos, del mismo modo se procede con especies arbustivas. Para el caso de herbáceas suelen recolectarse ejemplares completos, maduros y sanos, esto es que disponga de todas sus partes aéreas y en especial de su inflorescencia, que puede agilizarse –en muchos casos– el proceso de identificación y clasificación taxonómica.

El protocolo seguido con las muestras, que deben en parte herborizarse como plantas patrones<sup>4</sup>, es el comúnmente empleado en Botánica (Cavero & López, 2006). Por su parte las plantas, o parte de ellas, deben ser sometidas a tratamientos de laboratorio, una vez han sido identificadas y nombradas mediante el sistema binominal/binomial utilizado por K. Linné<sup>5</sup>/Linneo (Mauseth, 2003). El primer tratamiento consiste en someterla a intensos y sucesivos lavados, primero de forma general y luego detallada, con agua destilada. Se busca con ello eliminar toda partícula contaminante (especialmente edáficas como las arcillas). Posteriormente son cortadas en fragmentos, introducidas en vasos de precipitado, o cápsulas de porcelana (según volumen de la muestra) con agua destilada, y sometidas a ultrasonidos al menos durante 15 minutos. Posteriormente se extrae la muestra y se vuelve a lavar, para eliminar totalmente las posibles partículas adheridas restantes.

Antes del verdadero primer tratamiento, que modificará la naturaleza de las plantas y que consiste en una primera calcinación, son depositadas en

---

<sup>3</sup> En cantidad y calidad suficiente (preferiblemente todas las partes de las que consta) para llevar a cabo las analíticas y preparar un pliego de herbario, que se deposita en la institución que lo custodia como pliego de referencia.

<sup>4</sup> En este caso se encuentran depositados en el herbario del Jardín Botánico de La Orotava (ORT) sito en el Puerto de La Cruz (Tenerife).

<sup>5</sup> La primera edición de *Systema Naturae*, la más famosa obra de Linné/Linneo, es efectivamente 1735 pero habrá que esperar a la de 1753 para conocer la aplicación del sistema binomial a las plantas.

cápsulas de porcelana limpias con el fin de eliminar completamente la humedad que contienen, introduciéndolas en una estufa de desecación a 105°C hasta *peso constante*. Tras este proceso se colocan en un desecador con gel de sílice hasta temperatura ambiente, luego son pesadas en balanza de precisión (cuatro decimales) en una cantidad común de entre 1-5 gr. El peso es registrado en estadillo/notas de laboratorio, y se colocan en crisoles de porcelana signados, de los cuales se conoce previamente su peso. Los tratamientos seguidos desde este punto son descritos a continuación.

#### a. Calcinación.

La calcinación es el método más común para eliminar las sustancias volátiles existentes en distintos materiales mediante alta temperatura<sup>6</sup>, siendo muy útil para reducir tejidos orgánicos a ceniza y especialmente adecuado para el estudio de fitolitos en las plantas que los producen<sup>7</sup>. Habitualmente se lleva a cabo en un horno de mufla (*muffle furnace*) y su empleo ya aparece citado a finales de los años 50' (Gorsuch, 1959), manteniéndose en décadas posteriores como el método más idóneo, en concreto a una temperatura de 500°C, para eliminar compuestos volátiles sin dañar los elementos que permiten la caracterización química de los tejidos vegetales (Jones & Case, 1990). Dicha temperatura, tal y como hemos comprobado, tampoco resulta lesiva para las biomineralizaciones silicificadas presentes en los tejidos vegetales.

Efectivamente, las biomineralizaciones de sílice biogénico tienen su punto de fusión cercano a los 1.000 °C (Piperno, 2006), por lo cual una temperatura menor, como la situada en 500°C que permite identificarlas entre las partículas de las que está compuesta la ceniza, la mayoría de las ocasiones formadas por oxalatos de calcio transformados en pseudomorfo de calcita (Brochier & Thinon, 2003). Puede decirse que una buena calcinación es aquella que permite observar, en muestras vegetales, un aspecto pálido, sin indicios de carbonización y con la muestra en perfecta posición anatómica<sup>8</sup> (Figuras 182-183).

La utilización de la calcinación, junto con el método mixto descrito más adelante, constituye la técnica de rutina más empleada para lograr reducir tejidos vegetales a ceniza, en la cual sólo se encuentran posteriormente las posibles biomineralizaciones silicificadas, conocidas como silicofitolitos, pero también sales carbonatadas y oxalatos de calcio. Por ello su utilización, especialmente la operada a 400°C es el método más común y directo para evaluar el contenido de los tejidos vegetales en ambos tipos: sílice y oxalatos (Juan-Tresserras, 1997; 2002, Com. Pers.); Pinilla y Bustillo 1997; 2002, Com. Pers.). Igualmente es citada la temperatura de 500°C como apta para el tratamiento previo de plantas (Albert *et al.*, 1999), aunque esta temperatura resulta más idónea para las plantas con alto contenido en silicificaciones que para las que no las contienen. Debe por tanto llamarse la atención sobre este particular, ya que la intensidad de la temperatura debe regularse en función

---

<sup>6</sup> Como principio básico descrito ya en las prácticas protocientíficas de los alquimistas medievales, quienes lo conocían como "fuego de alquimia".

<sup>7</sup> Práctica sugerida inicialmente por Jordi Tresserras (UB) y Joan Carles Matamala (UB), 2002, Com. Pers.

<sup>8</sup> Parámetro este que va en función de varios aspectos y entre ellos la cantidad de muestra situada en el crisol.

de la búsqueda de unas y otras biomineralizaciones. Mientras que –como ya se comentando–, las de base silíceas pueden mantenerse estables hasta los 1.000°C, las de oxalatos de calcio transformadas por acción del calor en pseudomorfos de calcita, mantienen dicho ciclo de transformación desde una temperatura aproximada de 400°C. Produciéndose desde la misma notables modificaciones en su estructura cristalina, las cuales son apreciables al microscopio óptico (Figuras 148-149), siendo proporcional –el grado de alteración– al aumento de la temperatura de calcinación.



**Figura 182** (Izqda.), Hojas de acebo (*Ilex aquifolium*) antes de un proceso de calcinación. **Figura 183** (Dcha.), las mismas hojas después de su calcinación en horno de mufla. El color blanco indica que se ha completado la destrucción de la mayor parte de la materia orgánica contenida en los tejidos (Jones & Case, 1990). J.A.

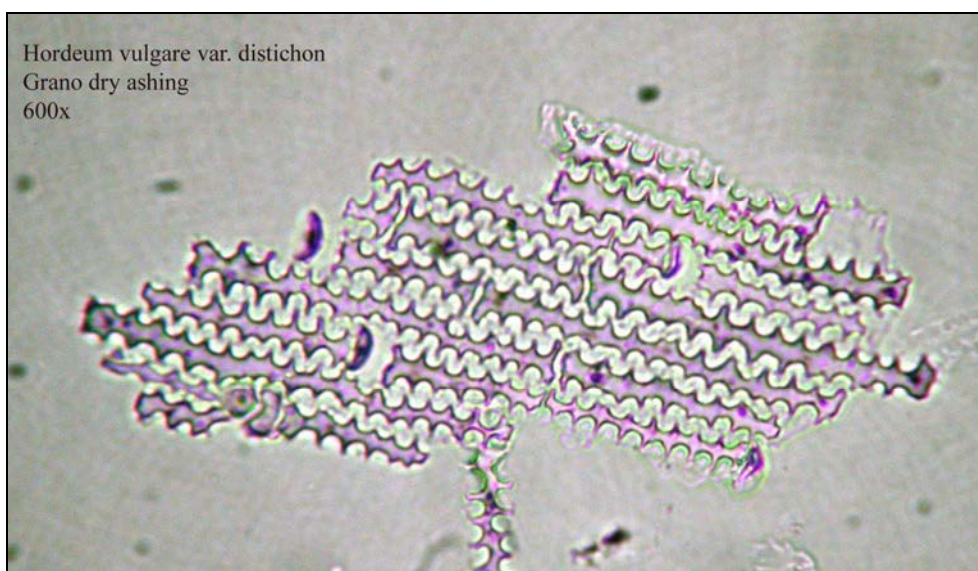
#### b. Metodo mixto de calcinación y tratamiento ácido (*Dry ashing*).

El método descrito por Jones & Case<sup>9</sup> (1990) para el análisis de plantas en laboratorio aglutina todos los pasos apropiados para el tratamiento de tejidos vegetales, con el fin de obtener en lo que se conoce como *análisis foliar* o de *foliares*, el máximo de información sobre los elementos constituyentes de las hojas, pudiéndose también aplicar a frutos, semillas y flores. El apartado, de dicho método, correspondiente a la eliminación de la materia orgánica, describe el procedimiento conocido como calcinación en seco (*Dry ashing*), que emplea en realidad la acción combinada de calcinación, en horno de mufla, tras el lavado, descontaminación y secado de éstas, con la eliminación de partículas carbonatadas (carbonatos) mediante el ataque ácido conjunto de clorhídrico y nítrico (HCl + HNO<sub>3</sub>), combinación conocida como *agua regia*<sup>10</sup>. El empleo de éste método se ha revelado muy efectivo para el tratamiento de cenizas obtenidas por calcinación simple.

<sup>9</sup> El capítulo publicado por estos autores en el volumen *Soil Testing and Plant Analysis* (Soil Science Society of America, Nº 3, 1990) fue citado en el anterior trabajo doctoral del autor de esta tesis (Afonso, 2004, Tesina, inédito) como Benton & Vernon (1990), confundiendo los nombres anglosajones con los apellidos de igual origen. Citándose en esta tesis con tal error subsanado.

<sup>10</sup> Término ya empleado por los alquimistas medievales, quienes ya comprobaran su efecto en la disolución de los metales.

Con la aplicación de los reactivos ácidos, y en función del contenido en sales de dichas cenizas éstas suelen reducir drásticamente su peso, tras generar abundante efervescencia. Y como igualmente mencionan Jones & Case, dicha aplicación resulta especialmente útil con tejidos vegetales ricos en sílice, ya que las partículas basadas en dicho compuesto quedan libres de otros elementos, especialmente los carbonatados, presentes en la ceniza. Este hecho queda patente en la reducción del peso de la muestra tras ser sometida al tratamiento, siendo muy apreciable tras realizar, sobre parte de ella, una comprobación microscópica. Observaremos entonces —si estamos ante una planta de las enclavadas dentro del conjunto de especies que producen biomineralizaciones silicificadas— una nítida perspectiva de las morfologías silicificadas propias de la planta, correspondiente a cada parte de la misma analizada (**Figura 184**). Por el contrario, tras realizar únicamente un proceso de calcinación obtendremos, al microscopio óptico, una imagen conjunta de las silicificaciones y oxalatos de calcio presentes en el residuo resultante, siendo éstos últimos mucho más habituales en plantas angiospermas dicotiledóneas y gimnospermas.



**Figura 184**, Esqueleto silíceo, presente en las cubiertas florales del grano de cebada de dos carreras (*Hordeum vulgare* var. *distichon*), aislado tras un tratamiento de doble calcinación y ataque ácido. J.A.

Posteriormente, enclavado ya en la extracción sistemática de silicofitolitos, Albert *et al.* (1999) propondrán una segunda calcinación, sobre el residuo restante al ataque ácido (denominado por estos autores como *fracción insoluble al ácido*), a 500°C durante 90 minutos. E incluso, de comprobarse restos de materia orgánica en dicho residuo contemplan un último tratamiento aplicando peróxido de hidrogeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), con lo cual se elimina el material orgánico remanente. En las comprobaciones realizadas con ejemplares de más de 280 especies de plantas presentes en las Islas Canarias, el método de doble calcinación ha sido suficiente para obtener un residuo neto basado en las silicificaciones presentes en los tejidos vegetales. El color

blanco de dicho residuo suele indicar la plena consecución del objetivo, el de reducir los tejidos vegetales a su contenido silíceo.

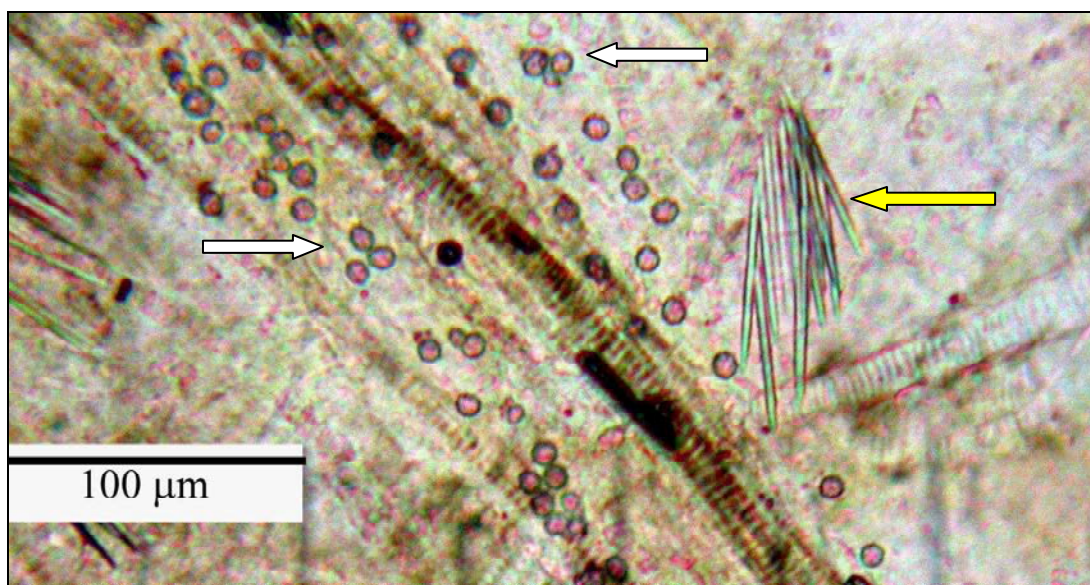
En líneas generales puede decirse que el método mixto que combina la calcinación el ataque ácido (*Dry ashing*), e incluso contemplando la segunda calcinación propuesta por Albert *et al.* (1999), es el más aconsejable para obtener una visión clara de las biomineralizaciones silíceas contenidas en una determinada muestra vegetal. El residuo resultante pasa a estar –salvo contaminación de partículas no eliminadas en los lavados previos– compuesto exclusivamente por dichas silicificaciones. Por ello, en dicho residuo, no estarán presentes las biomineralizaciones no-silicificadas, en concreto los abundantes fitolitos de oxalatos de calcio contenidos en las gimnospermas y numerosas angiospermas, salvo en aquellas familias botánicas donde la biomineralización predominante sea la silícea, caso de *Poaceae*, *Cyperaceae* y *Boraginaceae* (entre otras). Por ello se ha empleado dicho método con esta amplia familia en concreto, pero también siempre que se buscara una observación nítida de sus silicofitolitos, evitando emplear ácidos cuando se trataba de identificar ambos tipos de biomineralizaciones.

### c. Oxidación parcial de la materia orgánica mediante digestión en Peróxido de hidrógeno (33%, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).

Descrito y empleado por Pinilla & Bustillo (1997) para el tratamiento de plantas patrones con el fin de conocer mejor fitolitos en posición anatómica, este método facilita su detección y estudio dentro de los propios tejidos vegetales (**Figura 184**). Para ello, las muestras vegetales son sumergidas en peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 33%) y calentadas al Baño María a una temperatura de entre 60-70°C, para lograr la gradual eliminación de la materia orgánica presente en los tejidos. El proceso debe controlarse *De visu* para evitar la desagregación total de dichos tejidos, y por tanto de las biomineralizaciones existentes en su interior. Obviamente, la intensidad del proceso variará en función de los objetivos del estudio, pudiendo llevarse hasta la desestructuración total de los tejidos y la recuperación, de los elementos vegetales mediante filtrado. Las muestras así tratadas deben ser lavadas con agua destilada y sometidas a secado bajo presión, de modo similar a como se procede con los pliegos de herbario (Cavero & López, 2006).

En esta Tesis doctoral se ha empleado dicho método especialmente con hojas y semillas, como las de cereales y leguminosas, en este último caso para centrarnos en el estudio de la compleja estructuración de su epidermis, donde se alojan, entre otras formas características de género y familia, significativas concentraciones de cristales de oxalatos de calcio. Pero también se ha empleado este método –con óptimos resultados a nivel de calidad microscópica– para conocer la disposición de las biomineralizaciones existentes en una determinada parte de una determinada planta. Como puedo ejemplificar con ocasión del estudio microscópico del fruto de *Phoenix canariensis*, donde ya conocíamos –mediante el empleo de la calcinación y *Dry ashing*– las altas concentraciones de biomineralizaciones silíceas existentes bajo la forma de fitolitos globulares equinados (*echinate globular phytoliths*, ICPN 1.0). Por el contrario, la aplicación de la digestión en peróxido a muestras de la epidermis de dicho fruto permitió observar –de forma nítida– la estructuración interna de la misma, donde no sólo estaban

presentes los mencionados tipos de fitolitos, sino además grandes cristales aciculares de oxalato de calcio agrupados en rafidios (Figura 184). Con dicho proceder se pudo confirmar no sólo la existencia de oxalatos de calcio entre las biomineralizaciones producidas por la palmera canaria, sino además la disposición de éstos en el tejido correspondiente al fruto (con toda su repercusión a nivel nutritivo), así como corroborar que la biomineralización dominante es –aquí como en los tejidos foliares– la de base altamente silicificada, en este caso bajo la forma de característicos fitolitos silíceos con al menos una forma de diagnóstico de género, entre otras que como los oxalatos aciculares también se encuentran presentes en otros tipos de plantas no-palmáceas.



**Figura 184**, Disposición de biomineralizaciones en la epidermis del fruto de *Phoenix canariensis*, observada al microscopio óptico tras el tratamiento descrito por Pinilla (1997). A ambos lados de los vasos conductores pueden observarse silicificaciones globulares (flechas en blanco), y un rafidio parcialmente desestructurado conteniendo cristales aciculares de oxalatos de calcio (flecha en amarillo). J.A.

Igualmente, otro aspecto positivo del tratamiento con peróxido de hidrógeno radica en permitir identificar tales biomineralizaciones sin ocasionar la transformación que acontece cuando las muestras vegetales son calcinadas, aspecto que en el caso de los oxalatos de calcio resulta crucial para conocer su integridad química y, por derivación óptica, ya que hemos comprobado que, el estado que presentan mediante la digestión en peróxido, solamente puede compararse con el de aquellos tejidos que han sufrido calcinación a baja temperatura (aprox. 250°). Temperaturas superiores, como las empleadas para el aislamiento de las biomineralizaciones silíceas (400-500-800°), producen una alteración perfectamente perceptible en los oxalatos y en especial en las morfologías de gran tamaño, como los de tipo acicular del género *Pinus* sp. o las trapezoedrales de algunas dicotiledóneas. Por lo que, para un estudio de oxalatos, el método descrito funciona perfectamente para

conocer sus características sin ningún grado de alteración y lo que es igualmente importante, en posición anatómica original.

#### **d. Eliminación de arcillas remanentes.**

En algunos casos se han detectado, en los residuos netos que debían contener únicamente morfologías silicificadas procedentes de tejidos vegetales, partículas de arcillas que impedían alcanzar dos objetivos fundamentales: la correcta observación de los atributos morfométricos de dichas silicificaciones y la estimación del peso neto de dicho residuo. La presencia de dichas partículas, en algunos casos muy notable, se relaciona con su capacidad para superar los pasos descontaminantes del protocolo de actuación con las plantas de referencia. Y en concreto de su permanencia en intersticios de los tejidos a pesar de llevar a cabo sobre ellos al menos tres tipos de lavados: uno de forma somera, mediante agua en abundancia y cepillado, otro mediante inmersión en agua destilada y baño de ultrasonidos y un tercero también con agua destilada para eliminar restos de partículas adheridas. No obstante, el hecho incuestionable de su permanencia no sólo a su capacidad de adherencia de dichas partículas, sino también al tipo de muestra, en este caso de tejidos vegetales más o menos adherentes, bajo en el caso de hojas y alto en el caso de ramas o troncos leñosos, donde la corteza irregular y con muy pequeños intersticios permite que las mencionadas partículas de arcillas continúen adheridas a éstas.

El protocolo de actuación seguido fue en este caso una derivación del empleado con las muestras de suelos y sedimentos, en los que era necesario separar las arcillas del resto de fracciones (arenas y limos). Se adoptó una medida excepcional hasta el momento, como era realizar la disgregación y decantación del sobrenadante con arcillas en estado de floculación, en tubos/viales tipo Eppendorf. En dichos tubos se encontraba el residuo de tejidos vegetales sometidos al tratamiento *Dry ashing*, en unión de las mencionadas partículas de arcillas. Se añadieron 2 ml. de agua destilada, se sometieron los viales a baño de ultrasonidos por espacio de 5 minutos y posteriormente se agitó la muestra mecánicamente hasta lograr observar la muestra en suspensión total. Luego se las dejó reposar por espacio de un mínimo de 4 horas, tras lo cual se extrajo el sobrenadante con ayuda de una pipeta de precisión guardando la precaución de agitar lo menos posible el mismo. El ciclo dispersión-reposo-decantación se repitió hasta lograr obtener completa nitidez en la solución agua destilada-muestra. Tras este proceso se comprobó de nuevo la muestra al microscopio óptico (300-600x) para evidenciar la eliminación total de las partículas de arcilla, volviéndose a pesar las muestras dado que se buscaba, con el método de urgencia señalado, estimar el peso exacto del residuo formado por biomineralizaciones de base silíceas.

#### **Conclusiones sobre los métodos analíticos empleados.**

El trabajo con plantas de referencia, con el objetivo de aislar y estudiar las biomineralizaciones existentes en sus tejidos, requiere de la elección de un método de tratamiento acorde, a su vez, con la naturaleza de éstas y el objetivo de aislar silicificaciones, oxalatos de calcio, o bien ambas. No en todo los casos se requiere de esta especial distinción, especialmente cuando lo que se busca es recuperar exclusivamente su registro de



biomineralizaciones silicificadas (silicofitolitos), entonces puede pasarse directamente al método mixto, de doble calcinación y ataque ácido (*Dry ashing*). Dicho proceder se realiza, en todo caso, cuando hemos estado ante taxones de gramíneas, después de comprobar que en ellos no están presentes oxalatos de calcio.

Pero para el estudio de especies leñosas, como ocurre con gimnospermas y algunas dicotiledóneas, lo mejor ha sido emplear primeramente un simple tratamiento de calcinación, y una vez evaluadas las biomineralizaciones de oxalato existentes (también en algunos casos ha permitido identificar las esquivas e inusuales biomineralizaciones de fosfato cálcico) se ha repetido el tratamiento, con más muestra de la misma especie, pero mediante el tratamiento *Dry ashing*.

Para el estudio de la anatomía de la planta y la situación en la misma de tales partículas, se ha operado con el método de oxidación en peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) seguido por Pinilla y Bustillo (1997), permitiendo el estudio anatómico de los tejidos y la presencia, conjunta o aislada de silicofitolitos y/u oxalatos de calcio. En función del objetivo secundario de no perder la información aportada por dichas analíticas, en especial tras los tratamientos de calcinación con o sin oxidación ácida, se registraron —en estadillo de laboratorio— todas las pérdidas de peso de las muestras, permitiéndonos contar con un registro analítico, especialmente útil a efectos comparativos, pero también para comprobar aspectos como el porcentaje de sílice existente en una muestra o la cantidad de ceniza por gramo de la misma<sup>11</sup>.

### **Sistematización de las Colecciones de Referencia: Fitoliteca-1.**

#### **Esquematzación final en base a su utilización de rutina.**

La Colección Experimental Fitoliteca-1, cuyos pormenores iniciales ya fueran descritos en un trabajo académico previo (Afonso, 2004a), ha supuesto la base empírica a la que acudir buscando respuestas sobre las biomineralizaciones localizadas en materiales arqueológicos, sedimentos y suelos. Finalmente se encuentra compuesta por aproximadamente 1.600 preparaciones microscópicas<sup>12</sup>, donde también finalmente se ha optado por incluir preparaciones de cada muestra de material analizado, entendiéndose que las referencias no sólo son las de plantas actuales —que sin duda constituyen el banco de datos más sólido— sino también aquellas proporcionadas por elementos microscópicos no identificados en su totalidad<sup>13</sup>.

Aunque la confección de la misma, en cuanto a contenido en residuos experimentales de plantas, estaba prácticamente finalizada antes del comienzo de esta Tesis doctoral, sus resultados solamente fueron abordados posteriormente. Suponiendo una verdadera guía empírica para realizar posibles identificaciones de fitolitos en los materiales expuestos en esta Tesis. A pesar de que su sistematización (confección de fichas sobre el total de

---

<sup>11</sup> Ver los resultados del tratamiento de las plantas patrones, Capítulo Resultados 5-I.

<sup>12</sup> A fecha de mayo de 2012.

<sup>13</sup> En este caso se trata de referentes que son mencionados como no totalmente esclarecidos en cuanto a su adscripción taxonómica, limitando a emplearse como referencia de unas determinadas condiciones naturales (en cuanto a suelos, paleosuelos y sedimentos acuáticos) o antropizadas (muestras arqueológicas).

especies analizadas) aun debe completarse –dado que superan los 300 taxones–, hemos podido detectar los elementos más destacables dentro de los conjuntos fitolíticos de cada planta.

Para su total conocimiento, aun deben desarrollarse labores de observación, medida y cuantificación individuales sobre cada elemento microscópico, presentes en cada parte de una planta, lo cual en función de la multiplicidad existente en las mismas requerirá de una ardua labor de estudio morfométrico, incluyendo la descripción de forma, ornamentación y dimensiones de éstas.

Por ello en esta Tesis doctoral solamente se ofrece una parte de los resultados obtenidos, que son presentados bajo la forma de una selección de **Fichas de Análisis Biomineral** (de fitolitos pero en sentido amplio). Aunque en ellas se contienen las características más importantes detectadas mediante análisis microscópico, aun deben realizarse estudios morfométricos completos, sobre la totalidad de plantas tratadas en laboratorio.

El primer resultado que debe figurar, al respecto de su contenido, es su estructuración final en dos apartados fundamentales: 1) Colección de residuos de plantas patrones y 2) Colección de preparaciones microscópicas. Y el tercero, ya en el plano de la identificación de biomineralizaciones, con respecto a los materiales sometidos a examen, cuya limitada diversidad o aparente no-correspondencia con los elementos microscópicos estudiados ha sido una constante que ha motivado múltiples revisiones, de los materiales de referencia y los tomados como muestras-problema.

#### **Colección de residuos de plantas patrones.**

Aunque inicialmente se consideró que la Colección de Referencia era la suma de ambas, quizás convenga matizar que ésta solamente podría ser la segunda, la compuesta por preparaciones confeccionadas con los residuos obtenidos mediante técnicas de laboratorio, ya que es aquí donde pueden estudiarse los diferentes tipos de biomineralizaciones contenidos en cada planta<sup>14</sup>. Efectivamente, el hecho de proceder con cada parte de la misma (aun no en todos los casos) confiere a la colección la particularidad de poder describir las biomineralizaciones existentes en cada una de ellas. Así como un rápido recurso para realizar comprobaciones de rutina.

Para facilitar la tarea de búsqueda, desde el año 2002 se confeccionaron tablas de datos (formato Access®) que permitieran primeramente una rápida localización de los residuos, constando de los siguientes datos:

- Número de serie (numérico), como primer dato de referencia.
- Primeros dos nombres científicos (género y especie), siguiendo el proceder botánico basado en el sistema binominal/binomial.
- Parte de la planta analizada (hojas, tallos, etc.).
- Tratamiento al que han sido sometidos (calcinación, ataque ácido, etc.)
- Localización geográfica: zona, lugar.
- Observaciones (incidencias, datos a destacar, etc.).

---

<sup>14</sup> Siguiendo el planteamiento de la Dra. A. Korstanje (2009, Com. Pers.).

### **Colección de preparaciones microscópicas**

Por su parte, las preparaciones microscópicas, dado lo limitado del espacio para anotaciones en las mismas, llevan inexcusablemente los siguientes datos:

- Número de serie: numérico + letra mayúscula abecedario (Correspondencia con caja especial para preparaciones).
- Nombre de género y especie, en algunos casos subespecie.
- Parte de la planta analizada
- Tratamiento aplicado a la misma.
- Iniciales del medio de inclusión empleado.
- Número dentro de la colección de residuos de plantas patrones.

Dada la necesidad de emplear los materiales analizados –presentados bajo la forma de preparaciones microscópicas– éstas se han ido nutriendo de aquellas que se iban confeccionando gradualmente, con muestras de sedimentos y suelos. De tal modo que, finalmente, hemos dispuesto de un “conocimiento microscópico” configurado en un soporte permanente con el que realizar estudios comparativos. Un hecho que ha confirmado la idoneidad de poner en marcha estrategias de muestreo del tipo de los *training sets* descritos por Sandgren & Smol (1995). Realmente efectivos cuando se trata ampliar la capacidad de identificación de microfósiles en diferentes contextos, por más que estos sean muy dispares entre sí. Este ha sido sin duda el caso del estudio de microalgas, aunque también en algunos casos de fitolitos asociados a las mismas, donde a pesar de existir absoluta diferenciación biogeográfica entre dos muestras dadas, se localizaban diatomeas o quistes de crisófitas de muy similar adscripción taxonómica.

El resultado global, con respecto a la colección de preparaciones microscópicas, es que han resultado indispensables para llevar a cabo las identificaciones de fitolitos (sílice y oxalatos) en cada especie analizada. Mientras que los resultados preliminares obtenidos, especie por especie, creo que son suficientemente explícitos en sí mismos, y aunque mostrados de forma parcial y sintética en esta Tesis, mediante la *Selección de Fichas de Análisis Biomineral* que pueden encontrarse en el apartado de Resultados 5-I, han posibilitado la identificación de una parte de los registros microscópicos presentes en el conjunto muestral analizado.

### **Tratamientos de suelos y sedimentos.**

#### **Planteamientos básicos**

El concepto de materia orgánica, en lo que concierne a su presencia de sustratos como suelos y sedimentos, puede definirse –de forma genérica– como los restos y residuos orgánicos incorporados al sustrato hasta el momento de su muestreo y análisis.

La materia orgánica presente en suelos involucra directamente al ciclo del carbono, haciéndola por ello muy importante en los procesos naturales de interacción con la atmósfera terrestre. Su presencia se relaciona igualmente con la capacidad de dicho ciclo para regenerar CO<sub>2</sub> presente en la atmósfera, evitando procesos tan perjudiciales como el calentamiento global inducido por actividad antrópica (Robert, 2002).

A nivel de contenidos en materia orgánica en un suelo, los principales factores que colaboran en su evolución conciernen a la presencia de vegetación, con el ingreso de sus residuos y la propia composición de las plantas. Factores climáticos como las condiciones de temperatura y humedad, las propiedades del suelo en textura, contenidos y mineralogía de la arcilla así como la acidez completan el complejo comportamiento del sistema (Robert, 2002). Tal y como cita este mismo autor<sup>15</sup>, existen otros importantes factores que influyen en el ciclo del carbono en el suelo y derivan en aspectos tan relevantes como su calidad, concepto que a su vez implica la capacidad de éste para aportar todos los nutrientes, suficientes en cantidad, para el pleno desarrollo vegetal.

Sin entrar en el resto de repercusiones del funcionamiento de este complejo sistema natural, también puede emplearse el conocimiento adquirido sobre sus componentes por separado con fines de investigación aplicada. Este es el propósito, aunque no el último, de esbozar algunos puntos sobre su significación, porque aunque el primer objetivo analítico sea su eliminación –lo que aparentemente parece anular toda lectura sobre su significación– el precepto pragmático de este trabajo doctoral le otorga, al contrario que en otros protocolos de actuación, la posibilidad de ofrecernos al menos información cuantitativa. Lo cual nos permite incluir los datos aportados en las tareas de emisión de lecturas e interpretación, sobre el contenido en materia orgánica en suelos y sedimentos, como una parte más de sus características.

#### **Observaciones y tareas de laboratorio (2002-2010).**

La aplicación de peróxido de hidrógeno concentrado (30%) supone ya en sí una prueba del contenido en materia orgánica de una muestra biológica, dado que su simple aplicación en pequeñas cantidades permite evidenciar, por una característica reacción de efervescencia, su presencia. Efectivamente, realizada esta prueba –aplicando unas pocas gotas del reactivo sobre la muestra– puede comprobarse el contenido de dicho compuesto, valorando, en función de la misma, la aplicación de mayor o menor cantidad de reactivo. De producirse una reacción abundante, es aconsejable aplicar éste en muy pequeñas dosis, por lo general 5 ml., si se quiere mantener el control de la efervescencia generada en la reacción, y que ésta no supere los límites del recipiente escogido para llevar a cabo el procedimiento<sup>16</sup>. Una vez iniciado el mismo se procede a la aplicación paulatina, a temperatura moderada (80-100°C) del peróxido, lo cual permitirá controlar el proceso de oxidación, dilatándolo en función de la observación del cese de reacción de la muestra. Puede hablarse, siguiendo las observaciones realizadas, que no existe una muestra igual a otra, en cuanto a reacción al peróxido de hidrógeno, tanto en frío como a la temperatura media empleada en los tratamientos (por lo

---

<sup>15</sup> Robert, M. (2002) Captura de carbono en los Suelos para un Mejor Manejo de la Tierra, *Informes sobre recursos mundiales en suelos*, FAO, 96.

<sup>16</sup> Ya que debe cumplirse la premisa de controlar en todo momento la cantidad de muestra analizada. La oxidación de materia orgánica en los protocolos habituales de Edafología, que se realiza en presencia de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y en caliente, suele generar una típica reacción de “burbujeo lento” que debe controlarse, para no superar los límites del recipiente donde se realiza dicha oxidación.

general no inferior a 60°C). La mejor ilustración de los altos contenidos en materia orgánica la hemos observado –mediante la producción de gran efervescencia– en suelos ándicos como los de la región de Anaga (Tenerife) y en especial aquellos con cobertura arbórea. Algo lógico si consideramos la alta concentración de materia orgánica que se produce sobre la superficie de los mismos en forma de muy abundantes restos vegetales. Por el momento son las muestras que mayor reacción han ofrecido al tratamiento de oxidación, y las que obviamente sufren una mayor pérdida de peso, asociado a este concepto.

Por el contrario, a nivel arqueológico, los datos ofrecidos por la diferencia de peso existente entre la muestra inicial (seca a 60°C) y una vez operada la oxidación sobre sedimentos como los de La Cerera, oscila entre un mínimo de 1,1% y un máximo de 7,5%, algo incomprensible si se tiene en cuenta la cantidad de restos de microfósiles existentes en las mismas. Dada la complejidad de este aspecto, se ofrecen algunas inferencias al respecto mediante la valoración de datos obtenidos<sup>17</sup>.

#### **Oxidación de materia orgánica y dispersión de arcillas.**

Pero existe además una clara repercusión –en el tratamiento de muestras con este fin–, contemplada tras múltiples observaciones de laboratorio, en el comportamiento de dichas muestras y su repercusión en el posterior tratamiento y observación de la misma, que permiten calificar, a la materia orgánica, como principal elemento cementante de muestras de suelos y sedimentos, al menos en aquellas muestras donde los carbonatos (siguiente elemento a neutralizar en el protocolo de actuación) no se encuentran en cantidades significativas. Dicha afirmación radica en la observación del estado de desagregación, de las partículas edáficas, tras la acción oxidante del peróxido de hidrógeno. Este hecho ha sido tomado como de alta significación ya que otorga, al tratamiento, la capacidad de propiciar –en su óptima aplicación– la necesaria dispersión entre partículas edáficas, entre las cuales se sitúan también las de naturaleza biogénica, como fitolitos, microalgas y otras contempladas como microfósiles de origen vegetal. La importancia de este hecho quedó atestiguada cuando se aplicaron ultrasonidos a las muestras tras la oxidación de materia orgánica, pudiéndose comprobar como los efectos de ésta se veían potenciados por el efecto de cavitación propio de los primeros, que nos permitía observar la fracción correspondiente a las arcillas (< 2 µm) en perfecto estado de defloculación. Lamentablemente, la necesidad de registrar los pesos tras cada tratamiento, con el fin de optimizar la recogida de información sobre una muestra dada y garantizar con ello posteriores estimaciones cuantitativas, impide la aplicación consecutiva de tratamientos, al menos antes de que dichas muestras sean desecadas y registrado su peso.

#### **Oxidación de la materia orgánica.**

Obviamente existe una repercusión de los planteamientos anteriores en el método empleado para oxidar la materia orgánica. En nuestro caso tomado también como forma de valorar su contenido –en este concepto– en las muestras analizadas en el transcurso de nuestra investigación, aunque no

---

<sup>17</sup> Ver Capítulo Resultados 5-II, Caracterización parcial de los sedimentos de La Cerera.

puede considerarse como el más exacto para tal objetivo. De hecho en realidad lo que se realiza es un aprovechamiento de las tareas conducentes a eliminar la materia orgánica, siguiendo los protocolos en los que se basa el empleado en esta Tesis (Bárcena, 1994; Albert *et al.*, 1999; Pinilla, 1997) para estimar el contenido por diferencia de peso.

El protocolo seleccionado y seguido, al contemplar la materia orgánica como principal elemento cementante, contempla su oxidación como primer tratamiento mediante peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 33%) y por tanto la muestra es colocada seca en un vaso de precipitado, del cual se ha variado su volumen en función de las consecutivas pruebas de método realizadas. Si primeramente se realizaron en vasos de 400 ml. de capacidad y forma alta, siguiendo el protocolo empleado por Pinilla & Bustillo (1997), posteriormente se probó con los de 100 ml. contemplados en el de Albert *et al.* (1999) y finalmente con los de 600 ml. empleados por Bárcena (1994) y Hernández (2006b). Este ha sido un capítulo propio de las analíticas que debió ser profusamente revisado, dado que del empleo de uno u otro derivaba el posterior tratamiento. Y sobre todo el coste, especialmente en inversión de tiempo, del tratamiento de las muestras.

Pese a que considero lógico el empleo de recipientes lo más pequeños posible, como se plantea en el protocolo de Albert *et al.* (1999), el tratamiento de la materia orgánica, de querer acelerarse al máximo (24 horas), debe hacerse a alta temperatura, aplicando gradualmente peróxido pero sin producir el efecto adverso de una reacción descontrolada que ocasione la pérdida de muestra por salida del recipiente. Se trata de un tratamiento que requiere de especial atención dado que se desconoce de antemano la reacción exotérmica que producirá la muestra. Cuando ésta es baja se puede añadir reactivo en mayor cantidad hasta observar que la muestra se encuentra totalmente en disolución. En el caso contrario, la aplicación debe ser gradual, aplicando agitación manual para facilitar el control de la reacción y la acción del reactivo. Un burbujeo de baja intensidad, propio del H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> en ebullición, suele indicar que se ha alcanzado el objetivo, tras lo cual debe bajarse la temperatura y esperar a la evaporación total de reactivo.

Con el fin de evitar posteriores lavados de la muestra, que dilatan el procedimiento, se aplica agua destilada para facilitar la eliminación de reactivo, proceso que se repite varias veces antes de proceder a desecación total de la muestra. Este paso se realiza en parte en la misma placa calefactora, reduciendo notablemente la temperatura –con el fin de evitar la formación de grumos–, y finalmente en estufa de desecación a 55° C.

Tras el secado de la muestra, ésta se extrae con instrumental de muestreo/excavación y quirúrgico, intentando recuperar el máximo de la misma desde el recipiente. Luego es pesada en balanza de precisión y registrado su peso en ficha de tratamiento. La diferencia de peso, con respecto al registro inicial (Ps. 1), nos permite asociar éste al contenido de materia orgánica.

### **Interpretación de resultados sobre contenidos en materia orgánica.**

Los contenidos en materia orgánica de suelos pueden ser interpretados en base a una escala asociada al grado de mineralización y organicidad de los

mismos, como la propuesta por el método de *Walkley & Black* (1934). Según Marín, 2003) puede establecerse una caracterización de los suelos en función del porcentaje de materia orgánica que presentan. Cuatro serían los grados y caracterizaciones según ese concepto:

- 1.- Contenido muy bajo: <1%, propio de suelos muy mineralizados.
- 2.- Contenido bajo: 1-1,9%, suelo mineralizado.
- 3.- Contenido normal: 2-2,5%, suelo mineral-orgánico.
- 4.- Contenido Alto: >2,5%, suelo orgánico.

Desde tales estimaciones ha sido posible caracterizar los suelos y sedimentos analizados en esta tesis doctoral, entendiendo que, en base al método empleado para estimar el porcentaje de materia orgánica, dicha estimación es solamente aproximada, puesto que se realiza derivando el dato de pérdida de peso –asociado al tratamiento químico de oxidación– hacia la misma. En todo caso, la obtención de datos referentes a este importante parámetro, suponen esa aportación de información citada anteriormente, que puede ser empleada en la contextualización del tipo de matriz edáfica o sedimentaria que ha sido analizada con vistas a conocer su contenido en microfósiles vegetales.

### **Conclusiones.**

La eliminación de materia orgánica, por oxidación química, se ha revelado como un paso fundamental en la totalidad del tratamiento encaminado a la recuperación y valoración de microfósiles. Cabe destacar igualmente que nos aporta los primeros datos sobre las características de una muestra, pudiéndose establecer criterios diferenciales sobre el comportamiento de conjuntos de las mismas. Efectivamente la reacción de éstas nos indica ya un mayor o menor contenido en materia orgánica actual, aspecto clave cuando analizamos suelos y sedimentos, ya que nos ofrece –en la mayoría de los casos– un dato fundamental sobre su antigüedad, aunque este aspecto aun requiere de estudios en profundidad. La reacción por lo general es más acusada en suelos de monte con cobertura vegetal (los suelos de laurisilva son especialmente ricos en M.O), pero también en sedimentos acuáticos procedentes de masas de agua de mayor o menor volumen, como charcas, lagunas, lagos y ríos. Mientras que, de forma común, los sedimentos arqueológicos presentan baja reactividad, al igual que los suelos procedentes de zonas áridas, donde los carbonatos adquiere mayor protagonismo como agentes cementantes.

### **Sobre la problemática y la eliminación de otros elementos cementantes: carbonatos y sus homónimos microfósiles.**

#### **La presencia de carbonatos en suelos y sedimentos.**

Al margen de toda su compleja significación, con respecto al comportamiento del suelo en otros aspectos edáficos, la presencia de carbonatos supone la posibilidad de dar lugar a una cementación de las partículas de menor tamaño haciéndolas funcionar como una unidad (Porta *et. al.*, 1999). Aunque estos mismos autores afirman que, por razones de significación ecológica y agronómica, no está justificada la desagregación de tales unidades –que denominan en función de su tamaño *pseudoarenas* y *pseudolimos*– durante un análisis granulométrico, lo cierto es que para un análisis microfósil se hace

necesario eliminar también este tipo de agregados<sup>18</sup>. Para ello, y como se expone en el subcapítulo referente al empleo de ultrasonidos como técnica auxiliar de desagregación, se recurrirá a todas las técnicas necesarias para lograr contar con fracciones minerales completamente separadas entre sí. Lo cual redundará en la consecución del principal objetivo del tratamiento del sustrato en cuestión: la identificación precisa del registro microfósil existente, así como de todos y cada uno de sus atributos morfométricos y ornamentales.

Igualmente el apartado cuantitativo se verá favorecido por esta praxis, al poder observarse cada morfotipo microfósil por separado, sin inclusiones minerales de ningún tipo. Pero a nivel de registro microfósil esta práctica redundante en una problemática importante, ya que el uso de ácidos más fuertes que el acético glacial –que no garantiza la eliminación total de los carbonatos existentes– supone la eliminación de todos aquellos microfósiles no-silíceos que pudieran encontrarse dentro del registro biomineral. De tal modo que pueden darse por perdidos los datos aportados con la posible presencia de oxalatos de calcio y esferulitas de fauna herbívora; esa pérdida, de parte del registro, convierte el análisis en un estudio microfósil parcial. Siempre que este hecho no quiera ser aceptado, se recurrirá al a. acético glacial pero con la certeza de que, si existen agregados con fuerza de cohesión interna como la que manifiestan pseudoarenas y pseudolimos, no se eliminarán correctamente los agregados más resistentes. Obviamente se trata de un dilema metodológico con repercusiones importantes a nivel de interpretación y emisión de lecturas arqueobotánicas, y un serio condicionante a la hora de aplicar un tratamiento estándar.

La opción tomada para esta Tesis ha sido compleja, optando finalmente por llevar a cabo tratamientos generales basados en la eliminación total de agregados –basados o no en cementaciones de carbonatos o de óxidos– mediante el empleo de ácido clorhídrico y nítrico, lo que debía garantizar la observación nítida de todos los tipos microfósiles biominerales de base silícea. Pero además, dado que se requerían los datos referentes a los otros tipos microfósiles, se llevan a cabo pruebas de algunas de las muestras potencialmente más ricas en pseudomorfos de calcita mediante el empleo de ácido acético glacial o incluso la no utilización de ningún reactivo ácido. En las pruebas realizadas en suelos de especies vegetales importantes para nuestro estudio, tanto desde el punto de vista de su relevancia dentro del paisaje vegetal, como de su importancia económica, el no-uso de ácidos no ha conllevado a una mala dispersión de las muestras, indicando claramente que no en todos se operaban unas características edáficas como las ya descritas, propias de suelos ándicos o Andosoles.

---

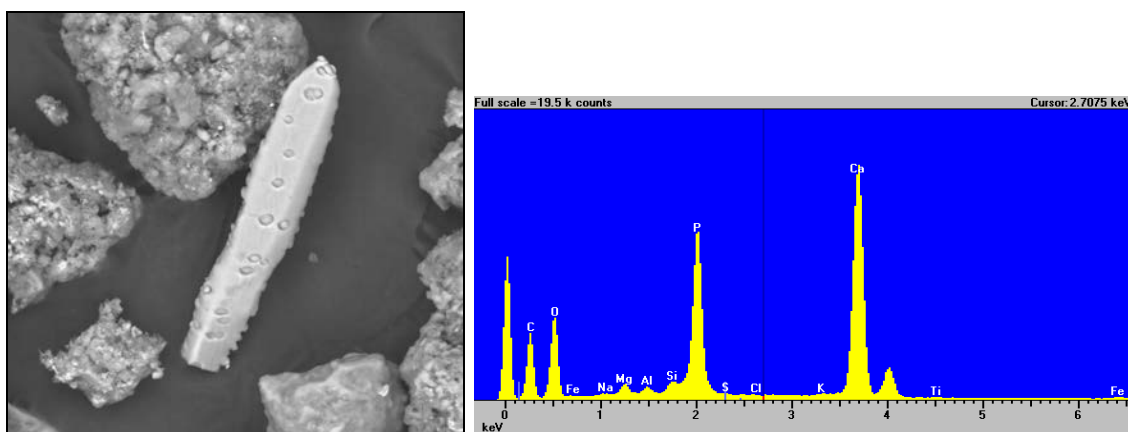
<sup>18</sup> Como puede comprobarse en capítulo de resultados correspondientes al análisis básico de sedimentos llevado a cabo con los pertenecientes a la estructura de CH-N3, la cuestión de la eliminación de carbonatos (por su manifiesta presencia) juntamente con el debate sobre la pérdida de parte del registro microfósil no-silíceo, ha supuesto una compleja prueba metodológica a superar. Puesto que no había buena dispersión de los sedimentos sin llevar a cabo una eliminación total de carbonatos, y tras ésta ya no existía buena parte del registro biomineral de la estructura de combustión.



### La eliminación de carbonatos: problemática y adopción de medidas correctoras en el tratamiento de extracción de microfósiles.

La presencia de carbonatos en sedimentos arqueológicos y suelos ha sido evidenciada por los métodos químicos ya empleados en la práctica edafológica convencional (ataque mediante HCl) y de microfósiles (Juan-Tresserras, 1997; Albert *et al.*, 1999; Zucol y Osterrieth, 2002), pero sobre todo al comparar los resultados observados tras la aplicación de distintos reactivos en la eliminación de los mismos. La mayoría de protocolos ya citados (Albert, 1999; Bárcena, 1994, entre otros) y que han servido de base al modelo contextual de análisis microfósil, emplean, para la eliminación de carbonatos, o bien ácido clorhídrico puro (37%) o una conjunción al 50% de éste con ácido nítrico en disolución del 10% cada uno de ellos (Albert *et al.*, 1999). Los otros protocolos empleados como base precedente no contemplan la utilización de reactivos ácidos (Korstanje, 2002; Pinilla y Bustillo, 1997), o en todo caso la de ácido acético glacial (Juan-Tresserras, 1997) para no dañar el posible contenido en microfósiles no-silíceos como oxalatos, o esferulitas de fauna herbívora (Korstanje, 2002).

A nivel analítico experimental pudimos comprobar la idoneidad del método empleado por Pinilla y Bustillo (1997), donde prima el objetivo de recuperar no sólo microfósiles silicificados, sino los de oxalatos de calcio y de forma absolutamente sorprendente, los de base fosfatada, biomineralizaciones mucho menos habituales en el reino vegetal (Simkiss & Wilbur, 1989). Este particular quedó puesto de manifiesto con las analíticas del yacimiento de El Tendal (San Andrés y Sauces, La Palma), donde se identificaron morfotipos que correspondían a elementos traqueales del xilema de gimnospermas, y cuya composición, basada en fosfato cálcico fue detectada empleando la sonda de rayos X de un equipo SEM (CCMA, CSIC, Madrid, 2002), y que podrían pertenecer a las desarrolladas por una conífera como *Pinus canariensis* (Figuras 185-186).



**Figura 185** (Izqda.), Morfotipo fitolítico basado en fosfato cálcico. **Figura 186** (Dcha.), Semicuantitativo, realizado mediante sonda de rayos X, que confirma la composición del morfotipo anterior. Ambas F. Pinto (CCMA, CSIC, Madrid).

Derivado de dicha comprobación –impensable de haberse producido un ataque ácido mediante ácido clorhídrico (en conjunción con nítrico)– se

consideró la idoneidad del método empleado por Pinilla y Bustillo (1997) para ser aplicado sobre muestras, arqueológicas o no, cuyo objetivo fuese la valoración de microfósiles totales, tanto de base silicificada como de oxalatos de calcio y como en éste último caso, también las de fosfato cálcico. Un planteamiento que supone en términos de investigación de fitolitos globales, un avance sin precedentes en su estudio, al menos en la Península Ibérica, ya que métodos similares son propuestos y empleados por parte de Korstanje (2006) para el mismo objetivo, siendo definido como método conjunto de extracción microfósil (*Coil et al.*, 2003).

Por lo tanto, el objetivo –de lograr obtener el máximo de información de las muestras analizadas a nivel microscópico– tendría entonces que atender, en este caso, a la limitación del tratamiento de limpieza de éstas, anteponiendo la ampliación del estudio microfósil, mediante la simplificación de los métodos empleados en su tratamiento. Se trataba en todo caso de una evidencia que observamos mediante continuos análisis al microscopio electrónico y óptico, desde los primeros momentos de formación analítica (2002). Pero que han sido corroborados, mediante iguales estudios microscópicos posteriores (2002-2009). Lo cual nos hizo llegar a la conclusión de que, tanto a nivel arqueológico como paleoambiental, la propuesta metodológica –basada en dicha simplificación– aportaba más beneficios que limitaciones, científicamente hablando.

Pese a ello, el método –especialmente en su apartado cuantitativo– debía ajustarse a la opción de analizar las muestras conservando en las preparaciones partículas y agregados minerales, que no habían sufrido un proceso de descarbonatación. Se sumaba esta posible limitación metodológica a la conservación de parte de las fracciones de suelos y sedimentos (limos y arenas hasta 700  $\mu\text{m}$ ) en las preparaciones, punto donde aun cabría la introducción posterior de métodos de separación densimétrica, como forma de cerrar aun más el proceso de extracción de silicofitolitos. Permitiendo comparar, más fehacientemente, sus registros con las colecciones de referencia, como se ha propuesto en recientes trabajos al respecto (*Tsartsidou et al.*, 2007).

### **Sedimentos del yacimiento de Chafarí: la constatación de problemas granulométricos por la presencia de agregados carbonatados.**

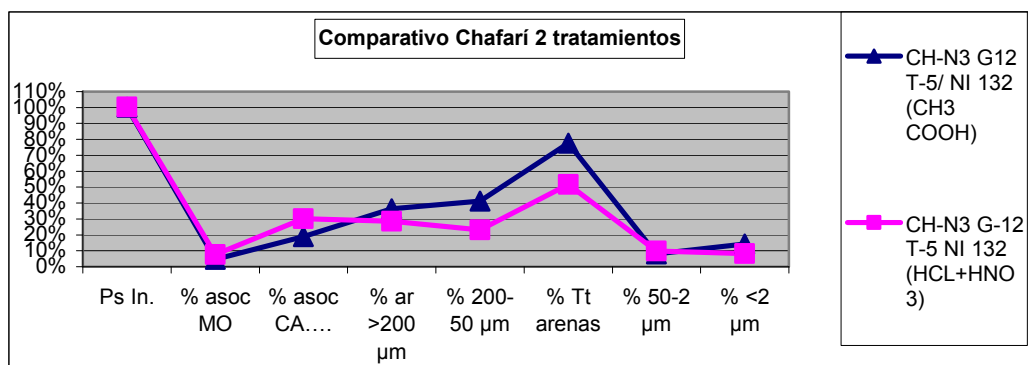
Este particular se aprecia perfectamente en el estudio preliminar, y analíticamente diferencial, realizado sobre la misma muestra (CH-N3 G-12 T5/NI) del yacimiento de Chafarí Norte 3 (Figura 1), empleando dos reactivos ácidos diferentes, primero la disolución de clorhídrico + nítrico ( $\text{HCl} + \text{HNO}_3$ ) y luego únicamente de acético glacial ( $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ). Tras el primer ataque químico, con vistas a la oxidación de la materia orgánica, mediante  $\text{H}_2\text{O}_2$  (33%) se constata como la reacción frente a dicho reactivo es muy similar, como puede apreciarse en el registro de la pérdida de peso antes y después del tratamiento, no llegando a representar el 10% del peso inicial de partida (1 gr.), tomado éste como representación del 100%.

Tras el ataque ácido más leve ( $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ), se aprecia una lógica diferencia de peso producida por la desigual eliminación de carbonatos, que se incrementan notablemente (30%) con respecto a la muestra tratada con acético glacial, cuando se le aplica a ésta la combinación de  $\text{HCl} + \text{HNO}_3$ .

Probablemente de tal hecho derivan las posteriores diferencias en los porcentajes de fracciones granulométricas de la muestra, tras realizar su fraccionamiento<sup>19</sup> (Gráfico 15).

Tales diferencias comienzan con la disminución de las arenas >200 µm y se mantienen en las arenas 200-50 µm para superar al tratamiento mediante acético, sólo en la fracción limos (50-2 µm). Probablemente el hecho de que la relación de las arenas totales se encuentre cercana al 50% —y ronde el 80% en el segundo caso— se deba a una insuficiente dispersión de los agregados, y derivada del uso de acético, para presentar una mayor cantidad de arenas que en realidad tienen otra naturaleza. Tras pasar la muestra por el tamiz de 50 µm, es lógico igualmente que las diferencias se atenúen, al disgregarse posibles agregados que habrían traspasado el tamiz de 200 µm. La observación al microscopio óptico ayudaría en la resolución de tal hipótesis, de tal forma que el examen microscópico determinó la presencia de agregados en la muestra disuelta con acético glacial, agregados donde se encontraban insertos microfósiles silíceos.

Como en todas las muestras tratadas mediante la conjunción HCl + HNO<sub>3</sub>, se observa una especial claridad en las mismas, caracterizada por una óptima dispersión de éstas así como de la ausencia de partículas <2µm, hecho sin duda favorecido por una mejor limpieza y eliminación, de elementos cementantes, en las muestras. Lo cual confirma, obviamente, la idoneidad del método de extracción de silicofitolitos propuesto por Albert *et al.* (1999) y de microfósiles totales de base silicificada (silicofitolitos + microalgas silíceas) realizado por Bárcena (1994). Pero dicho planteamiento debe ir seguido de la afirmación de que una correcta neutralización de carbonatos, implica la destrucción del posible registro microfósil de base no-silíceo presente en la muestra tratada de esta forma.



**Gráfico 15,** Comparativo analítico de dos muestras de sedimento de CH-N tratadas bajo ataque ácido con acético y clorhídrico + nítrico.

Las inferencias que se estimaron convenientes, sobre este particular, comenzaron obviamente con asumir la presencia de carbonatos en las muestras del yacimiento de Chafarí, entre el mínimo y máximo aportados por

<sup>19</sup> Basado en la obtención de aquellas fracciones con mayores probabilidades de contener microfósiles, como la de arenas >200 µm, las arenas 200-50 µm, y los limos, agrupados entre 50-2 µm. Como regla general observada, cuando no se registra presencia de microfósiles en la fracción arenas 200-50 µm ya no lo hacen tampoco en la >200 µm.

la aplicación de acético glacial (12,22-18,82 %) y los valores correspondientes a las mismas muestras tratadas con la conjunción de clorhídrico y nítrico, que superan el 20%. La carbonatación en suelos, y en este caso en sedimentos, indica la afectación en los mismos de un mecanismo de meteorización química que se produce, como el resto de mecanismos similares, de forma espontánea (exotérmicas) y su grado de progreso es muy variable, y se encuentra en función de las condiciones del medio (Porta *et al.*, 1999). En el caso de la meteorización por carbonatación, los factores que determinan su grado de desarrollo se basan en la reacción de iones de carbonato/bicarbonato con los minerales zonales, afectando a todo tipo de rocas. Tanto la actividad de las raíces y microorganismos –generando anhídrido carbónico que es disuelto por los iones de carbonato y bicarbonato– como el CO<sub>2</sub> aportado por el agua de lluvia, aunque éste en menor medida, en el proceso de carbonatación. A todo ello hay que sumar la concentración de CO<sub>2</sub>, el valor de pH y de la temperatura zonal.

Con todo ello, se planteó que el estudio de los sedimentos de Chafarí Norte 3 (CH-N3) debía contemplar tales planteamientos y ajustar el protocolo de trabajo. La configuración de éste pasaría por la realización de dos tipos de tratamientos diferenciales sobre las muestras sujetas a análisis microfósil. Una selección de muestras sería sometida a un protocolo completo de descarbonatación y oxidación de la materia orgánica, lo cual facilitaría la tarea de realizar un estudio granulométrico ajustado a las fracciones contempladas en esta Tesis. Los resultados de la total dispersión de las fracciones sometidas a examen microscópico debían corroborar que éstas no presentaban agregados arcillosos, o en todo caso que lo hicieran bajo la forma propia de agregados silíceos, derivados de la deposición de la sílice contenida en tejidos vegetales de especies leñosas.

Otro grupo de muestras, en este caso en mayor cuantía puesto que no se requerían tratamientos químicos ni de laboratorio, serían montados en preparaciones permanentes tipo frotis, lo cual permitiría observar la totalidad de las partículas microfósiles existentes en las muestras en bruto. Aunque con la complejidad aportada por la presencia de agregados de arcillas y carbonatos, así podría detectarse la presencia de agregados carbonatados y/o concentraciones de pseudomorfo de calcita derivados de oxalatos de calcio pertenecientes a los tejidos vegetales calcinados.

#### **Posibilidades de descartar el empleo de reactivos ácidos con la aplicación de ultrasonidos.**

Tras comprobar que no en todos los casos es posible conservar los microfósiles no-silíceos, como oxalatos de calcio o esferulitas de fauna herbívora, y conociendo de antemano su presencia en determinadas muestras, se comprobó la idoneidad del método descrito por Pinilla & Bustillo, (1997), en cuanto a su inserción en la metodología de análisis microfósil propuesta para el desarrollo de esta tesis (MCAM). El método descrito y empleado por esta investigadora basa su principio de actuación sobre muestras edáficas o arqueológicas en la correcta dispersión y eliminación de la fracción arcillas, empleando únicamente, como tratamiento preliminar de choque, peróxido de hidrógeno (33%). Eso sí, con vistas a acelerar la oxidación de la materia orgánica, las muestras son colocadas en

baño María, al igual que se contempla en el protocolo empleado por Albert *et al.* (1999).

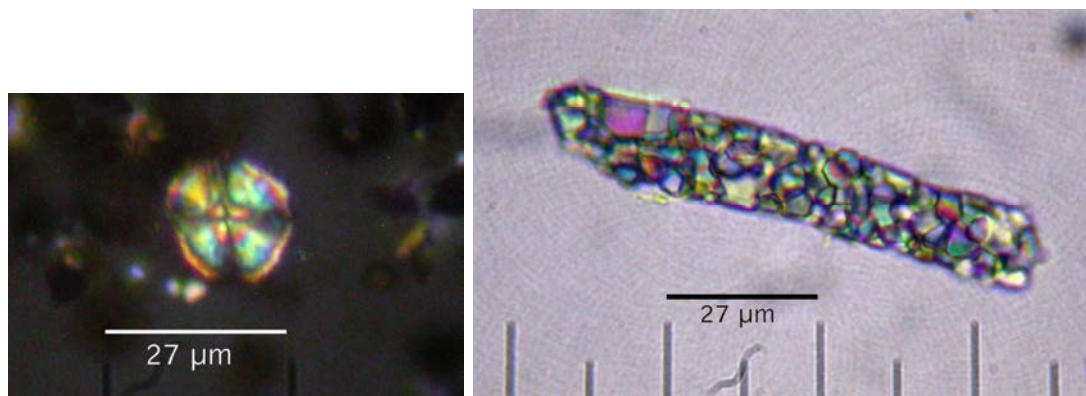
Los resultados observados en el tratamiento de las primeras muestras provenientes de las Islas Canarias, empleando esta metodología, y ya expuestos en parte en nuestra tesina (Afonso, 2004), confirmaron la idoneidad mediante la calidad observada es las preparaciones microscópicas realizadas con posterioridad al tratamiento químico, donde podía apreciarse la ausencia completa de arcillas. La nitidez alcanzada permitía la observación detallada de las partículas pertenecientes a las fracciones granulométricas restantes (arenas finas y limos), entre las que podía observarse correctamente —esto es, sin partículas adheridas y perfecta dispersión—, todo el registro microfósil existente, tanto el de base silicificada como el de oxalatos de calcio.

Del conjunto de muestras tratadas en 2002 mediante el método empleado por Pinilla en el Departamento de Conservación de Suelos (CCMA, CSIC), pertenecientes a yacimientos arqueológicos de Tenerife (La Concepción, Conchero La Fuente-2) y La Palma (El Tendal), se comprobó que el no-tratamiento químico, para la eliminación de carbonatos, no suponía un impedimento para la correcta dispersión de las fracciones integrantes del sedimento. Por su parte, el test de materia orgánica, aplicando peróxido de hidrógeno (30%), ratificó la concentración de la misma aconsejando su eliminación, proceso que a nuestro entender, resulta fundamental en la limpieza de la muestra, más si cabe que la de los carbonatos.

El resultado obtenido en las preparaciones, con una correcta identificación de silicofitolitos y oxalatos, aconsejó adoptar este mismo criterio con el resto de muestras de la investigación de suelos y sedimentos de las Islas. De hecho con los sucesivos ensayos con reactivos, y sobre todo con la supresión de ácidos de los tratamientos, se ha logrado alcanzar el grado de nitidez alcanzado con las preparaciones microscópicas empleadas por Pinilla & Bustillo (1997) en el estudio de las fracciones finas. La identificación de dos tipologías microfósiles que podemos considerar frágiles pero cargadas de significación arqueológica, como son esferulitas de fauna herbívora (**Figura 187**) y pseudomorfos de calcita derivados de lo que parecen oxalatos de calcio de *Pinus* sp. (**Figura 188**), parecen confirmar la idoneidad de los tratamientos planteados anteriormente.

La incertidumbre provocada por la dificultad para lograr una correcta dispersión de las arcillas, especialmente con sedimentos ricos en ellas, vino a ser sustituida por cierta sensación de júbilo al comprobar su rápida dispersión tras haber procedido a la oxidación de la materia orgánica, y especialmente tras someter la muestra, brevemente, a la acción del baño de ultrasonidos. Dicha sensación apuntaba a que era posible lograr dicha dispersión de forma aun más rápida y económica, permitiéndonos igualmente mantener el criterio del no-empelo de reactivos químicos para lograr la recuperación de todos los grupos microfósiles en una muestra. Faltaba por comprobar si con este tratamiento entrábamos en una fase pernicioso del mismo, donde se ocasionaran daños en la integridad de dichos microfósiles. E igualmente quedaba pendiente comprobar si la no-eliminación de carbonatos suponía un aspecto relevante, que podía obviarse como paso fundamental —y casi universalmente aceptado como idóneo (Piperno, 2006, entre otros)—, para

lograr llegar a valorar el registro microfósil sin someter éste a la acción lesiva de los reactivos ácidos.



**Figuras 187 y 188**, Dos tipos de microfósiles de naturaleza carbonatada. Esferulita de fauna herbívora (Izqda.) y Oxalato de calcio transformado en pseudomorfo de calcita (Drcha.) posiblemente perteneciente al género *Pinus* sp. Ambas 600x.

#### Pasos del protocolo final empleado para la eliminación de carbonatos.

A la vista de la problemática sobre la eliminación o no-eliminación de carbonatos en relación con el registro microfósil, se optó finalmente por simplificar dicha labor asumiendo —para esta tesis— que posteriores estudios deberían lograr el tan ansiado método de extracción conjunto de todos los microfósiles presentes en muestras arqueológicas. Pero entendiendo que sólo el tratamiento con ácidos oxidantes nos permite una imagen nítida de los microfósiles silíceos, al menos cuando las muestras contienen bajos niveles de carbonatos.

Pese a que la mayoría de las muestras arqueológicas se trataron evitando reactivos ácidos como el clorhídrico, otras siguieron ese camino. Optando, únicamente como medio de acelerar el proceso de elaboración de esta tesis, por realizar comprobaciones mediante muestras sin tratar, logrando con ello evidenciar la presencia de microfósiles del tipo de los oxalatos, pseudomorfos de calcita y esferulitas.

En cuanto a la eliminación de carbonatos, el protocolo empleado fue el descrito por Albert *et al.* (1999) aunque siguiendo los pasos empleados por Bárcena (2005, Com. Pers.) con el mismo objetivo:

**Paso 1.-** Las muestras secas y pesadas (cuatro decimales) de suelo o sedimento ( $\phi < 2\text{mm}$ ) fueron colocadas en vasos de precipitado 400 o 100 ml. (dependiendo de si se trataron 1gr. o 5 gr.), añadiendo un volumen de 10 ml. de HCl (10%) y HNO<sub>3</sub> (10%), situando los vasos sobre una placa calefactora a 100°C. La muestra era continuamente agitada, para evitar el apelmazamiento de las fracciones finas en el fondo del recipiente y garantizar que el reactivo actuaba sobre toda la misma. Por lo general, a esa temperatura, el objetivo se lograba en menos de 30', tiempo tras el cual se apagaba la placa calefactora y se dejaba reposar las muestras por espacio de 24 horas.

**Paso 2.-** Transcurrido ese tiempo las muestras y comprobando que el volumen total (reactivos+muestra) no excedía los 20 ml., se pasaba éste a tubos de centrifuga de 50 ml con rosca, añadiendo agua destilada hasta ese

volumen. Posteriormente se centrifugaban por espacio de 10', tras el cual se decantan el sobrenadante, se volvía a agitar mecánicamente (Vortex) y se enrasaba a 50 ml. La operación de lavado se repitió hasta lograr pH neutro, o al menos hasta completar 5 ciclos completos de la misma.

**Paso 3.-** Finalmente se extraían las muestras de los tubos de centrifuga mediante agua a presión hasta depositarlos totalmente en cápsulas de porcelana de fondo redondo (que facilita el posterior raspado), colocando éstas en estufa de secado a 60°C. y dejándolas reposar durante al menos 24 horas.

**Paso 4.-** Tras comprobar el secado total de la muestra, que depende de la cantidad de líquido empleado en su extracción, se pasan las cápsulas a un desecador con gel de sílice por espacio de 30'.

**Paso 5.-** Posteriormente se realiza el pesado de precisión en balanza de cuatro decimales, extrayendo la totalidad de la muestra con ayuda de una espátula, depositándola en un trozo de papel de aluminio<sup>20</sup> que es tarado en la balanza.

**Paso 6.-** Tras el registro del peso en el estadillo correspondiente, la muestra está en disposición de ser sometida al siguiente tratamiento, en este caso el tendente a la disgregación y eliminación de la fracción arcilla (<2 µm).

#### **Estimación indirecta de %CaCO<sub>3</sub>.**

Siguiendo la idea de que los tratamientos de laboratorio ofrecen la posibilidad de obtener información de las muestras tratadas, desde el registro y procesado de datos referentes a sus variaciones de peso en función del tratamiento químico o térmico empleado, el contenido en carbonatos –junto con la materia orgánica– fue un parámetro especialmente sugerido por la posterior inspección microscópica de las muestras. Se trataba, se trata, en todo caso de informaciones indirectas pero claramente sugeridas por el sustrato portante del registro microfósil, que se convierte así no sólo en un referente biológico de naturaleza biomineral, ofreciendo datos más allá del propiamente emanado por su origen vegetal. Y es esto lo que ocurre con el registro de biomineralizaciones silíceas, siendo especialmente relevante en la superficie de los fitolitos con esta composición, que puede llegar a verse comprometida en el caso de un proceso avanzado de disolución de SiO<sub>2</sub>.

Efectivamente, la integridad de los silcofitolitos y otros microfósiles con esa base química se ve absolutamente comprometida cuando en el sedimento o suelo que los contiene se produce un pH básico extremo (>8) en unión o no de circulación hídrica (Albert *et. al.*, 1999), que en este último caso puede ser determinante en el proceso de disolución (Runge & Runge, 1997).

---

<sup>20</sup> La elección del papel de aluminio, frente a papel de laboratorio, se debe a que éste último "atrapa", por su rugosidad, mayor cantidad de muestra, al menos de las fracciones finas, que no es posible recuperar. Por el contrario la cantidad adherida al papel de aluminio es mínima, siendo fácilmente recuperable con la simple presión de la espátula, proceder que en la mayoría de los casos no es necesario. En una última apreciación se ha comprobado que la simple acción de una huella dactilar, sobre el papel de aluminio empleado (trozos acordes al tamaño de la muestra pesada), "atrapa" las partículas más finas de suelos o sedimentos.

Como se sabe, la presencia de  $\text{CaCO}_3$  se encuentra directamente relacionada con un pH alcalino, hecho que correlaciona ambos parámetros también en sentido contrario (Marín, 2003). Desde ese planteamiento, se ha empleado el tratamiento mediante reactivos ácidos del tipo del clorhídrico (HCl) y nítrico ( $\text{HNO}_3$ ), ya que permiten la descarbonatación de muestras de suelos y sedimentos. Y desde ese punto hemos propuesto —y llevado a cabo— plantear una estimación del % $\text{CaCO}_3$  en base a la pérdida de peso registrada tras el tratamiento con dichos reactivos.

La interpretación de los resultados se ha llevado a cabo siguiendo la clasificación de suelos según % $\text{CaCO}_3$  propuesta por Marín (2003):

- Contenido muy bajo: 0-5%
- Contenido bajo: 5,1-10%
- Contenido normal: 10,1-20”
- Contenido alto: 20,1-40%
- Contenido muy alto: >40%

En función de estos intervalos se han clasificado muestras de suelos y sedimentos, entendiéndose que podían ser clarificadores como parámetro directamente relacionado con la matriz de éstos, contenedora del registro microfósil. Y en todo caso poder relacionarse con el estado de integridad de éste último, asociado sino directamente a la presencia de carbonatos, sí a su incidencia en la reacción del suelo/sedimento.

**Valoración del empleo de ultrasonidos en el tratamiento de dispersión y eliminación de arcillas: su repercusión en el estudio de registros microfósiles.**

**Objetivos analíticos y elección de métodos de extracción.**

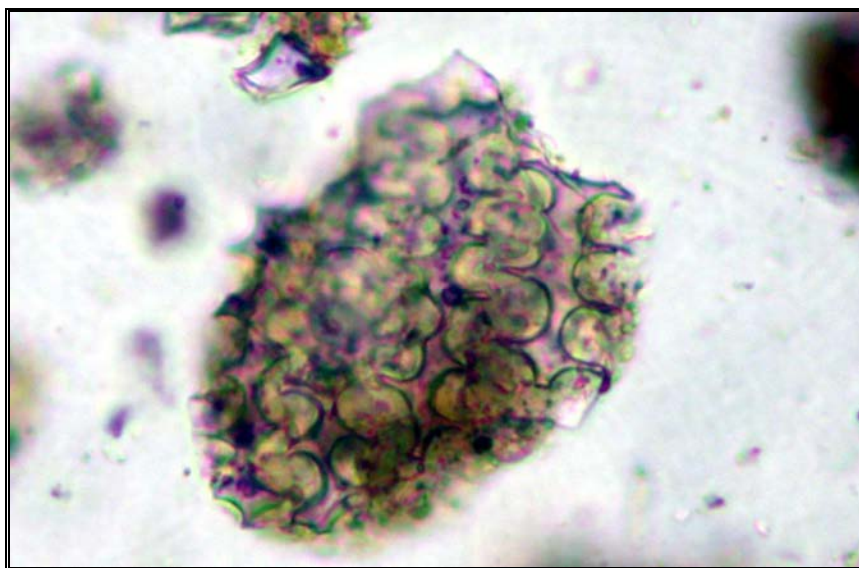
Las dificultades planteadas con la elevada presencia de arcillas en algunas de las numerosas muestras de suelos y sedimentos pertenecientes a varias zonas de las Islas Canarias, así como la complejidad de su neutralización en base a los objetivos metodológicos de esta Tesis, motivaron la experimentación con baño de ultrasonidos. Entendiéndose que se trataba de una técnica básica, de bajo coste y rápida aplicación, que podría permitir una óptima dispersión de arcillas y por tanto su correcta eliminación por decantación. Sobre todo tras comprobar que, con las técnicas descritas en varios trabajos de referencia, no se lograba la correcta eliminación de dichas partículas, o al menos como para llevar a cabo sobre ellos los necesarios estudios microscópicos cualitativos y cuantitativos contenidos en los objetivos de esta Tesis. La no-eliminación de las partículas  $<2 \mu\text{m}$  queda constatada nítidamente en las preparaciones microscópicas, cuando bajo la forma de agregados aglutinan o desdibujan las partículas, minerales y biominerales, existentes en la matriz edáfica, impidiendo la correcta identificación y estudio de éstas últimas<sup>21</sup> (**Figura 189**). Igualmente a nivel cuantitativo dicho estado de agregación reduce significativamente la correcta estimación de los microfósiles totales, presentes

---

<sup>21</sup> Obviamente las características del suelo o sedimento determinan su contenido en arcillas, siendo mucho más fáciles de tratar aquellos materiales donde suponen una fracción poco representada.



en la porción alícuota extraída de las muestras de sedimentos arqueológicos y suelos.



**Figura 189**, Esqueleto silíceo, correspondiente a la envuelta floral de granos de cereales vestidos, con restos de la matriz arcillosa dificultando la correcta observación de sus caracteres morfométricos. En sedimento arqueológico de La Cerera,. J.A.

Dicho inconveniente deriva tanto de la presencia en sí de partículas de arcillas como de su desagregación<sup>22</sup>, lo que ocasiona que no puedan observarse correctamente –al microscopio óptico– los microfósiles existentes, impidiendo que sean diferenciados entre las partículas minerales donde éstos se encuentran<sup>23</sup>. Estas dificultades, se relacionan directamente con la presencia de arcillas en estado de floculación, es decir formando agregados que incluso pueden mantenerse tras los tratamientos con reactivos oxidantes y ácidos aplicados. La acción de dichos reactivos debería ser suficiente como para eliminar los principales elementos cementantes presentes en las muestras, constituidos de forma común por materia orgánica y carbonatos. Pero las fuerzas de cohesión de los agregados de arcilla son algo bastante más complejo, lo que ocasiona que, en la práctica, no todas las muestras funcionen

<sup>22</sup> Efectivamente la presencia de partículas de arcilla en estado de desagregación, al menos cuando ocurre en baja proporción, no resulta en sí perjudicial para la observación microscópica de microfósiles, pero sí lo es cuando se presenta bajo la forma de microagregados, en los que se agrupan unas y otros. Como hemos comprobado, si se consigue una desagregación y un ajuste óptimos de la densidad de partículas en la preparación microscópica, es posible el estudio de microfósiles aun con la presencia de arcillas, al menos cuando se han eliminado gran parte de las mismas por decantación.

<sup>23</sup> Llamo la atención sobre este particular, que no acontece en aquellas muestras tratadas mediante protocolos que contemplan la separación de las partículas minerales de las microfósiles empleando líquidos pesados, como el descrito por Albert *et al.* (1999; entre otros). Método que ha sido empleado en esta Tesis únicamente a nivel experimental, con algunas de las muestras donde se producía la conjunción de silicofitolitos con vidrio volcánico. Ver Capítulo 5-III, *Registro Microfósil de R-18*.

de igual forma, siendo habitual que su presencia impida la correcta identificación de los microfósiles existentes en las preparaciones. Por ello su eliminación ha sido un objetivo acometido en numerosos trabajos (Letfer & Boyd, 1999; entre otros) y entendido como un serio problema a la hora del estudio de partículas de origen vegetal. Además inicialmente se comprobó que tras la aplicación de los reactivos ácidos se producía una acusada floculación de las arcillas, estado que dificultaba aun más su posterior desagregación y eliminación por decantación. Ya que el hecho de que sólo contengan fragmentos de los microfósiles presentes en las fracciones  $>2 \mu\text{m}$  —o en todo caso algunos ejemplares aislados “colados” en la de las arcillas— aconseja y permite su separación de las otras fracciones de suelos y sedimentos<sup>24</sup>.

En todo caso “la cuestión de las arcillas” ha sido uno de los problemas más complejos que han debido afrontarse, sobre todo si se quería aplicar de forma estandarizada un protocolo como el *Método Contextual de Análisis Microfósil* (MCAM), que basa su principio de análisis sobre muestras de suelos y sedimentos donde no se operado la separación, por densidades, de la fracción biomineral de la mineral. El inconveniente de la presencia de arcillas en las muestras ya tratadas, y por tanto en las preparaciones empleadas para estudiar microfósiles al microscopio óptico, tomó visos de gravedad cuando se acometió el tratamiento —para el análisis de microfósiles— de los primeros sedimentos arqueológicos, del yacimiento aborigen de El Llanillo (Arguineguin, Gran Canaria). La presencia en los mismos de arcillas, en forma de microagregados, incluso tras haber aplicado el protocolo enunciado por Pinilla & Bustillo (1997), motivó una reflexión sobre la posibilidad de lograr un protocolo que facilitara preparaciones con total ausencia de arcillas.

Posteriormente la labor documental confirmó que se trataba de un tema profusamente citado en la bibliografía especializada, refiriéndose a posibles tratamientos encaminados a su correcta disgregación y eliminación (Zucol & Osterrieth, 2002; Lentfer & Boyd, 1999; entre otros). En muchos de ellos los pasos dados —con ese fin— resultan de inusitada complejidad y por lo general no existe un consenso en su aplicación. Prevalciendo, en todo ello, el aspecto de la diversidad de materiales edáficos y/o sedimentarios, cuyas características específicas (especialmente las de sus enlaces arcillosos) dificultarán o acelerarán la aplicación de un protocolo estándar, sin que en muchas ocasiones se conozca previamente cuál será su comportamiento una vez aplicado éste.

Todo lo cual supone —a nuestro entender—, después de haber comprobado múltiples preparaciones realizadas con los métodos descritos por Albert *e t al.* (1999), Pinilla y Bustillo (1997) y Bárcena (1994), un aspecto muy relevante, al menos tanto como el que involucra la concentración de microfósiles en una sola fracción, empleando métodos químicos basados en densidades diferenciales<sup>25</sup>. O que al menos, desde el punto de vista cualitativo, revierte

---

<sup>24</sup> Hecho que se mantuvo al menos hasta la introducción de los ultrasonidos en el protocolo de actuación, y que no era solventado con el empleo de un dispersante como el hexametáfosfato sódico como único medio de dispersión, en este caso químico.

<sup>25</sup> De hecho el resultado de la separación de fracciones mediante densidades diferenciales depende de este paso previo para poder contar con morfotipos silicificados no insertos en la matriz arcillosa.

directamente en la calidad de las observaciones que deben permitirnos una correcta identificación, descripción y clasificación taxonómica de los microfósiles localizados en suelos y sedimentos.

Debo señalar que, hasta el momento, los mejores resultados obtenidos, en cuanto a nitidez de muestras edáficas y arqueológicas, han sido mediante el protocolo enunciado por Pinilla y Bustillo (1997) y Bárcena (1994)<sup>26</sup>. Resultados sin duda relacionados con las características del tratamiento efectuado sobre las muestras analizadas<sup>27</sup>, precisamente por la importancia dada al fundamental paso de desagregación y eliminación de la fracción arcilla. Pero también con el protocolo de confección de preparaciones microscópicas, especialmente en el descrito y empleado por Bárcena, basado a su vez en los enunciados por Bárcena & Flores (1991). Todo ello supone contar con preparaciones microscópicas que reflejan la concentración real de partículas biogénicas, existentes en el seno de las de origen mineral restantes (limos y arenas hasta 700 µm), donde es posible realizar estimaciones cualitativas y cuantitativas.

Si bien los análisis realizados, siguiendo tales protocolos, obviamente mantienen parte de las partículas que integran el sedimento/suelo de la muestra (arenas finas y limos) en las preparaciones –como ya apuntara Bowdery (1998) mediante el ensayo con un método semejante–, su alta nitidez permite apreciar todos los detalles (morfométricos) de los microfósiles existentes. Y lo es tanto en silicofitolitos de células largas y cortas como en los pequeños quistes de algas crisofitas. Siendo estos últimos los microfósiles más complejos de estudiar al microscopio óptico, dado su pequeño tamaño y variabilidad de su ornamentación, cuyos detalles resultan difíciles de apreciar incluso a 600x; que finalmente fue la magnificación de rutina empleada, frente a los 400x que suelen ser los habitualmente empleados en el análisis de fitolitos (Albert *et al.*, 1999; entre otros). Aun así, gracias a la correcta dispersión de partículas en preparación, completamente libre de arcillas y ajustadas en concentración como para permitir su visualización individual, es posible realizar el estudio minucioso de cada partícula microfósil. Facilitando con ello el necesario criterio cuantitativo, al haberse elaborado –las preparaciones microscópicas– mediante volúmenes de extracción (volumen total de disolución y alícuota) y dimensiones de la superficies, total y parcial analizada (cápsula de Petri y portaobjetos en este caso), conocidos<sup>28</sup>.

---

<sup>26</sup> Y que pudo ser practicada en los laboratorios de ambas investigadoras (CSIC, Madrid y Facultad de Ciencias, USAL, respectivamente).

<sup>27</sup> Ambas investigadoras utilizan un tratamiento donde prima la eliminación de la materia orgánica mediante la aplicación de peróxido de hidrógeno (30%) en caliente, aunque se diferencia en la utilización de baño María y placa calefactora respectivamente. Los resultados en ambos casos ratifican su eficacia con una disgregación óptima de las arcillas contenidas en las muestras.

<sup>28</sup> Que en el método final, una vez ajustadas las dimensiones de las preparaciones a las limitaciones del instrumento óptico de rutina, quedó fijada en 1000 µl cuando se trata de una única preparación, o en dos de 500 µl cuando la densidad de partículas finas es muy elevada. En todo caso, uno u otro volumen son siempre depositados sobre una misma superficie analizable, de 2x2 cm. (cubreobjetos).

En el caso del método diseñado por A. Pinilla en el Departamento de Suelos del CCMA<sup>29</sup> (Pinilla & Bustillo, 1997; entre otros), los medios de tratamiento empleados permiten además conservar las biomineralizaciones no-silíceas, como los oxalatos de calcio, bien bajo esta composición o bien bajo la de pseudomorfos de calcita, de haberse operado su transformación por choque térmico (Figuras 190-191). Resultando aquí fundamental la no aplicación de reactivos ácidos más fuertes que el acético glacial, que era incluso evitado en la mayoría de las ocasiones<sup>30</sup> (Pinilla, 2002, Com. Pers.).

Con algunas variaciones con respecto al método anterior, el descrito por Coil *et al.* (2003; entre otros) y empleado por Korstanje (2006) en su Tesis doctoral, parecen ser por ahora los únicos ejemplos de protocolo de extracción global de microfósiles, ya que permiten la recuperación, identificación y cuantificación de ambos grupos, sílice y oxalatos, en el primer caso asumiendo su relación con las partículas minerales presentes en la muestra (Figura 1). Igualmente ambos métodos serían idóneos para la recuperación de otros tipos, si se quiere más frágiles o no tan consistentes como los silicofitolitos, como las esferulitas de fauna herbívora, que determina la posibilidad de evidenciar la presencia de ganado en contextos arqueológicos o naturales (Korstanje, 2003). Este método pone de manifiesto la dificultad por lograr un protocolo único, menos complejo de llevar a cabo cuando los únicos microfósiles a recuperar son los de base silícea (Albert *et al.*, 1999; entre otros).

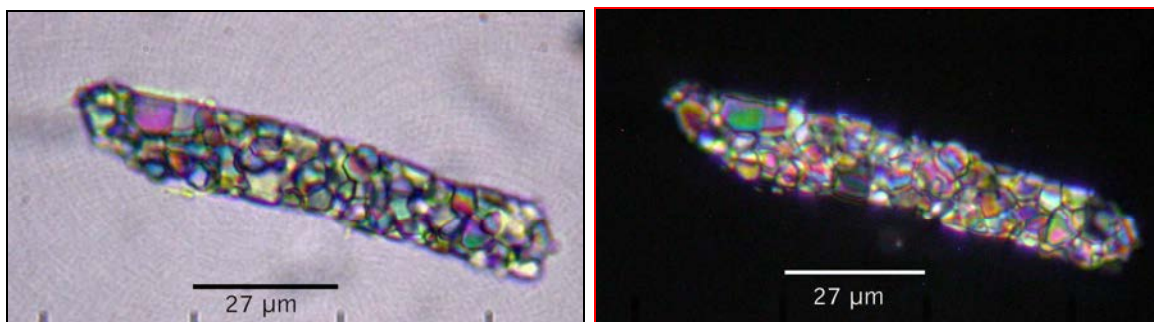
Del mismo modo, el método comenzado a emplear para la observación y cuantificación de microalgas silíceas por Flores & Bárcena (1991), permite la consecución de muestras muy nítidas, pero su uso se encuentra restringido al estudio de microfósiles silíceos, como también ocurre con el método descrito y empleado por Albert *et al.*, (1999), ya que el empleo de ácido clorhídrico —al ser altamente eficaz en la descarbonatación— destruye todo tipo de microfósiles de naturaleza carbonatada. No obstante, dicho método introduce, además, una eficaz técnica de recuento que permite cuantificar microfósiles totales, independientemente de las partículas minerales y en relación con la cantidad de muestra analizada. Los resultados obtenidos, en cuanto a nitidez, facilidad de identificación, clasificación y cuantificación de microfósiles, sólo han sido posible gracias al empleo conjunto de ambos métodos que, a su vez, nos han permitido alcanzar los objetivos metodológicos marcados en esta Tesis. Siendo importante destacar que su aplicación a permitido valorar las peculiaridades de cada registro microfósil, su naturaleza y utilización en la confección de lecturas arqueobotánicas y paleoambientales<sup>31</sup>.

---

<sup>29</sup> Centro de Ciencias Medioambientales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Departamento de Suelos, Madrid.

<sup>30</sup> Obviamente un protocolo de extracción donde no se empleen reactivos ácidos reduce ampliamente el coste de los mismos. Punto que creo debe seguir manteniendo su vigencia hasta lograr —si ello fuera posible en el futuro— un protocolo donde no medie el empleo de ningún tipo de reactivo.

<sup>31</sup> Para la aplicación de los métodos de Ascensión Pinilla y Ma. Á. Bárcena ha sido fundamental haber trabajado con ambas investigadoras en sus centros de trabajo, CSIC y USAL respectivamente. El departir sobre la adopción de un método u otro, probar y comprobar resultados se ha llevado a cabo gracias a su inestimable colaboración y amplia labor investigadora. Igualmente, los objetivos de este trabajo se han alcanzado



**Figura 190** y **Figura 191**, Pseudomorfo de calcita derivado de una biomineralización de oxalato de calcio perteneciente al género *Pinus* sp., localizado en los sedimentos arqueológicos de El Tendal (La Palma). A la izquierda bajo luz transmitida convencional, a la derecha bajo luz polarizada. La ausencia de arcillas es patente tras haber aplicado a las muestras el protocolo descrito por Pinilla & Bustillo (1997), observándose la integridad de este microfósil vegetal no-silíceo. Ambas: 600x.

Se han descartado por tanto otro tipo de técnicas de extracción que, aunque gozan del respaldo de numerosos investigadores en materia de fitolitos, emplean medios químicos de alto coste y solamente en el caso del protocolo enunciado por Coil *et al.* (2003), ofrecen resultados totales sobre el registro global de microfósiles, de base silíceo y carbonatada. Estos métodos basados en la separación por densidades diferenciales, emplean reactivos de elevado coste (polytugstato de sodio) y conllevan una relativa complejidad técnica que no garantiza, en sí mismo, unas condiciones de nitidez tan altas –en términos de eliminación de la fracción arcilla– como los dos métodos mencionados anteriormente. Aunque es cierto que cumplen con la premisa de lograr aislar la totalidad de silicofitolitos en una sola fracción, la suya propia, tal y como ocurre con los métodos de concentración de palinomorfos. Debo matizar que, aunque el método de la separación densimétrica no es perjudicial en sí –como demuestran constantemente numerosos trabajos– no puede considerarse exclusivo para un estudio idóneo de silicofitolitos en sedimentos y suelos, ya que otros –como el designado por Flores y Bárcena (1991) resulta igualmente idóneo para la recuperación de todos los grupos microfósiles de base silicificada. Pero sí que resulta excluyente en cuanto a los tratamientos previos que lo acompañan en el protocolo total, ya que el hecho de aplicar reactivos ácidos fuertes (HCl + HNO<sub>3</sub>) descarta cualquier posibilidad de localizar fitolitos no-silíceos y ningún microfósil de base carbonatada, que como las esferulitas de fauna herbívora sí pueden ser recuperadas cuando no se aplican dichos reactivos ácidos (Coil *et al.*, 2003).

Lo que podría constituirse como único inconveniente, en los métodos analíticos empleados por Pinilla (1997) y Bárcena (1994), no son precisamente los aspectos cualitativos, sino la no-estimación de la pérdida de peso ocasionada por la aplicación de reactivos químicos oxidantes al final del proceso de limpieza de elementos cementantes, para presentar datos sobre las cantidades reales de muestra analizadas. Lo cual introduce un factor de error

---

gracias a su percepción de que el mejor método de estudio no tiene porqué ser el más caro y complejo sino el que llegue lo antes posible a los datos buscados, reduciendo costes y garantizando lecturas cuantitativas y cualitativas claramente verificables.

en las estimaciones cuantitativas, si éstas se realizan teniendo en cuenta el peso de partida. Un sesgo que creemos resulta minimizado cuando se realizan estimaciones cuantitativas sobre un número suficiente de individuos microfósiles. Por ello, tanto Pinilla como Bárcena adoptaron y/o adaptaron sistemas de cómputo basados en criterios empíricos de las propias muestras, que en realidad son fácilmente engarzables<sup>32</sup> —respecto a los resultados obtenidos con uno o con otro—, permitiendo evaluar el registro microfósil existente, y llevar a cabo lecturas sobre sus características morfológicas y número de individuos reales (minerales y biominerales en el primer caso). Igualmente ambos métodos permiten extrapolar las concentraciones detectadas a la cantidad de muestra inicial empleada en el análisis.

Debemos reafirmarnos en que, hasta el momento, los resultados obtenidos con tales métodos suponen, como mínimo, una alternativa real a los obtenidos con los protocolos basados en densidades diferenciales, aunque obviamente existen puntos en los que sus partidarios aprecian notables ventajas. Pero quizá no está de más plantear una reflexión sobre la evidencia de que los métodos de extracción, por mucha sofisticación que presenten, no tienen porqué ser los únicos en emplearse, menos cuando existen medios alternativos que refuerzan su utilización, al entender que son aplicados en estudios arqueológicos, donde “lo contextual” no puede —bajo ningún pretexto— ser descartado<sup>33</sup>. En todo caso lo importante es comprobar si su empleo no interfiere negativamente en la obtención de resultados fiables, objetivo que puede alcanzarse si se adoptan las medidas oportunas, como la confección de las preparaciones microscópicas necesarias y un sistema eficaz de análisis cuantitativo. Estos últimos, tal y como se ha comprobado, pueden ser los propuestos y empleados, con óptimos resultados, por Bárcena y Flores (1991) y Bárcena (1994).

Ha sido la búsqueda de un método similar al ya enunciado, el que se ha confirmado como el objetivo metodológico por excelencia de nuestro trabajo, en su consecución se han empleado buena parte de las energías disponibles

---

<sup>32</sup> Siempre que se siga la condición básica de registrar el peso de muestra del que se parte, que suele ser de 1 gr., al igual que en el protocolo descrito y seguido por Albert *et al.* (1999 y trabajos posteriores).

<sup>33</sup> No desmerecemos por ello la opinión de otros investigadores (Piperno; Bowdery, Albert, entre otros) al respecto de que los análisis fitolíticos, como ocurre con el polen, debe centrarse en el objeto de estudio —los fitolitos— descartando todo material de acogida. Este precepto no es en ningún caso descartado en nuestro trabajo, porque su objetivo claramente son las evidencias microfósiles, pero matizando que el estudio dirigido y parcial del sustrato de acogida no supone un inconveniente para asumir un examen completo de éstos, con las limitaciones de los medios de microscopía óptica, en cuanto a morfologías, ornamentaciones y cantidad. Las pruebas realizadas hasta el momento permiten afirmar que, lejos de perder información, lo que sucede con la aplicación de un MCAM completo es la obtención de numerosos datos que permiten profundizar en las características del sustrato portador, sus posibles procesos de formación así como las proporciones reales en las que se encuentra depositado, dentro de este, el registro microfósil. Igualmente la adopción del mismo método para el estudio de suelos y sedimentos arqueológicos permite contrastar similitudes y diferencias, tanto en cuanto a concentraciones microfósiles como de la textura que caracteriza los mismos.

para valorar, desechar y volver a probar con muestras muy dispares. A la luz de los resultados obtenidos, se ha comprobado que al margen de numerosas dificultades añadidas puede lograrse articular un método para cuantificar todos los contenidos (conjuntos) microfósiles de una muestra sedimentaria o edáfica. En este sentido se han adoptado las directrices marcadas en el protocolo enunciado por Albert *et al.* (1999; entre otros) para la extracción de silicofitolitos, en especial en cuanto a los criterios cuantitativos que guían todo el proceso de tratamiento de las muestras<sup>34</sup>. Entendiendo que sólo el seguimiento cuantitativo, de todo el proceso de laboratorio, permite configurar una lectura consistente sobre el registro microfósil. Igualmente, los pasos dados en este protocolo, han permitido adoptar un esquema de estimaciones, por pérdida de peso, que permite disponer del dato hacia el que se extrapola el peso de la muestra analizada. Lo mismo ocurre con el empleo de centrifugadora, en un principio descartado en el MCAM, que se ha revelado como fundamental para realizar lavados y posterior pesaje de las muestras; aunque debemos matizar que se ha reducido al mínimo los tiempos de exposición de dichos medios mecánicos<sup>35</sup>, buscando minimizar la fragmentación inducida en el registro microfósil<sup>36</sup>.

En este sentido también seguimos el planteamiento de que una velocidad de centrifugación baja, como es la de 2000 rpm, no supone un esfuerzo crítico capaz de dañar dicho registro, pero que sí facilita la correcta decantación y lavado de las muestras. Del mismo modo, el baño de ultrasonidos, tal y como se expone más adelante, ha sido testeado, en cuanto a tiempos de exposición, comprobando que su conjunción con medios químicos como el hexametáfosfato sódico (10-15 ml.) permite excelentes resultados con respecto a los obtenidos con los tratamientos propuestos en trabajos similares. Aunque su empleo de forma continuada debía ser testeado para comprobar su posible incidencia negativa en los microfósiles más frágiles, a pesar de que a nivel de favorecer una lectura de éstos, su ayuda como método de tratamiento, debe considerarse inestimable, especialmente en un trabajo donde se descartó el empleo de métodos de separación de fracciones por densidades diferenciales.

La aplicación de ultrasonidos ha sido una de las técnicas más útiles en varios procesos del tratamiento de muestras, aunque su empleo no estaría recomendado como método estándar, por los daños que puede ocasionar en parte del registro microfósil. No obstante, los resultados obtenidos con su aplicación, en conjunción con la oxidación de materia orgánica mediante peróxido de hidrógeno y el añadido de hexametáfosfato sódico, muestran que ambos resultan determinantes para la óptima dispersión de suelos, aspectos ya planteados en algunos trabajos de referencia (León, 2001; entre otros). En

---

<sup>34</sup> Siguiendo la opinión de la Dra. R.M<sup>a</sup>. Albert al respecto de mantener un control total sobre todo el proceso que debe permitir valorar los registros microfósiles, en su caso silicofitolitos, de una muestra. Barcelona, 2003, Com. Pers.

<sup>35</sup> La velocidad a la que suele utilizarse la centrifuga (4500 rpm) en el protocolo de Albert *et al.* (1999) nos parece, por ello, demasiado elevada. Se ha reducido a 2000 rpm y según los resultados obtenidos, permite contar con una muestra correctamente sedimentada sin dañar el registro, aunque se deba prolongar el tiempo de centrifugado hasta los 15 minutos dependiendo de la cantidad de fracción <2 µm presentes en la muestra, que son las de más difícil decantación.

<sup>36</sup> Dra. M<sup>a</sup>.A. Bárcena, Salamanca, 2005, Com. Pers..

todo caso esta técnica ha resultado decisiva en la consecución de un modelo de análisis integral que tuviera en cuenta la estimación del registro microfósil (fitolitos y otros) en el seno de la matriz sedimentaria y edáfica de acogida. Ya que la calidad obtenida en las preparaciones confirma que el estudio cuantitativo es perfectamente abordable.

Igualmente ha sido fundamental, para lograr una óptima observación de las preparaciones microscópicas que no contenían exclusivamente la fracción microfósil, una vez descartado el empleo de la técnica de flotación por líquido pesado, que las condiciones de visualización fueran de muy alta calidad. Creemos que este objetivo se ha logrado sin alterar sustancialmente las condiciones del registro microscópico, ni la capacidad para emitir lecturas cualitativas y cuantitativas sobre el mismo.

En la práctica, el empleo de ultrasonidos, se comenzó a aplicar por sugerencia del Dr. J.L. Mora<sup>37</sup>, tras comprobar que el método común de dispersión de arcillas, basado en la aplicación de hexametáfosfato sódico como dispersante y utilizado tanto en los laboratorios de Edafología como Arqueología (Korstanje, 2006; entre otros), no aportaba los resultados buscados. Ya que estos no eran suficientemente positivos como plantear la idoneidad del protocolo MCAM<sup>38</sup>, como método suficientemente apto para el análisis de microfósiles como fitolitos y microalgas (entre otros), o al menos sin llevar a cabo –con el conjunto muestral– un tratamiento que aislara éstos de la fracción mineral. Todo ello y especialmente la búsqueda de un método/tratamiento/técnica que permitiera observar cada partícula biomineral en estado de completo aislamiento, libre en toda su superficie de agregados y partículas de arcilla, motivó las pruebas con los ultrasonidos como medio mecánico de dispersión<sup>39</sup>.

Paralelamente a las pruebas realizadas, se fue comprobando que existían numerosos antecedentes en su uso, aunque con amplias diferencias en cuanto a los criterios de aplicación. De las dos primeras citas localizadas, sólo en una

---

<sup>37</sup> 2006, Com. Pers. Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza. Su conocimiento de la problemática con las arcillas floculadas, incluso tras los tratamientos de dispersión química (hexametáfosfato), motivaron la sugerencia del empleo de ultrasonidos en 2006. Tras las primeras pruebas, con suelos y sedimentos, se comprobó que podría ser la alternativa a la compleja, y a veces desesperante, tarea de dispersar y eliminar la fracción arcilla por métodos no-mecánicos. Por ello se incluyó esta técnica en el protocolo de tratamiento, aunque aun habrían de producirse más variaciones en el método, que no obstante mantuvieron la aplicación de esta técnica de dispersión.

<sup>38</sup> Método Contextual de Análisis Microfósil.

<sup>39</sup> Posteriormente a la apreciación del Dr. J.L. Mora (UNIZAR) se comprobó la existencia de citas sobre el empleo de ultrasonidos para el mismo fin, en concreto en el protocolo descrito por Albert & Weiner (2000), donde a la muestra en solución de politugstato de sodio y agua destilada (calibrado a la densidad de 2.4 gr/ml) eran aplicados ultrasonidos y agitador mecánico (Vortex) para lograr la dispersión de dicha muestra. No obstante, entendemos —dado que no se describen pasos tendentes a la disgregación de las arcillas— que su utilización responde precisamente a este objetivo, o en todo caso a la lograr la dispersión entre partículas minerales y biogénicas, lo cual nos lleva al mismo punto de partida: lograr romper la cohesión de los complejos agregados de arcilla.



de ellas se había empleado ultrasonidos para la limpieza de muestras con contenido en microfósiles, en este caso de naturaleza marina y calcárea (Gorostidi, 1992). Que planteaba el uso de ultrasonidos para separarlos de los sustratos estudiados, pero recomendando hacerlo con precaución y limitando el tiempo de exposición de las muestras a 4-5 minutos, ya que superar ese límite aumentaba el riesgo de destrucción de los posibles microfósiles contenidos en ellas. En un principio desconocíamos si este efecto podía darse en microfósiles silíceos, aunque era difícil que el efecto pernicioso —observado con nanoplacton calcáreo— fuera similar, ya que, en lo que respecta a la densidad propia de cada uno de ellos, la del carbonato cálcico es inferior a la de la sílice. De tal modo que, dentro de la idea de designar rangos de fragilidad, los primeros llevarían la peor parte ante un tratamiento mecánico tan agresivo como el de ultrasonidos<sup>40</sup>.

La siguiente cita bibliográfica se acerca mucho a la problemática en torno a una óptima disgregación de arcillas en suelos mediante el empleo de ultrasonidos, confirmando que éstos actúan debilitando las uniones de los complejos organo-minerales, lo cual se traduce en una mayor susceptibilidad de la materia orgánica frente al ataque con peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 33%) (Serra y Di Pietro, 1985). Aunque estos mismos autores indican que la dispersión no es irreversible en su totalidad, sino se aplica un reactivo dispersante que colabore en que sí lo sea. No obstante, la fuerza de cohesión posterior ya no es la misma y siempre supone un debilitamiento de los enlaces que posibilita una gradual ruptura de éstos, y por tanto lograr la separación de partículas, dejando de estar adheridas unas a otras. Lo que implica también que las partículas biogénicas de mayor tamaño se despojen de todas aquellas con un tamaño igual o inferior a 2 µm (de naturaleza mineral o coloidal), con las que se suelen encontrar íntimamente unidas dentro de la matriz edáfica o sedimentaria<sup>41</sup>.

También se ha planteado su uso en suelos con propiedades ándicas (Andosoles) de regiones fuera de las Islas (Extremadura), recomendándolo

---

<sup>40</sup> Que como se sabe basa su principio de acción en la cavitación, un complejo efecto hidrodinámico de alta energía que, pese a causar graves daños en materiales sujetos a la misma (incluso en los metales más resistentes) resulta beneficiosa en su aplicación como técnica de limpieza, ya que logra eliminar, de cualquier superficie, las partículas ajenas a la misma. En este caso la aplicación sobre partículas microscópicas biominerales busca precisamente ese efecto, y que las partículas de arcillas (bajo la forma de agregados) se separen de la superficie de los microfósiles y estos a su vez entre ellos. Acción que acontece también en y entre las partículas minerales, teniendo como resultado un conjunto de partículas (biominerales, arcillas, limos y arenas) dispersas en un medio líquido que van gradualmente sedimentando —en función de su densidad y la del medio líquido. Hecho que contempla la Ley de Stokes (1880-1905) y que es aprovechado (restringiendo la altura de la columna de agua) para eliminar la fracción sobrenadante que más tiempo tarda en depositarse: la de las arcillas.

<sup>41</sup> En general todos los aspectos observados y desarrollados por estos autores han colaborado en las pautas a seguir con buena parte de los sedimentos y suelos presentes en las Islas Canarias, y en el resto de muestras no pertenecientes a las mismas. Tanto la idoneidad como técnica de desagregación como la limitación en los tiempos de exposición a la misma, han resultado aspectos clave para su empleo de forma sistemática

cuando éstos presentan una estructura de agregados procedentes de complejos órgano-metálicos<sup>42</sup>. Tales agregados, de textura muy fina y basada en limo y arena fina, disponen de una fuerza de cohesión interna suficientemente elevada como para resistir el procedimiento de desagregación de un protocolo granulométrico convencional, esto es: el basado en el efecto de hexametafosfato sódico<sup>43</sup>. El resultado es la observación de una textura más gruesa de la que realmente poseen las muestras, por lo que a estos agregados se les conoce como “pseudolimos” y “pseudoarenas”. Siendo una de las ocasiones donde resulta especialmente útil el enérgico tratamiento que provocan los ultrasonidos, logrando una separación completa de las partículas minerales originales<sup>44</sup>.

Dado que en Canarias los suelos con propiedades ándicas suponen los de mayor extensión en las áreas forestales de las Islas con mayor altitud (Rodríguez *et al.*, 2002), era de esperar que durante los trabajos de tratamiento de suelos y sedimentos de zonas forestales –o cercanas a éstas– se detectaran dificultades de desagregación en las muestras procedentes de las mismas. Igualmente cabía la posibilidad de que algunos sedimentos, procedentes de zonas cercanas a suelos con propiedades ándicas, presentaran agregados limo-arenosos con suficiente cohesión interna como para trastocar los resultados de un análisis granulométrico convencional, aquel que sólo contempla el uso de medios químicos para la dispersión de agregados.

En el campo específico del tratamiento para la extracción de silicofitolitos, Lentfer & Boyd (1999) citan a Wolfram (1954) como primero en aplicarlos en la desagregación y defloculación de muestras. Le siguen una serie de investigadores que los emplearan con el único propósito de dispersar arcillas (Funkhouser & Evitt, 1959; entre otros). En algunos casos se plantea su utilización conjunta con un líquido pesado para deflocular arcillas y separar palinomorfos en un mismo proceso (Dodson, 1983; entre otros). E igualmente la técnica será aplicada exclusivamente para la extracción de fitolitos por Fujiwara *et al.* (1985) y Marumo & Yanai (1986).

Sin embargo, Lentfer & Boyd (1999) aportan pruebas sustanciales de que la vibración provocada por los ultrasonidos (cavitación) puede llegar a romper y destruir polen, esporas y microfósiles silíceos, por lo cual no recomiendan su uso en sedimentos que contengan lo que denominan *formas frágiles*<sup>45</sup> (Sohn, Dodson, 1983; entre otros). En trabajos más recientes, también se evalúa su

---

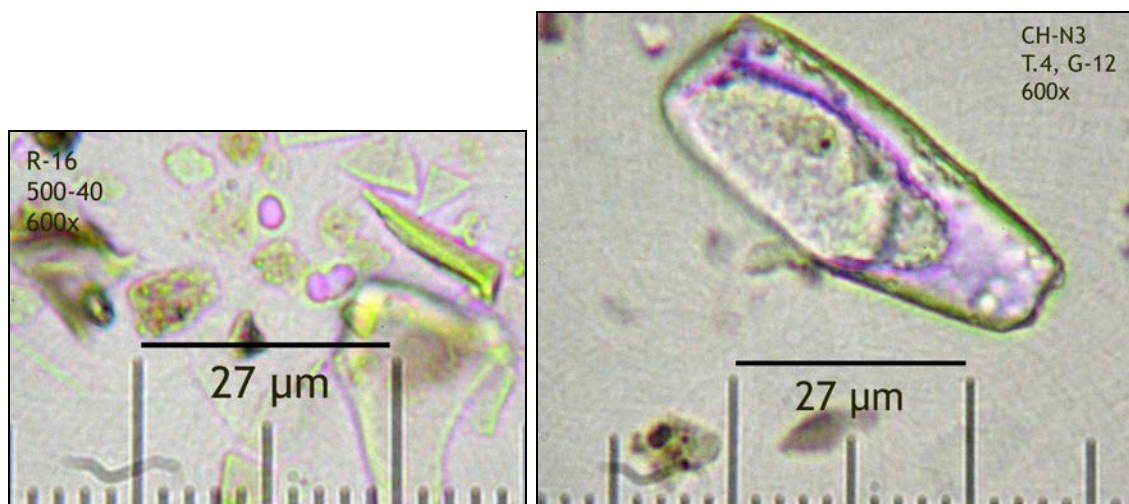
<sup>42</sup> Página web del Departamento de Biología y Producción de los Vegetales, Área de Edafología y Química Agrícola, Universidad de Extremadura.

<sup>43</sup> La aplicación de este reactivo se realiza en disolución con la muestra y en agitación mecánica durante al menos 12 horas, pero en realidad sigue tratándose de una desagregación eminentemente química.

<sup>44</sup> Textos del Área de Edafología y Química Agrícola, Universidad de Extremadura, [www.unex.es/edafo/SEL1Andosoles.htm](http://www.unex.es/edafo/SEL1Andosoles.htm).

<sup>45</sup> Estos autores no especifican que consideran formas frágiles, por lo que entendemos que se trata de las presentadas por microfósiles con escaso espesor y formas alargadas, como podrían ser los silicofitolitos de tipo alargado (*elongate*), tanto los de ornamentación lisa (*psilate*) como dendriforme (*dendriform*), es en estas formas donde más habitual resulta detectar fragmentación, con respecto a las células cortas, aunque también en las de tipo bilobulado y polilobulado (*bilobate*) se ha detectado fragmentación por su zona centra, la más frágil.

viabilidad, junto con otros métodos —siguiendo el H. Fujiwara—, tras haber procedido a la eliminación de materia orgánica mediante reactivos oxidantes (peróxido de hidrógeno), y después de añadir un dispersante químico como el *Calgon*<sup>46</sup> por parte de Bowdery (1998). Esta autora, en el protocolo de trabajo, seguido para su Tesis doctoral —atendiendo a un criterio de evaluación metodológica—, aplica sesiones de ultrasonidos (200 Khz, 200w) de 15 minutos, tras lo cual procede al sifonado del sobrenadante mediante una bomba de vacío. El ciclo vuelve a empezar añadiendo de nuevo agua destilada, aplicando ultrasonidos, dejando en reposo y nuevo sifonado, hasta lograr que el sobrenadante se observe limpio y libre de partículas arcillosas (**Figuras 192-193**).



**Figura 192** (Izqda.), Pequeños fitolitos de gimnospermas (prob. *Pinus canariensis*), entre limos de suelos con propiedades ándicas de la cumbre de Tenerife (Perfil R-16, ABw). **Figura 193** (Drcha.), Posible fitolito de apéndice epidérmico *Poaceae* en la estructura de combustión del yacimiento de CH-N3 (G-12, T.4). Ambos a 600x.

Bowdery finalmente optó por descartar dicho método pero solamente porque éste mantenía gran cantidad de partículas de sedimento en las preparaciones, que le impedían la observación detallada de los fitolitos de mayor tamaño<sup>47</sup>. En sus cálculos sobre el peso del residuo recuperado y la

<sup>46</sup> Producto comercial a base de hexametáfosfato sódico.

<sup>47</sup> Aunque hemos comprobado la diferencia, entre una preparación realizada con la fracción fitolítica —obtenida por densidades— y la que comparte espacio con limos y arenas finas, ésta debe matizarse, precisamente porque son los morfotipos de mayores dimensiones los que aparecen casi siempre aislados, siendo fácilmente reconocibles entre las partículas minerales. Y los morfotipos más pequeños (células cortas, etc.) son los que podrían “camuflarse” de forma más completa entre la matriz edáfica, o sedimentaria, volviéndose difícilmente detectables y analizables. No obstante, la realización de preparaciones siguiendo el método propuesto por Bárcena (1994) y mejorado en posteriores trabajos, permite disponer de una muestra especialmente bien distribuida por la superficie a examinar al microscopio, en un grado de homogeneidad que no presentan las preparaciones confeccionadas con el método estándar de colocar una alícuota sobre un portaobjetos. En este caso sí que se

cantidad de esporas de Licopodio, empleadas como elemento tradicional de cuantificación en Microscopía (Wallis, 1968) y en especial para el estudio de microfósiles en cálculos dentales (Boyadjian, Eggers & Reinhard, 2007), observa una notable diferencia entre las muestras tratadas mediante ultrasonidos, y otros métodos severos de tratamiento<sup>48</sup>. En concreto debe tenerse en cuenta que las esporas contadas en las preparaciones, realizadas con muestras tratadas con el método del líquido pesado, se encuentran por varios centenares, mientras que las tratadas con ultrasonidos superan sólo en algunos casos la decena (Bowdery, 1998). Pero en realidad no podemos plantear que esta autora descartara el empleo de ultrasonidos, sino el método de tratamiento de muestras para el estudio de fitolitos que no contemplaba la eliminación de toda la fracción mineral y coloidal.

En base a la experiencia y resultados planteados por Bowdery (1998) solamente podemos argumentar que el empleo de ultrasonidos, con el único fin de dispersar las arcillas de forma completa, resulta un paso clave para la posterior aplicación de dichos líquidos pesados, garantizando que las arcillas no formaran parte la fracción mineral “estéril”, una vez ésta haya dejado de contener las biomineralizaciones silíceas alojadas en la matriz edáfica.

### **Pruebas con sedimentos arqueológicos y suelos.**

Las primeras pruebas con ultrasonidos se realizaron con muestras de suelos donde la presencia de arcillas podía ser elevada (Tabla 1), para ello se utilizó un baño de ultrasonidos Branson<sup>49</sup> de 220v, 60w y 50 Kc (**Figuras 194-195**). Los resultados más positivos se lograron aplicando ultrasonidos sobre muestras en las que ya se había operado una oxidación óptima de la materia orgánica, entendiéndose como tal aquella que se realiza mediante peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) en placa calefactora, a una temperatura de <100 °C. En principio no se aplicó ningún dispersante químico, que suele dar problemas al final del proceso si no se elimina totalmente de la muestra, sino que se las sometió durante 5 minutos a ultrasonidos. Posteriores pruebas aconsejaron la prolongación del tratamiento hasta 10 minutos, lo cual consigue una idónea dispersión pero aumenta el riesgo de fracturación del registro microfósil existente. Tras aplicar el tratamiento, se dejó reposar la muestra durante un

---

observan partículas que cubren a otras y que no presentan garantías completas para el cómputo de los microfósiles existentes en la muestra.

<sup>48</sup> Conclusión a la que llega igualmente la Dra. A. Korstanje (2006) en el caso de los microfósiles observados en muestras donde se ha operado su separación de la fracción mineral, donde resultan más numerosos que en las muestras donde aun se mantienen partículas minerales.

<sup>49</sup> Dpto. de Edafología y Geología (ULL). Hay que llamar la atención sobre las diferencias de potencia existentes entre los dos aparatos de ultrasonidos señalados. Para el caso del empleado en nuestras pruebas, se trataba de una potencia de 60 w y 50 Kc, mientras que el empleado, por ejemplo, por Bowdery disponía de 200w y 200 Kc. Creo que en el caso que nos ocupa, la potencia ha sido determinante para lograr óptimos resultados sin dañar en demasía el registro microfósil, como determinante es sin duda, y totalmente circunstancial por hallarse en desuso, el encontrar de forma inicial este pequeño equipo Branson, cuya baja potencia permitió no descartar rápidamente su utilización. Como quizás hubiera ocurrido de haber estado dotado de una potencia superior y el posible daño que ésta hubiese ocasionado en el registro de biomineralizaciones fósiles de las muestras tratadas.

tiempo mínimo de 9 horas, o teniendo en cuenta los periodos de reposo contenidos en tablas confeccionadas siguiendo la Ley de Stokes. Que supone la sedimentación gradual y selectiva –en medio líquido<sup>50</sup>– de todas las fracciones granulométricas<sup>51</sup>.



**Figuras 194-195**, Baño ultrasonidos Brasonic, con los botes de 50 ml y muestras en su interior.

El sifonado se realiza con bomba de vacío o manualmente, eliminando el sobrenadante hasta una altura aproximada de 2 cm. por encima de la muestra, lo que evita aspirar parte de la misma<sup>52</sup>. La operación finaliza, como ya han citado los autores mencionados, cuando el agua aparece clara y libre de arcillas, tras el periodo de reposo. Hasta el momento este procedimiento ha permitido descartar el empleo de reactivos dispersantes, acelerando la limpieza de las muestras de la fracción arcilla. El resultado es tan positivo que todos los elementos microfósiles presentes en las muestras se muestran libres de partículas inferiores a 2  $\mu\text{m}$ , tanto a nivel contextual como en su propia superficie. La observación de estos microfósiles, en especial fitolitos y algas diatomeas, una vez concluido el tratamiento, y especialmente las finas paredes de los quistes de algas crisófitas, presentan rasgos morfológicos y de ornamentación sin dañar. Aunque sí pudieron detectarse en suelos de *Arundo donax* algunas células buliformes fracturadas<sup>53</sup>, de forma tan nítida para poderlas relacionar con el efecto físico (cavitación) de los ultrasonidos (**Figura**

<sup>50</sup> Que es, en los tratamientos encaminados a las analíticas de microfósiles, siempre agua destilada.

<sup>51</sup> Primera aportación práctica recibida al respecto, Dra. A. Pinilla, CSIC, Madrid, 2002, Com. Pers.

<sup>52</sup> La posibilidad de contaminación de las muestras queda no obstante descartada casi en su totalidad, dado que el instrumento introducido en el sobrenadante solamente entra en contacto con la fracción arcilla, donde no se contienen microfósiles, en virtud de las comprobaciones llevadas a cabo con diversas muestras extraídas durante el proceso de decantado diario.

<sup>53</sup> La fracturación observada recorre, en forma curva, el morfotipo en sentido transversal cortándolo limpiamente en dos mitades. Tanto los bordes de fractura, como que ambos fragmentos se encuentren aun en posición original indica que se trata de un proceso posterior al tratamiento e incluso reciente. Por ello se asume como una consecuencia directa del efecto de los ultrasonidos y de la presión ejercida durante el proceso de confección de las preparaciones microscópicas.

198). Por el contrario, no se detectaron efectos perniciosos sobre los morfotipos de menor tamaño, como los ya mencionados.

Las pruebas realizadas indican en su mayoría que los aspectos positivos superan/compensan los negativos, basando nuestra opinión en la observación de la integridad de numerosos tipos microfósiles, pertenecientes a muestras de muy variada procedencia, que han sido tratadas con este método. No obstante, existe un relato de los hechos experimentales, que debe ser expuesto antes de llegar a exponer las consideraciones finales.

Los resultados obtenidos, con la mayoría de morfotipos microfósiles, permiten observar, con alta nitidez, todos aquellos caracteres definidores de cada grupo vegetal, con lo cual puede procederse a su completa identificación, con criterios cuantitativos incluidos, sin que entrañe riesgo para ello la presencia de las partículas minerales restantes en la muestras, esto es: limos totales (50-2  $\mu\text{m}$ ) y arenas 700-50  $\mu\text{m}$ . En ningún caso se ha observado una injerencia tal de las mismas como para comprometer las tareas de estimación micrométrica y cuantitativa de todos los microfósiles presentes en las muestras. Aunque para ello se hace necesario contar con preparaciones microscópicas con un alto grado de homogenización, de tal forma que la alícuota empleada como parte representativa de la muestra quede perfectamente distribuida por toda su superficie, lo cual hemos logrado adoptando el método de *decantación al azar* propuesto y empleado por Flores y Bárcena (1991) y posteriormente aplicado por Bárcena (1994) en sus Tesis doctoral. Los resultados indican que todos los microfósiles de naturaleza biomineral como fitolitos y microalgas –al menos en aquellos de base silíceas– presentan suficientes rasgos característicos como para ser perfectamente distinguibles del registro de partículas minerales no-eliminadas (limos y arenas finas), e igualmente cuantificados en todos sus grupos morfométricos.

No obstante, se presentan dificultades de identificación de fitolitos cuando los sustratos que los acogen contienen numerosas partículas de naturaleza altamente silicificada, como ocurre con los suelos derivados del vulcanismo reciente de Las Cañadas del Teide, y otras zonas de la Isla de Tenerife. En ellos se aprecian infinidad de partículas microscópicas de vidrio volcánico, especialmente de pumita y fonolitas<sup>54</sup>, con una densidad y comportamiento óptico similares a las biomineralizaciones silíceas (fitolitos, diatomeas, quistes y espículas), a las cuales acompañan cuando se realiza una separación densimétrica mediante líquido pesado (Polytugstato de sodio), producto químico más recomendado en la actualidad para la extracción de fitolitos (Piperno, 2006; entre otros). En estos casos se ha optado por realizar estudios detallados –de tipo morfométrico– para llegar a conocer las características de los vidrios volcánicos existentes en las Islas. Se trata en todo caso de una información nada despreciable cuando la vertiente de trabajo se orienta hacia criterios de Microscopía Arqueológica o Microarqueología.

Dada la experiencia adquirida, parece aconsejable emplear este método, teniendo en cuenta siempre la propia reacción de la muestra y sin prolongar la exposición de ésta muy por encima del umbral de dispersión de las arcillas. De hecho puede interrumpirse el tratamiento desde que se observen –lo que es bastante evidente *De visu*– cierta densidad de partículas de color ocre

---

<sup>54</sup> Ver Capítulo Resultados 5-IV, Materiales de Las Cañadas del Teide.

claro/oscuro en suspensión, por ello en algunas muestras, y luego de forma general, se ha reducido la duración de dicha exposición a 5 minutos (La Cerera) y el resultado ha sido también completamente satisfactorio. En algunos casos, donde los registros pueden contener morfotipos de baja silicificación y densidad, pero de gran importancia como formas de diagnóstico —como esqueletos silíceos de cereal o pelos unciformes del grupo de la higuera—, contenidos potencialmente en elementos líticos de molturación, se ha reducido el tiempo de exposición a 1 minuto.

Las muestras tratadas, de naturaleza arqueológica y edáfica, contenían distintos tipos de microfósiles silíceos, pareciendo especialmente interesantes las primeras, aquellas donde se agrupan morfotipos de marcada densidad y fortaleza morfológica<sup>55</sup>, pero también otros con muy escasa densidad silícea en sus elementos constituyentes. Este podría ser el caso de las paredes que conforman los quistes de algas crisófitas, e incluso gran número de algas diatomeas, siendo estas últimas sensiblemente más vulnerables a la fragmentación —por obvias razones de tamaño, forma y densidad— que las primeras, mucho más pequeñas y formas esféricas consistentes. Igualmente podría aplicarse el calificativo de formas frágiles, empleado por Letfer & Boyd (1999), a algunos morfotipos silicofitolíticos, como los elongados con ornamentación dendriforme y algunas formas bilobuladas, o incluso los esqueletos silíceos<sup>56</sup> donde es fundamental la observación detallada de su disposición interna. Las muestras tomadas aquí como ejemplo son dos y responden a dos naturalezas radicalmente opuestas. Por una parte un suelo actual donde se desarrolla un cañaveral de *Arundo donax* y por otro lado una muestra tomada en las prospecciones realizadas en Las Cañadas del Teide<sup>57</sup>; en este caso se trata de una interesante muestra superficial tomada en una zona de acumulación, claramente antrópica, de sedimentos dentro de un tubo volcánico<sup>58</sup>.

Si bien la primera de las muestras revela un registro microfósil propio de la vegetación dominante sobre el mismo (cañaveral), la segunda muestra contiene un heterogéneo registro donde pueden observarse desde silicofitolitos, algas diatomeas y quistes de resistencia de algas crisofitas. La recuperación conjunta de tales grupos microfósiles permite evaluar el grado de afectación del tratamiento sobre su integridad morfológica y ornamental. Igualmente la posibilidad de contar con materiales con un registro microfósil heterogéneo que incluye formas de escasa densidad y alta fragilidad, supone

---

<sup>55</sup> Entendiendo como tales aquellos de formas masivas, con escasas prolongaciones en su morfología y ornamentación, buenos ejemplos serían —dentro de los fitolitos de células cortas— las formas esféricas/globulares y dentro de las células largas las células buliformes y paralelepípedas.

<sup>56</sup> Definidos como secciones fosilizadas de tejido epidérmico (Miller, 1992: 129) o fitolitos agregados y articulados de las glumas (Piperno, 2007:209). En ellos se articulan células largas y cortas dejando entre las primeras espacios que adquieren formas onduladas, que según Piperno poseen características de diagnóstico en la sección proximal y media de las glumas.

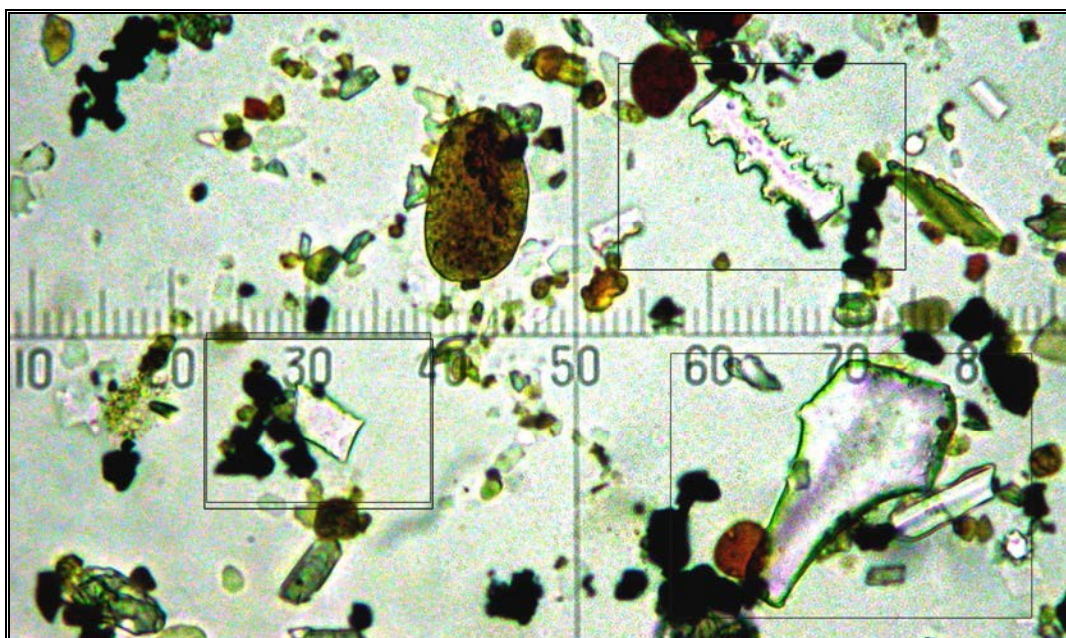
<sup>57</sup> En el marco del proyecto de Parques Nacionales *Inventario Arqueológico del Parque Nacional del Teide (2004-2007)*.

<sup>58</sup> Prospectado por el equipo de M. Arnay durante la campaña de 2006 (*Inventario Arqueológico del Parque Nacional del Teide (2003-2007)*).

evaluar la idoneidad de dicho tratamiento que, como en el caso de los ultrasonidos y de todo el método seguido de forma estándar, debe aportarnos la información necesaria para confeccionar lecturas arqueobotánicas complejas, basadas en criterios sistematizados y de alto rendimiento científico.

#### Suelo de *Arundo donax* (San Roque, La Laguna, Tenerife).

La primera muestra de este tipo, tratada con ultrasonidos, se analizó aplicando un protocolo básico donde primaba, como objetivo, la valoración del método a través de la observación de dos parámetros: la óptima dispersión y eliminación de las arcillas, y la comprobación de posible afectación al registro microfósil por fragmentación. Por ello el protocolo únicamente contemplaba la eliminación de la mayor parte de elementos cementantes —constituidos de forma genérica por materia orgánica y carbonatos— así como la realización de preparaciones microscópicas para comprobar ambos parámetros.



**Figura 196**, Partículas minerales (limos) y biomineralizaciones silíceas (recuadros) en suelos de *Arundo donax*. 400x. J.A.

La oxidación de materia orgánica se realizó con peróxido de hidrógeno (30%) en caliente (placa calefactora a 140 °C), y la de los carbonatos con la conjunción de ácido clorhídrico (HCL 10%) con ácido nítrico (HNO<sub>3</sub> 10%) también en caliente (Albert *et al.*, 1999). La muestra se lavó posteriormente con agua destilada para eliminar la fracción ácida, tras lo cual se comenzó la dispersión de las arcillas mediante ultrasonidos y decantaciones por tiempos de caída y temperatura. El tiempo empleado fue primeramente 5 minutos, aumentándose posteriormente a 10 minutos al comprobar que la dispersión era insuficiente. Desde los primeros momentos se observó que el volumen de arcillas, en suspensión, era muy superior al obtenido con tratamientos anteriores. Las muestras estuvieron disponibles, para realizar las preparaciones microscópicas, mediante el protocolo enunciado por Bárcena (1994, Tesis; 2005, Com. Pers.) tras realizar 6 ciclos completos de tratamiento de este tipo. En esta primera experiencia no se observó fragmentación en los



morfotipos dendriformes ni buliformes. Igualmente las partículas minerales y biogénicas (silicofitolitos) presentaron un contraste muy definido, suficientemente nítido como para diferenciarlos entre sí (**Figura 196**).

La definición de los márgenes de los morfotipos detectados es, en esta primera práctica, claramente perceptible, tanto para la realización de precisas estimaciones morfométricas como de ornamentación. La eliminación de la fracción arcillas podría estimarse en un 99%, apreciándose que sólo algunas de las partículas minerales de la muestra –de un tamaño inferior a las 2  $\mu\text{m}$ – podrían ser aun arcillas adheridas al resto de elementos microscópicos; en todo caso este hecho no se observa, de forma general, entre los elementos presentes en las preparaciones, tanto los de naturaleza mineral como biomineral.

De hecho, cuando se observa tal proceso –además de confirmar un fallo importante del protocolo de actuación– se consolida como el principal problema a la hora de la estimación del registro microfósil. No obstante, estos elementos de pequeño tamaño únicamente aparecen en las preparaciones realizadas con la totalidad de fracciones (pipeteado), exceptuando la menor de 2  $\mu\text{m}$ , una vez se ha procedido a su eliminación y se han realizado preparaciones siguiendo el método de la decantación al azar (Flores & Bárcena, 1990).

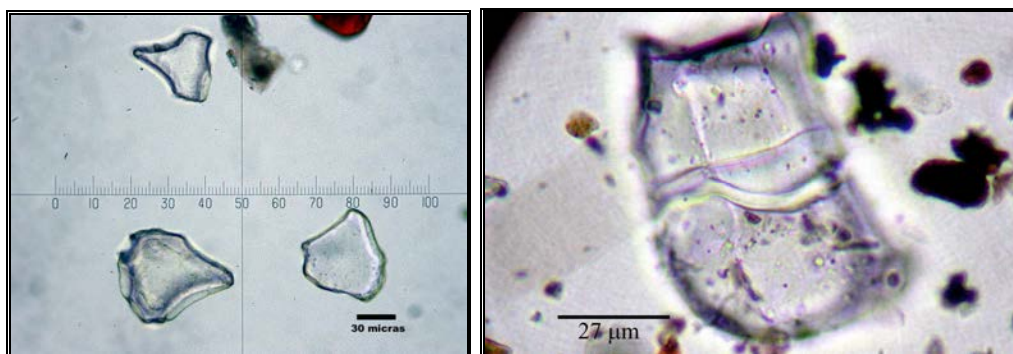
En la fracción correspondiente a las arenas 200-50  $\mu\text{m}$ , una vez realizada la separación por tamizado selectivo, pudo observarse no sólo la ausencia casi total de partículas finas menores de 2  $\mu\text{m}$ , sino una total nitidez entre partículas, tanto minerales como biogénicas (**Figura 197**). En dicha fracción, y en la muestra correspondiente a *Arundo donax*, pueden observarse, en toda su extensión y detalle, los morfotipos de células buliformes<sup>59</sup>, incluso con mayor nitidez que en las muestras obtenidas mediante los tratamientos experimentales sobre la colección de plantas de referencia (CER Fitoliteca-1).

#### **Suelos de *Phoenix canariensis* (Camino Largo, La Laguna).**

Aunque mostramos los resultados de forma más extensa en el apartado correspondiente, aquí se cita la aplicación del tratamiento de ultrasonidos a un tipo de muestras sumamente importantes a nivel experimental y analítico, pues debían contener una representación clara de un palmeral (antropizado) de *Phoenix canariensis*. Y por lo tanto, asociado al mismo, debían encontrarse sendos registros microscópicos encabezados por lo que sin duda es la tipología de fitolitos más común en suelos de costa y medianías de las Islas, como son los correspondientes a este endemismo canario. Obviamente, el tratamiento buscaba además el grado de afectación que podrían tener los ultrasonidos sobre este especial morfotipo fitolítico.

---

<sup>59</sup> Obviamente este hecho confirma el tamaño de dichas células, cuyo eje de simetría, de mayor longitud, supera las 50  $\mu\text{m}$ .



**Figura 197**, Silicofitolitos buliformes cuneiformes en suelo con *Arundo donax*, fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$ , 400x. Como puede apreciarse en la preparación, no se observan microagregados ni partículas de arcilla que dificulten la observación de todos los detalles morfométricos de este tipo de fitolitos. **Figura 198**, Fitolito de célula buliforme no-cuneiforme fragmentado, en suelo de *Arundo donax* (San Roque, La Laguna). 600x. J.A

Tras el mismo tratamiento aplicado a los suelos anteriores, pudieron ser observados los morfotipos más comunes de la familia *Palmae*, del tipo globular/esférico con ornamentación de pequeños y masivos picos; en este caso los presentes en *Phoenix canariensis* Chabaud y en todo caso con algunas posibles hibridaciones con *P. dactylifera* L.<sup>60</sup>. También se observan, de forma nítida, entre las partículas minerales correspondientes a los limos y las arenas 200-50  $\mu\text{m}$  (**Figura 199**).

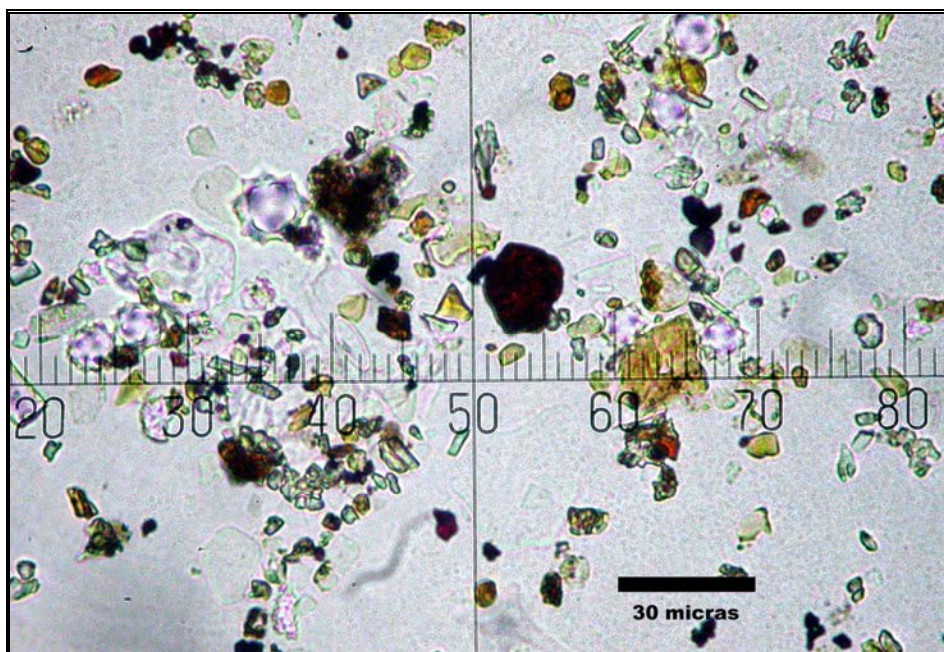
Como en el caso anterior, los elementos biogénicos son perfectamente distinguibles entre el resto de elementos microscópicos presentes en la muestra, básicamente partículas minerales correspondientes a limos y arenas 200-50  $\mu\text{m}$ . Hasta el momento, la nitidez de las preparaciones permite la cuantificación de todos ellos, tal y como se pudo comprobarse en las primeras pruebas realizadas con la aplicación del método inicialmente descrito por Flores y Bárcena (1991) para el estudio de registros paleontológicos de microalgas silíceas y silicofitolitos.

En el caso de suelos aparentemente naturales, ocupados por esta planta, se analizaron los localizados en el Valle del Ingenio<sup>61</sup> (Vallehermoso, La Gomera), muestreando estos hasta una profundidad de 10 cm. bajo la capa de materia vegetal que lo cubría, en su mayoría correspondientes a tejidos secos de palmeras. Siguiendo el protocolo MCAM se aplicaron ultrasonidos en inmersión de las muestras en agua destilada, una vez estas se encontraban libres de

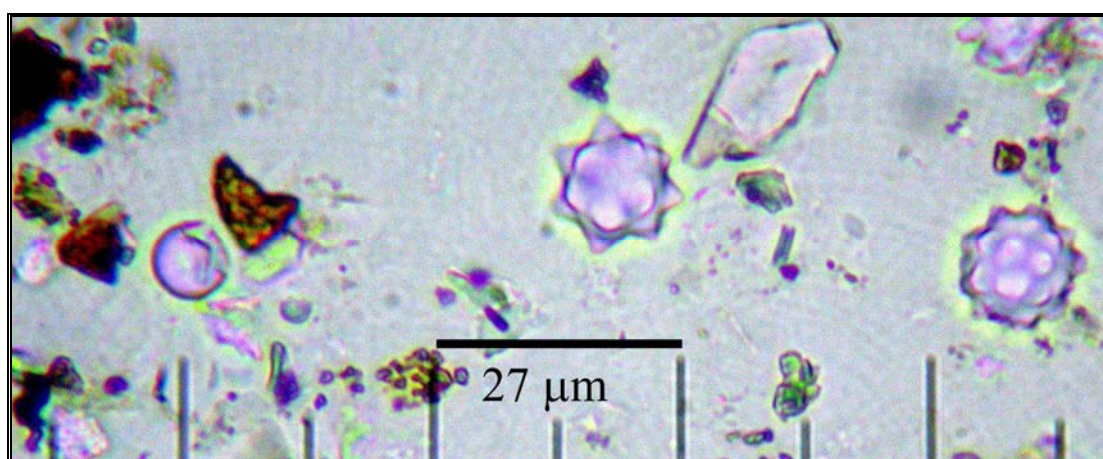
<sup>60</sup> Muestras recogidas en el paseo ajardinado conocido tradicionalmente como *Camino Largo* (La Laguna, Tenerife), donde se alinean palmeras durante varios centenares de metros. Se trata de una histórica zona ajardinada con estos ejemplares, que data del siglo XIX, y que en su mayoría pertenecen a *Phoenix canariensis* Chabaud, aunque se ha localizado, por el considerable tamaño que alcanzan sus frutos, ejemplares aislados que parecen corresponder a hibridaciones con *Phoenix dactylifera* L.

<sup>61</sup> El trabajo con este palmeral se empleó como contextualización del estudio arqueobotánico del enterramiento aborigen colectivo denominado *Acceso al Pescante de Vallehermoso* (La Gomera) bajo la dirección de J.C. Hernández (2005-2006), Arqueólogo, Cabildo Insular de La Gomera.

elementos cementantes (materia orgánica y carbonatos). Posteriormente, después de unos 5-6 ciclos, se obtuvo la muestra libre de arcillas de la que se extrajo una alícuota con la que se realizó una preparación microscópica. En este caso se volvió a comprobar la limpieza de los morfotipos esféricos, sobre los que no aparecía adherido ningún micro-agregado arcilloso. Fue especialmente importante localizar hasta tres tipos de morfotipos esféricos con diferente tipo de ornamentación que, en unos casos podría asumirse como derivación de la multiplicidad silicofitolítica existente en los tejidos aéreos de *Phoenix canariensis*, pero en otros como de la presencia conjunta —en esos suelos— de otras especies vegetales no pertenecientes a *Palmae* (Figura 200).



**Figura 199.** Silicofitolitos del género *Phoenix* sp. entre partículas minerales de la muestra Ph-CL-3., 400x, J.A.



**Figura 200,** Tres morfotipos esféricos/globulares en suelos del Palmaral del Ingenio (La Gomera). Obsérvese las diferencias en su ornamentación, que puede ser perfectamente comprobada por la inexistencia de partículas de arcilla en su superficie. 600x. J.A.

La existencia de hasta dos tipos, de fitolitos esféricos con ornamentación de picos, ha sido comprobada en varias zonas, también en la de cultivos ornamentales de La Laguna; este particular como se ha mencionado, ya había sido comentado por J. Juan-Tresserras (2004, Com. Pers.), aludiendo a una posible diferenciación biomineral en función del grado de madurez de los tejidos de la planta estudiada. Por el momento, y tal y como se expresa en el capítulo referente a las Plantas Patronas<sup>62</sup>, existen muchas posibilidades de que este hecho sea una derivación del proceso biomineral diferencial que acontece en el interior de los tejidos foliares de la planta, atendiendo a su desigual madurez y que también influye en sus silicofitolitos. A falta por determinar la pertenencia del morfotipo globular/esférico liso (*globular/spheric psilate*, ICPN 1.0) al grupo de los esféricos/globulares con ornamentación de picos, sí puede comprobarse en los tres casos la ausencia de partículas de arcilla adheridas. No obstante, no puede descartarse que dicho morfotipo pueda pertenecer al grupo de las dicotiledóneas, e incluso al de las gimnospermas, ya que en ambos han sido localizadas formas similares, en géneros como *Quercus*, *Arbutus*, *Ocotea*, *Prunus* y especies como *Myrica faya*.

A nivel experimental, puede concluirse que los fitolitos globulares equinados producidos por *P. canariensis* no resultan afectados por el tratamiento de cavitación, todo lo contrario, muestran indemnes su magníficos atributos morfométricos, los que los hacen perfectamente identificables en cualquier material donde haya habido restos de tejidos de palmeras.

#### Suelos con desarrollo de *Ficus carica*.

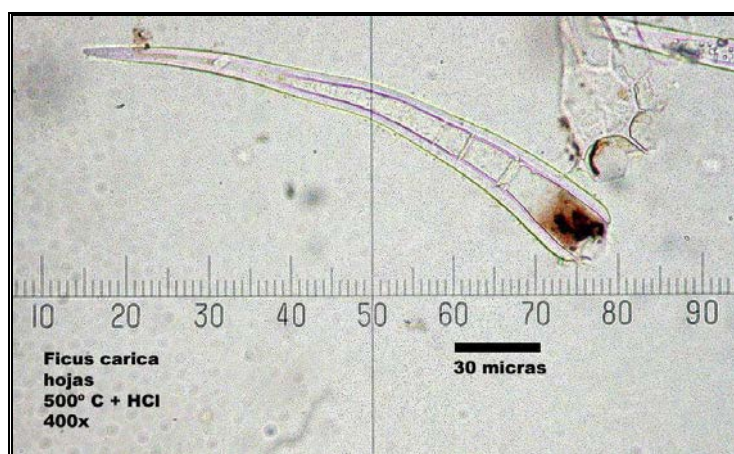
Quizá el estudio de las muestras de higuera sea el mejor ejemplo para evaluar el impacto negativo de los ultrasonidos en ciertas formas microfósiles, al menos en aquellas que calificarse como “formas frágiles”, empleando el término de Lentfer y Boyd (1999). En el caso de los tejidos foliares de *Ficus carica*, formando parte del registro de biomineralizaciones silicificadas, desarrollado por las distintas variedades existentes, se encuentran los que pueden denominarse como pelos/tricomas ondulados o unciformes<sup>63</sup> de tendencia alargada, un extremo muy apuntado y a veces marcadamente curvado, y otro mucho más ancho con paredes ligeramente más gruesas y apertura a lo ancho. La totalidad del morfotipo es hueca y presenta diferentes grosores a lo largo de toda su extensión, decreciendo hacia el extremo más apuntado. La fragilidad del mismo vendría dada por esta característica, ya que no se trata de una forma densa y masiva –aunque igualmente basada en sílice amorfo– como en la mayoría de morfotipos generados por otras especies vegetales (**Figura 201**).

El estudio de suelos, donde podían contenerse estos morfotipos, comenzó por su muestreo. Los primeros se localizaron en zona de medianías situadas en Valle de Jiménez (Tenerife) donde existen aun algunos ejemplares –asociados a antiguas tierras de cultivo– de diferentes variedades de higuera y cronología

<sup>62</sup> Capítulo Resultados 5-I.

<sup>63</sup> Aplicando los criterios contemplados en la propuesta ICPN 1.0 se les denominaría *unciform hair*.

desconocida<sup>64</sup> (Figura 202-203), y donde se recolectaron también frutos maduros y hojas. Durante dichos muestreos se localizaron ejemplares donde variaba sustancialmente el porte de la planta, y especialmente la morfología de sus hojas (Figura 5). Dado los objetivos puramente microarqueológicos de nuestro trabajo únicamente nos hemos limitado a diferenciar las variedades recolectadas mediante una simple nomenclatura de orden interno (Variedad 1, 2, etc.); buscando poder conocer las posibles variaciones morfométricas existentes en los fitolitos generados por cada una de ellas. Se deja, en todo caso, una vía accesible para una posible adscripción taxonómica, en función de las variaciones existentes en hojas y frutos, en colaboración con los investigadores que desarrollan trabajos concretos sobre la higuera en las Islas<sup>65</sup>.



**Figura 201**, Pelo unciforme silicificado, aislado desde el residuo de hojas de *Ficus carica* (variedad común de Tenerife) y obtenido mediante tratamientos de laboratorio. Aquí tanto la estructura hueca, como la estrecha morfología parecen condicionar la integridad del morfotipo a fenómenos postdeposicionales benignos. 400x.

Para comparar datos se obtuvieron y analizaron muestras de suelos, de la misma especie, en varias zonas del mencionado valle; e incluso se procedió del mismo modo con muestras de zonas de Galicia, con diferencias sustanciales en cuanto a variedad de esta especie, al menos de forma aparente. E igualmente, por los mismos motivos pero incluyendo el interés arqueobotánico, se analizaron suelos situados bajo higueras en la zona de Luxor<sup>66</sup> (Egipto).

Los primeros suelos de higuera analizados (Valle de Jiménez, Tenerife) manifestaron escasez de morfotipos silicofitolíticos como los producidos en los tejidos foliares de la planta. De hecho sólo pudieron detectarse algunos

<sup>64</sup> Pero sin duda relacionada con la implantación del modelo agrícola de época moderna en zonas con recursos y condiciones climáticas aptas para su óptimo desarrollo. De la información etnográfica recogida *in situ* se desprende que se trata de cultivos antiguos, cuya diversidad y entidad económica llegó a ser muy importante para el abastecimiento de núcleos urbanos como Santa Cruz de Tenerife y La Laguna.

<sup>65</sup> Haciendo especial referencia al Dr. Jacob Morales.

<sup>66</sup> Gracias a la amable colaboración del Dr. M.A. Molinero.

morfotipos similares muy fragmentados y de débil silicificación (**Figura 204**). Ello motivó la inspección de aquellas fracciones edáficas donde podían encontrarse concentrados. Los resultados —a pesar de la óptima calidad de estas por separado— no fueron totalmente positivos, pareciendo no poder determinarse, en función del estudio del horizonte superficial de suelo de higuera, su presencia en estos por medio de los morfotipos silicofitolíticos característicos de sus tejidos foliares.



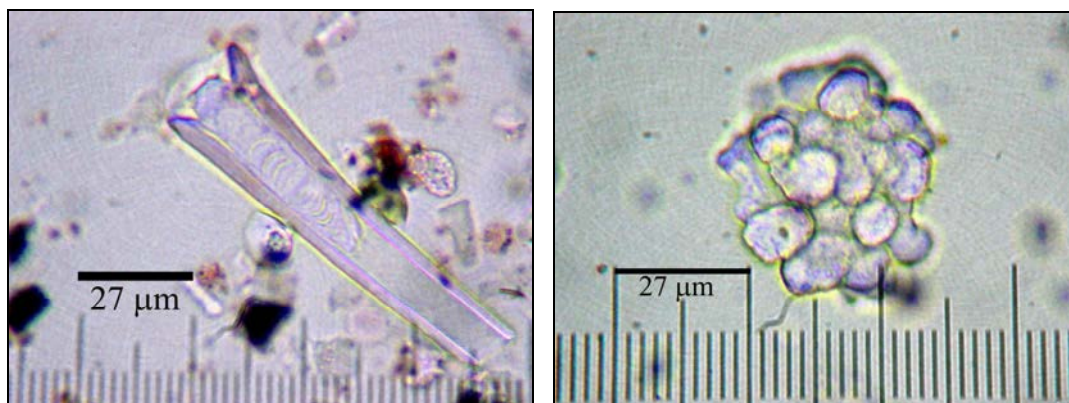
**Figuras 202 y 203**, Hojas y frutos de higuera (Variedad 1) de Valle de Jiménez fotografiados en época estival (Tenerife).

Pero tal escasez permitió el estudio de biomineralizaciones menos habituales y conocidas, como son los «*cistolitos*»; que colaboraron en la designación de aquellas biomineralizaciones de *Ficus carica* susceptibles de conservarse en el sustrato edáfico. En la fracción total (extraída mediante pipeta de precisión) se localizaron varios ejemplos claros de *cistolitos* (**Figura 205**), algo que posteriormente permitió su reconocimiento en sedimentos arqueológicos de Gran Canaria (Las Candelarias, Campaña 2005). Este tipo de biomineralización parece constituirse como un morfotipo de diagnóstico allí donde otras formas silicofitolíticas —en concreto los pelos ondulados unciformes— pueden haber desaparecido, o encontrarse tan deteriorados, por procesos postdeposicionales adversos, como para impedir su detección en los sustratos donde parece lógica su deposición<sup>67</sup>.

No obstante, a tenor de los resultados obtenidos, parece posible identificar la presencia de tejidos de esta planta mediante la presencia conjunta de ambas formas fitolíticas, pudiendo tomarse como un indicio claro de la presencia de antiguos tejidos foliares de *Ficus carica* L., reduciendo así la incertidumbre morfológica creada con la posible fragmentación de los pelos unciformes; aunque estos se revelan como el morfotipo más abundante, pero también la biomineralización más frágil de esta especie. En dicho sentido, las pruebas realizadas con baño de ultrasonidos, han funcionado como práctica experimental para reproducir —de una forma probablemente más agresiva— los procesos postdeposicionales naturales que pueden afectar al registro microfósil.

<sup>67</sup> Los *cistolitos* detectados, después de aplicar los ultrasonidos para lograr una óptima dispersión de las arcillas, presentaban perfecto estado para su estudio, siendo muy similares a los detectados mediante tratamientos de laboratorio para su aislamiento de los tejidos vegetales de *Ficus carica*.

Asumiendo que se trataba de suelos donde se desarrollaban variedades de higueras diferente a las de Tenerife, las muestras correspondientes a la zona de Galicia (Berducido, Pontevedra) y Egipto (Luxor), el análisis de las mismas derivó en la obtención de nuevos datos sobre el comportamiento de las biomineralizaciones de la higuera en suelos, en este caso uno de zona muy húmeda y clima templado, y otro bajo condiciones de extrema sequedad y clima árido.



**Figura 204 (Izqda.),** Fragmento de pelo/tricoma unciforme; **Figura 205** (Drcha.), Posible cistolito. Ambos en fracción 700-2 µm (1000 µl. desde 40 ml.) de suelo de higuera de Valle de Jiménez (Tenerife). 600x. J.A.

#### Suelos con presencia de *Triticum aestivum*.

El objetivo, en este caso, coincide con el estudio de los silicofitolitos de la higuera, las formas pertenecientes al trigo pueden, especialmente las correspondientes a los esqueletos silíceos desarrollados en las inflorescencias de sumo interés, tanto a nivel paleobotánico como arqueológico, como ya han asumido numerosos trabajos en la materia (Piperno, 2006; Ball *et al.*, 1999; entre otros). Este tipo de fitolitos igualmente pueden ser contempladas como “frágiles” al tratarse de morfotipos de escaso espesor y consistencia, especialmente los constituidos por células largas lisas (*psilate long cell phytolith*), dendriformes (*dendriform long cell phytolith*) o equinadas (*echinate long cell phytolith*) de delgado perfil y aparentemente quebradizas en sustratos como suelos y sedimentos. No obstante, el objetivo de estudio de muestras agrícolas, plantadas de cereal de trigo, buscaba igualmente localizar morfotipos más comunes, propios de los tejidos aéreos no-consumibles de la planta, como los pertenecientes a hojas y tallos de la misma. En este caso, células largas, lisas y polilobuladas, pero también cortas trapezoidales debían ser localizadas en perfecto estado para verificar la idoneidad del método.

Con el fin de evaluar su paso a suelos agrícolas cultivados con especies de *Triticum* sp. desde épocas históricas se escogió la zona de vega de La Laguna<sup>68</sup>,

<sup>68</sup> Esta zona pasa por ser una de las más aptas para cultivos de la Isla de Tenerife, hecho derivado no sólo de la potencia de sus suelos sino de las especiales condiciones biogeográficas y ecológicas existentes, derivadas a su vez de la existencia de una antigua laguna que ocupaba una amplia extensión en época prehistórica, e incluso hasta el siglo XVIII, a finales del cual parece que se confirma su total desaparición por

donde aun existen explotaciones agrícolas residuales que subsisten, por el empeño de la tradición familiar, a la creciente presión urbanística (**Figura 206**). Por ello se eligió, dentro de dicha zona, el centro de una parcela cultivada donde, en esos momentos, aun se encontraba plantado y en avanzado estado de desarrollo de plantas de trigo. Se separaron éstas y la cubierta de restos orgánicos en la superficie del suelo (10 cm.), extrayendo una muestra del horizonte superficial (A) de la tierra de labor. Igualmente, en la zona de la misma, pudo observarse como existía una barrera vegetal de cañas (*Arundo donax*) que separaba este cultivar de otras tierras anexas<sup>69</sup>, donde también se observaban en esos momentos cultivos, pero en este caso de frutales.



**Figura 206**, Campos de cultivo con trigo antes de la siega estival (San Diego, La Laguna). Obsérvese la barrera de cañaveral de *Arundo donax* que se sitúa a la derecha del campo de cereal. La muestra de suelo fue tomada en la zona de cultivo. J.A.

La observación de las preparaciones realizadas con estas muestras confirman la presencia de numerosas morfologías propias de *Poaceae* y que

---

las continuas intervenciones destinadas a su desecación y puesta en uso agrícola (Criado, 2002).

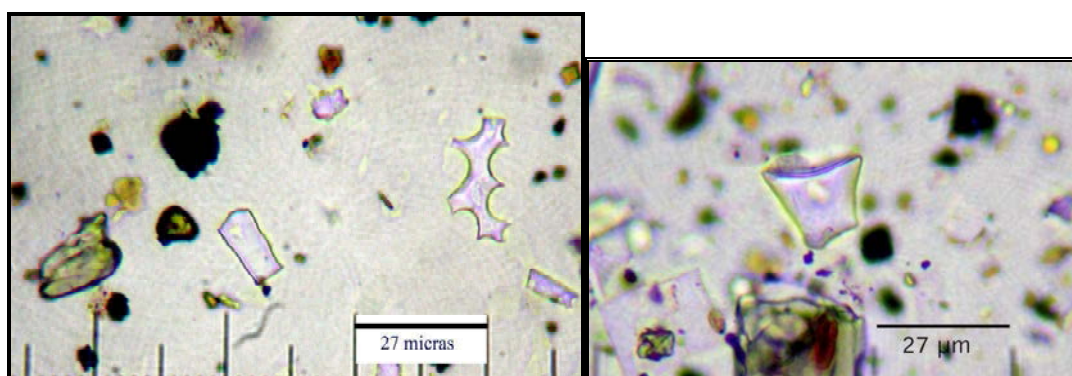
<sup>69</sup> Se pretendía en este caso comprobar la asociación de la barrera de cañas con la implantación de cultivos de cereal. Hipótesis por otro lado compleja de demostrar si no se dispone de un perfil donde se produzca la conjunción de todos los horizontes edáficos (donde estos se observen) de ambas zonas. La lectura arqueobotánica que se ha ofrecido al respecto (Afonso, 2008) es que existe una clara adopción del cultivo de *Arundo donax* paralelo, o cronológicamente relativamente posterior, a la implantación de cultivos de cereal con fines muy concretos (protección, industrias ligeras, construcción, etc.).



pueden adscribirse igualmente a plantas de cereales. El predominio de células cortas es aquí patente, las cuales se presentan obviamente sin síntomas aparentes de fragmentación mecánica, probablemente derivado de su consistencia morfológica (**Figura 208**).

Parece importante citar que es especialmente en las células largas equinadas –propias de las inflorescencias de los cereales– donde se aprecia dicho hecho (**Figura 207**), pero hasta la realización de futuras analíticas experimentales, con la misma muestra, es complejo, dado el dinamismo inducido de un suelo agrícola durante al menos cuatro siglos, plantear si dicha fragmentación deriva directamente del tratamiento actual con ultrasonidos. Igualmente la presencia de células largas polilobuladas acusan, en algunos casos, la falta de alguno de sus extremos.

En este sentido cabe destacar la identificación, dentro de la muestra correspondiente a este suelo agrícola, de células buliformes (**Figura 209**) muy probablemente pertenecientes a la “caña” (*Arundo donax*), que confirma la observación de campo previa al muestreo de suelos. Así se ha podido comprobar como el registro de fitolitos ratifica la evidente cercanía del cañaveral del lindero, aun habiendo realizado el muestreo a cierta distancia del mismo y barrera de cañas (unos 5-6 m.) y eliminando la capa superficial de materia orgánica, por lo que el análisis microscópico también manifiesta, por si mismo, su idoneidad para identificar la presencia de plantas del entorno. En todo caso el estado de estas células es de completa integridad, a pesar de que se trata de un tipo buliforme cuneiforme muy aguzado en su extremo más delgado (Eje A). En similar estado se localizaron otras células correspondientes a diversas partes de gramíneas, como los habituales apéndices epidérmicos (**Figura 210**), así como los morfotipos esféricos/globulares con picos (*globular echinate*, ICPN 1.0) propios de tejidos de palmera, hoy ausentes de la zona inmediata de las tierras de labor.

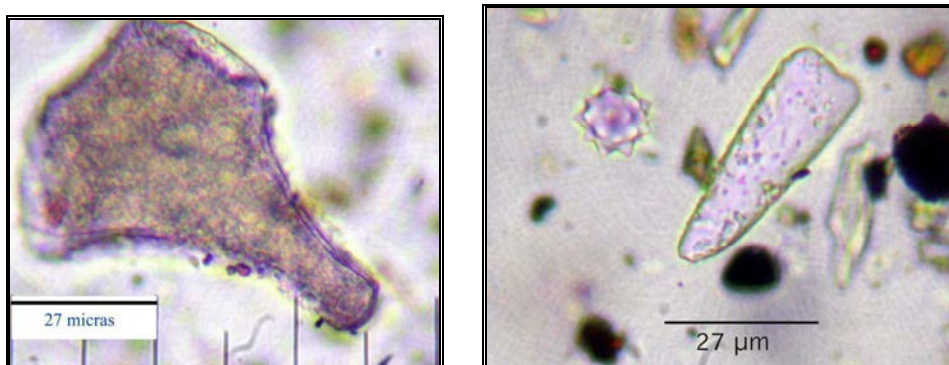


**Figura 207** (Drcha.), Fragmentos de células largas y células largas equinadas, donde quizá resulte más dañino el empleo de ultrasonidos.  
**Figura 208** (Izqda.), célula corta de tipo cónico. Ambas a 600x.

#### Pruebas con ultrasonidos en sedimentos arqueológicos.

Se han empleado muestras de muy distinta procedencia, todas pertenecientes al ámbito arqueológico de las Islas Canarias y en algunos casos de contextos biogeográficos muy dispares; por tanto formadas bajo diferentes procesos de acumulación. En el caso de las de Canarias, la gran mayoría pertenecen a secuencias espacio-temporales de la Prehistoria de las Islas y en ellas se

contienen elementos microscópicos derivados de la actividad de hábitat de época aborígen. Los objetivos buscados con esta práctica experimental era disponer de información sobre los efectos de la aplicación de ultrasonidos en los distintos tipos de sedimentos procedentes de yacimientos excavados en las Islas; que presentaban un registro microfósil muy dispar, entre los que se encontraban formas silicofitolíticas que podrían considerarse frágiles y la posibilidad de encontrar distintos tipos de oxalatos. Igualmente era importante determinar el grado de obtención de información microscópica sin dañar, y toda aquella correspondiente a distintos morfotipos microfósiles que pudieron estar relacionados con la actividad humana prehistórica. Desde el punto de vista de un único método, aplicado y muy dispares características arqueológicas, la obtención de datos sobre las características de la matriz del sedimento desde el tratamiento de laboratorio permite también evaluar su grado de idoneidad en la recuperación de las formas microfósiles más frágiles.



**Figura 209** (Izqda.), Célula buliforme cuneiforme. **Figura 210** (Drcha.), Fitolitos de apéndice epidérmico y globular/esférico equinado. Ambas a 600x.

Los yacimientos escogidos para realizar el estudio comparativo son en su mayoría correspondientes a la fase de ocupación aborígen de algunas islas como El Tendal (La Palma), Chafarí (Tenerife), Conchero La Fuente-2 (Tenerife), El Llanillo (Gran Canaria), Acceso al Pescante de Vallehermoso (La Gomera), La Cerera (Gran Canaria) y Las Candelarias (Gran Canaria). Únicamente se realizaron algunas analíticas de sedimentos históricos como los de las fosas de enterramiento de la Iglesia de Nuestra Señora de La Concepción, en este caso con una cronología de finales del siglo XVIII. Entendíamos que en tal diversidad arqueológica debían hallarse suficientes pruebas –derivadas de la heterogeneidad de sus registros microfósiles– de la idoneidad del método empleado en su tratamiento.

Se escogió una muestra de cada una de las disponibles y se sometieron al mismo protocolo de actuación (estandarizado) seguido en esta Tesis, y que se recoge en la **Tabla 12**.

### **Primeras impresiones sobre el tratamiento de ultrasonidos en sedimentos arqueológicos y suelos.**

Tras comprobar los primeros efectos del empleo de ultrasonidos en suelos y sedimentos de zonas húmedas con un inusual –hasta entonces– grado de dispersión y eliminación de arcillas, se pasó a su aplicación en sedimentos arqueológicos, lo cual resultó igualmente extremadamente positivo, aunque

para el desarrollo del protocolo MCAM supuso igualmente reconocer algunos de sus límites en cuanto a la aplicación de esta técnica como técnica de aplicación estándar.

MCAM Paso N°	Descripción
1	Secado, 60°C durante 3 días
2	Pesado, 1 g. de muestra (1,0030)
3	Introducción vaso precipitado 400/100 ml.
4	Oxidación materia orgánica, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (30%) 100°C
5	Lavado, agua desion. Mili-Q (AD), centrífuga (2000 rpm, 10´)
6	Eliminación carbonatos, HCl+HNO <sub>3</sub> (10%/puro)
7	Lavado, , centrífuga (2000 rpm, 10´)
8	Secado, 60°C, enfriado y pesado
9	Introducción vaso con rosca 50ml.
10	Dispersión arcillas: ultrasonidos (1´), hexam. Sód. 20 ml. + A.D.
11	Decantación sobrenadante, sifonado, repetit. Paso 10
12	Extracción alícuota: 500 µl x 2
13	Montaje según Método Bárcena (1994)
14	Comprobación microscópica de calidad registro microfósil

**Tabla 12,** Pasos del protocolo MCAM estándar.

### El Tendal (La Palma)

Los primeros estudios llevados a cabo con los sedimentos de este yacimiento situado en el norte de la Isla de La Palma confirmaron concentración de microfósiles silíceos (fitolitos y quistes de crisófitas) y de oxalatos de calcio (CSIC, Madrid, 2002), al menos en aquellas zonas muestreadas del yacimiento<sup>70</sup>. Especialmente relevante fue la detección de pseudomorfos de calcita en perfecto estado de preservación, lo cual fue tomado en sentido positivo con respecto a la ya planteada posibilidad de que se vieran afectados por los ultrasonidos.

### La Cerera (Aruca, Gran Canaria).

Sin duda uno de los mejores bancos de pruebas, para realizar experimentos sobre la resistencia de los registros microfósiles, son aquellos materiales que mayor concentración de estos contiene, y los sedimentos arqueológicos de La Cerera lo son. Las pruebas realizadas indican que el registro microfósil de silicofitolitos no se encuentra afectado en demasía, siendo los de células largas, lisos y estrechos (para diferenciarlos de otros con un eje B más ancho)

<sup>70</sup> Al tratarse de un estudio preliminar se escogieron al azar varios puntos. No obstante, el análisis realizado —siguiendo el protocolo enunciado por A. Pinilla (1997)— se pudo comprobar la entidad del registro microfósil una vez este se encontró libre de arcillas. En aquellos momentos se ratificó lo importante de la eliminación de la materia orgánica en las muestras mediante su inmersión en baño María. En este caso únicamente la aplicación de tal tratamiento y posterior disgregación mediante hexametáfosfato sódico fueron suficientes para lograr una visión y cuantificación clara de microfósiles (silíceos y de oxalatos).

con ornamentación equinada o no, los que parecen resultar más afectados. Quizás el mejor ejemplo de una posible fragilidad, a la cavitación provocada por los ultrasonidos, sean los esqueletos silíceos de diatomeas, un particular ya sugerido por la Dra. Pinilla<sup>71</sup>. La observación de las preparaciones realizadas con el protocolo descrito por Bárcena (1994) ofrece los conjuntos formados por este tipo de microfósiles en buen estado. De los cuales tienden a desaparecer las partículas de arcilla existentes a medida que se aplican ciclos continuos de ultrasonidos, hasta la eliminación casi total de las arcillas existentes en las muestras y las preparaciones con ellas confeccionadas<sup>72</sup>.

En todo caso, el estudio microscópico de los sedimentos de La Cerera confirma lo que el resto de lecturas arqueológicas y arqueobotánicas ya indica, y es que estamos ante sustratos que reflejan claramente la existencia de una economía eminentemente agrícola en la zona de Arucas, en época aborígen. Por ello el registro microfósil, en concreto de fitolitos, acusa sustancialmente este hecho, y lo hace mediante la alta concentración de fitolitos de células largas equinadas, cortas de tipo *Pooideae* y esqueletos silíceos donde se unen éstos a los de tipo papila (*papillae*, Rosen, 1992; entre otros). Obviamente si estamos ante el reflejo de una economía de corte frumentario, es viable nuestra valoración –del empleo de ultrasonidos– sobre sedimentos que sin duda tienen un alto componente propio de sustratos empleados para el cultivo o procesado de cereales. Desde esa perspectiva y atendiendo a los resultados obtenidos, si el efecto de los ultrasonidos puede seguirse con el aumento de microfósiles afectados por fragmentación, con respecto a las preparaciones donde no se ha aplicado esta técnica, era una tarea por comprobar.

En concreto son los mencionados fitolitos de células largas equinadas, junto con las valvas de diatomeas pennadas, los que constituyen el registro más afectado por la acción de los ultrasonidos. Por el contrario, otros numerosos tipos de fitolitos y microalgas resultan indemnes a dicha acción, incluidas todas las tipologías de pequeños quistes de crisofitas que aparecen en el sedimento. Desde tales resultados podríamos plantear que existe un factor –basado en la morfología, volumen y densidad– de los microfósiles que resulta decisivo a la hora de verse afectados por el efecto de la cavitación. Y que éste es más acusado en microfósiles de tendencia alargada y escaso espesor, como los mencionados fitolitos procedentes de las envueltas florales de los granos de cereal, que en las formas redondeadas, independientemente que estas sean huecas (como los quistes de crisofitas), masivas o de pequeño tamaño. Mientras que la mayoría del registro –en el caso de La Cerera muy diverso– no se ve afectado, sino todo lo contrario libre de partículas adheridas a su

---

<sup>71</sup> CCMA, CSIC, Madrid, 2008, Com. Pers.

<sup>72</sup> Este hecho puede seguirse en todas las Figuras correspondientes al yacimiento de La Cerera que se disponen a lo largo de esta Tesis. La aplicación de los ultrasonidos en los sedimentos de ese yacimiento, pese a tener la certeza de que en una pequeña proporción afectaron a los registros microfósiles, supuso contar con preparaciones donde las identificaciones de microfósiles eran posibles con un elevado grado de detalle. A la par que permitieron contar con estimaciones granulométricas más fidedignas sobre los contenidos, en la fracción arcilla, de la matriz portante de los conjuntos microfósiles detectados.

superficie. Lo cual desde la perspectiva de un análisis de microfósiles en detalle resulta completamente favorable.

### **Iglesia de Nuestra Señora de La Concepción.**

Las primeras analíticas de sedimentos, realizadas para la familiarización con muestras arqueológicas empleando el estudio de fitolitos en las Islas, provenían de fosas de enterramiento de esta Iglesia. Su excavación en varias campañas (1993 y 1995) por el equipo dirigido por la Dra. M. Arnay permitió la recuperación de abundantes materiales bioantropológicos y una serie de industrias asociadas a los mismos. Las diversas metodologías empleadas en su estudio, como los abundantes datos obtenidos, han permitido confeccionar numerosos trabajos sobre diversos aspectos relacionados con la población de Santa Cruz de Tenerife hasta finales del siglo XVIII, como las características del ritual de enterramiento, la dieta y alimentación así como otros aspectos directamente relacionados con la bioantropología.

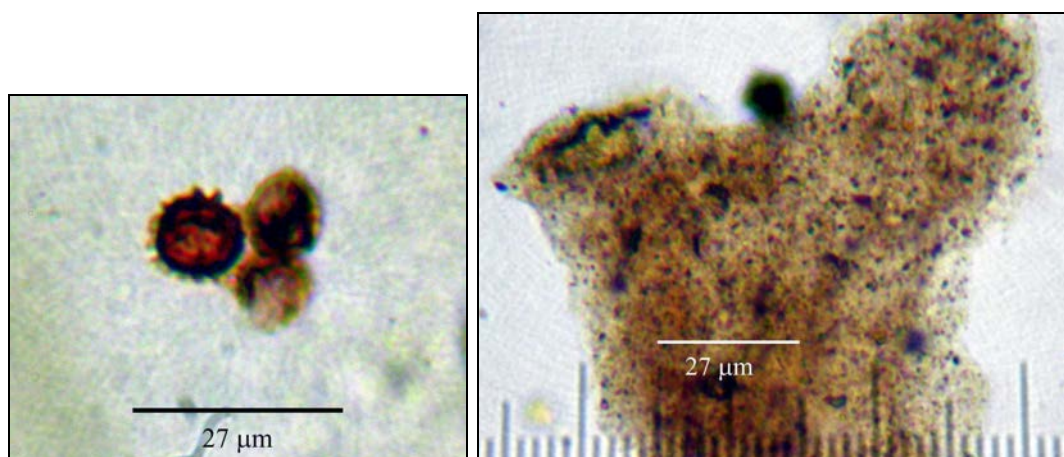
Aunque este haya sido el paquete arqueológico más estudiado, una pequeña serie de materiales arqueológicos, asociados a los cuerpos allí enterrados, nos ha permitido poner en marcha metodologías no empleadas anteriormente en Canarias, como el análisis de coprolitos y de sarro dental mineralizado (cálculos dentales). Y paralelo a ello, en una investigación que aquí se propone para el mejor conocimiento de la Historia de Santa Cruz y sus gentes, se encuentra el análisis de microfósiles en sedimentos arqueológicos y suelos de la zona. Estudio que solamente ha sido acometido en parte y con objetivos muy concretos, los cuales se especifican claramente en el capítulo correspondiente<sup>73</sup>. Y todo ello se acomete en el capítulo de Tratamiento de las Muestras —y en concreto del empleo de ultrasonidos— porque han sido los sedimentos de La Concepción los primeros en ser tratados y a los que se recurrió, como una suerte de material entrañablemente familiar, para comprobar si la metodología seleccionada para el tratamiento global de las muestras analizadas en esta tesis doctoral era suficientemente esclarecedora.

El análisis de sedimentos de las fosas (F.185 y F. 721) se llevó a cabo para evidenciar la presencia de esporas fúngicas como las presentes en dos muestras de cálculo dental (**Figura 210**) provenientes de los individuos inhumados en ellas (Afonso *et al.*, 2008a, 2011)). El método MCAM no era quizás el más idóneo para este objetivo, ya que como me fue sugerido por la Dra. A. Pinilla<sup>74</sup>, era posible que durante el proceso de decantación de las muestras sedimentarias —para la extracción de arcillas— los posibles palinomorfos existentes en las mismas, resultaran eliminados durante el sifonado de la fracción sobrenadante (<2 µm), al no presentar la densidad de la mayoría de microfósiles de naturaleza silicificada, como silicofitolitos, microalgas y restos de otros organismos acuáticos (espículas de esponjas). Por ello también se contempló el análisis microscópico de los sedimentos sin tratar, tal y como se recuperaron de las fosas de inhumación. Su observación, al microscopio óptico, confirmó que la presencia de microagregados de arcillas (**Figura 211**) hacían imposible cualquier identificación de microfósiles, especialmente los de pequeño tamaño, ya que los de tamaño moderado (> 20 µm) podían desgajarse de tales agregados y discurrir por el medio de inclusión

<sup>73</sup> Capítulo Resultados 5-IV.

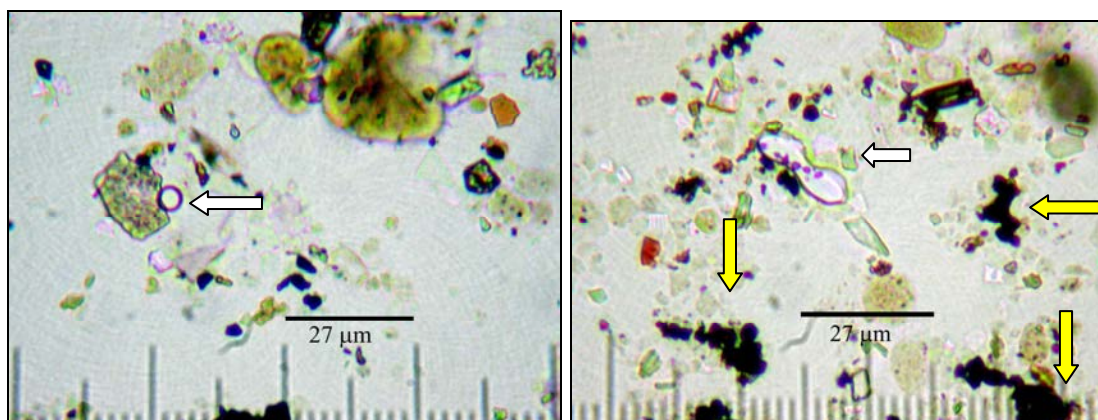
<sup>74</sup> 2008, Madrid, Com. Pers.

empleado (aldehído cinámico + aceite) siendo posible observarlos con cierto grado de nitidez.



**Figura 210** (Izqda.), Esporas fúngicas en cálculo dental, con ausencia total de partículas de arcillas tras la aplicación de ultrasonidos. **Figura 211** (Drcha.), Matriz arcillosa en sedimento de la Fosa 185 aun sin disgregar. Ambas 600x.

Para comprobar si existía una gradual ganancia de nitidez se confeccionaron preparaciones microscópicas permanentes (Permount™), realizando observaciones microscópicas con magnificaciones de 150x, 300x y 600x., tras sucesivas eliminaciones de arcillas realizadas empleando los tiempos de decantación (columna de 5 cm. y temperatura ambiente) así como mediante el tratamiento con hexametáfosfato sódico (20 ml.) y ultrasonidos (5´). Los resultados confirmaron la no presencia de esporas en las fracciones restantes (limos y arenas finas) así como una gradual ganancia de nitidez, que permitía la observación, cada vez más completa, de los microfósiles silicificados presentes en el registro microscópico (**Figura 212-213**).



**Figura 212** (Izqda.), Partículas minerales y quiste de crisofita. **Figura 213** (Drcha.). Microcarbónes (Amarillo) y silicofitolito bilobulado (Blanco). Ambas: 600x. J.A.

La principal apreciación, realizada en estas observaciones, fue la gradual percepción de los márgenes de los microfósiles señalados, que se iba incrementando a medida que se realizaban nuevos tratamientos de

ultrasonidos y eliminación de arcillas. El mismo aspecto era observado en el registro de partículas minerales, que comenzaban a diferenciarse cada vez más de sus compañeras de matriz sedimentaria, las de origen biomineral.

La únicas dudas sobre la pérdida de integridad del registro microfósil —que se configura como el principal problema en la aplicación de ultrasonidos— fueron planteadas ante la observación de los abundantes fragmentos de silicofitolitos de células largas y ornamentación equinada (*equinate*, ICPN 1.0) y dendriforme (dendriform, ICPN 1.0). Pero su estado de fragmentación podría tanto corresponder a la propia dinámica posdeposicional del sedimento como al mencionado tratamiento. En todo caso, su resultado son fragmentos bien apreciables, libres de partículas de arcillas y donde puede observarse completamente sus dimensiones así como las deferencias entre ornamentación de picos o dendriforme.

### **Suelos con alto contenido en arcillas.**

Los suelos empleados en este caso corresponden a los desarrollados bajo condiciones ambientales que han favorecido su alto contenido en arcillas, como son aquellos que en la actualidad aun sostienen la vegetación de lauráceas y ericáceas, propia de la Laurisilva, en menor o menor grado de desarrollo. Este es el caso de dos zonas como el Monteverde actual de los altos de Tegueste, en pleno Monte de Las Mercedes y otro como la zona de la cabecera este de la pista del Aeropuerto de Los Rodeos, donde es más complejo situar su cubierta vegetación con anterioridad a la conquista, de época moderna, de la Isla. Su estudio ha revelado que para conocer sus características, el tratamiento de la fracción arcilla resulta de especial relevancia<sup>75</sup>.

### **Plantas patrones de referencia: problemática asociada a la presencia de arcillas.**

El empleo de ultrasonidos para descontaminar materiales, que serán sometidos a posteriores tratamientos, es una práctica muy habitual, dado que permite separar cualquier partícula adherida a los mismos<sup>76</sup>. Tal y como hemos venido desarrollando, su aplicación en este caso ha sido orientada hacia dos objetivos. El primero de ellos lograr eliminar totalmente las partículas de arcillas localizadas en lo que debían ser residuos netos formados por silicificaciones, tras los tratamientos conducentes a tal fin. Dichas partículas se encontrarían profundamente insertadas en los tejidos vegetales, tanto como para superar los tratamientos descontaminantes previos<sup>77</sup>.

Pero también se han empleado ultrasonidos con los materiales de referencia con el fin de desestructurar las biomineralizaciones existentes en los tejidos, una vez estos habían sido sometidos a tratamientos para la eliminación de la materia orgánica que contenían dichos tejidos. La observación de las muestras de referencia, sobre todo en aquellos casos donde existe una alta tasa de biomineralizaciones silíceas, se dificulta al no conseguir separar muchas de las

---

<sup>75</sup> Ver Capítulo Resultados 5-V.

<sup>76</sup> Las aplicaciones de este concepto son muy amplias, como lo son otras que derivan del poder desagregador de los ultrasonidos.

<sup>77</sup> Ver en este mismo Capítulo con referencia al lavado exhaustivo que deben seguir las plantas patrones.

células silíceas unas de otras. Este particular supone el no poder realizar las necesarias labores de examen micrométrico sobre dichas células, y por tanto no lograr una definición métrica de los principales ejes de simetría y atributos ornamentales que determinan una forma fitolítica u otra.

#### **Residuos de industrias líticas.**

Pese a la desigual opinión, ya citada, al respecto del uso de ultrasonidos en la extracción de microfósiles, su empleo ya se contempla en el tratamiento de distintos materiales arqueológicos con el fin de lograr extraerle su posible registro microfósil, en especial de fitolitos y gránulos de almidón, en concreto desde distintos tipos de elementos líticos de molturación, de factura prehistórica (Portillo, 2006). Por ello se emplearon, aunque con sustanciales variaciones en su aplicación, en el tratamiento de los residuos obtenidos en industrias líticas (elementos de molturación) de La Cerera (Aruca. Gran Canaria) con el objetivo de lograr desagregar las arcillas acumuladas sobre los mismos. De este modo se pretendía además lograr una comparación, lo más correcta posible, entre el registro microfósil propio de posibles prácticas de molturación (que se denominó residuo “B”) y el presente en los sedimentos adheridos a las mencionadas industrias a lo largo del tiempo (como residuo “A”).

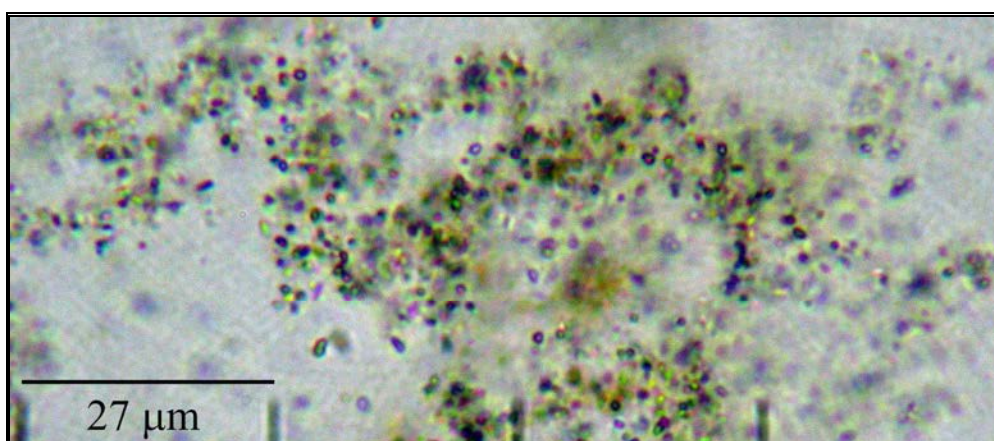
Los residuos extraídos de una veintena de piezas de este yacimiento grancañario mostraron previamente una considerable cantidad de sedimentos adheridos, lo cual obviamente iba a dificultar el objetivo de dirimir la presencia de residuos aptos para un estudio arqueobotánico. Una vez disponibles los mismos –tras extraerlos mediante agua destilada a presión y cepillado húmedo respectivamente– en botes plásticos de hasta 7 cm. de alto y entre 50 y 100 ml. de capacidad, se procedió a decantarlos hasta situar, la solución de residuo-agua destilada, enrasada a una altura de columna de 5 cm..

Posteriormente se les introdujo, primeramente de forma muy somera, en la cubeta del baño de ultrasonidos mencionado, por espacio de 1 minuto, y posteriormente a un enérgico agitado manual hasta observar buena dispersión, la cual ya era apreciable tras la breve exposición a los ultrasonidos. Luego se les dejó reposar por un tiempo medio de 4 horas y media, variando las posteriores extracciones en función de la temperatura ambiente del agua (18° C) hasta proceder a un sifonado, el cual se realizó con ayuda de un sifón manual, que eliminó la columna de agua hasta 1 cm. del fondo, en los envases con menor cantidad de muestra se observó asimismo que no se aspiraba, con esta extracción, el residuo ya depositado en el fondo. Para comprobar este particular, se reservó una parte del sobrenadante extraído para realizar una preparación microscópica de control, la cual se elaboró con alícuotas de ambos residuos (A y B). Tras extraer el líquido sobrenadante secando la muestra en estufa de laboratorio a 50 °C se realizaron estas con el medio de inclusión para preparaciones eventuales (aldehído cinámico + aceite). Se comprobó que el tamaño de las partículas contenidas en el sobrenadante, eran en su totalidad <2 µm., es decir arcillas, aunque estas se agrupaban en algunos casos formando agregados masivos, resultado posiblemente de la mencionada desecación (Figura 214 y 216).



Dicho proceder se ha repetido en numerosas ocasiones, aprovechando los tratamientos sobre muestras de sedimentos y suelos de diferente procedencia y naturaleza, con el fin de evaluar las características de la fracción extraída, en disolución y como sobrenadante, correspondiente siempre al rango de partícula  $<2\ \mu\text{m}$ . En todos los casos, su observación microscópica (400-600x) recoge siempre la misma impresión: una masa más o menos uniforme de partículas muy unidas entre sí y de tamaño muy homogéneo. Entre las cuales, en ocasiones, se observa algún grano de almidón o fitolito de sílice aislado (**Figuras 215**). También en algunas ocasiones se observan diminutos cristales de oxalato de calcio.

En ningún caso se ha observado concentración de microfósiles de ningún tipo más allá de la presencia aislada de morfotipos muy concretos, que en función de la altísima densidad de partículas  $<2\ \mu\text{m}$  confirman que se trata de las excepciones que confirman la norma, y en este caso también lo acertado del método de desagregación y no menos el de extracción.

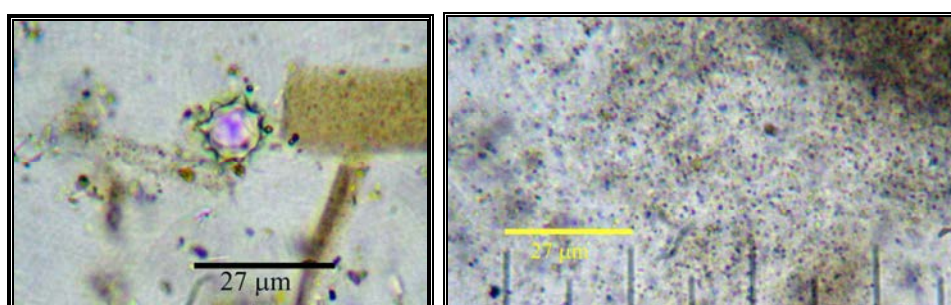


**Figura 214**, Partículas de arcilla en el residuo «B» de los molinos de La Cerera. 600x. J.A.

Dichas observaciones-control confirman la idoneidad del método de extracción, tanto en la desagregación efectiva –pero no lesiva para el posible conjunto microfósil– de los ultrasonidos aplicados, como en la eliminación de éstas. Entre dichas partículas no se observaba ningún fragmento de los mismos, aunque se conoce que el registro sedimentológico de La Cerera es uno de los más ricos –entre los observados hasta el momento– en microfósiles de base silicificada de todo tipo (fitolitos, diatomeas, etc.). Solamente en algunos casos se comprobó –durante las numerosas inspecciones sobre extracciones y preparaciones control– la presencia de algunos morfotipos silicofitolíticos, en concreto de formas alargadas lisas (elongate psilate, ICPN 1.0) de pequeño tamaño, propias de tejidos de gramíneas (*Poaceae*) y las características esféricas con decoración de picos (globular equinate, ICPN 1.0) correspondientes a la familia *Palmae* (**Figura 215**). Igualmente, desde la inspección microscópica a 600x se detectaron casos aislados de fitolitos de células cortas trapezoidales (*Poaceae*) y alargadas de ornamentación con salientes apuntados (elongate psilate, ICPN 1.0) pero solamente bajo la forma de fragmentos de muy pequeño tamaño (extremo del ejemplar).

### Variaciones experimentales en el protocolo de extracción de arcillas.

Atendiendo a la observación del comportamiento de las muestras, con elevado contenido en arcillas, se procedió a comprobar la idoneidad del ciclo dispersión-decantación empleando recipientes de menor volumen que los habituales vasos de 400-600 ml., para someterlos a baño de ultrasonidos. Para este cometido, la elección de botes plásticos de 50 ml. con tapa de rosca, empleados en el protocolo seguido por Bárcena (1994 y posteriores) resultaba idónea, ya que no sólo garantizaba el volumen de solución a enrasar (40 ml.) sino que lo hacía evitando contaminaciones y pérdidas de muestra, la menos durante el tiempo de durase el tratamiento de eliminación de arcillas. Efectivamente se comprobó que existía una relación directa entre el volumen de líquido (agua destilada + muestra en disolución) y la acción del baño de ultrasonidos, independientemente del tiempo de duración del tratamiento de dispersión.



**Figura 215**, Silicofitolito esférico/globular equinado entre arcillas y microagregados de arcillas sobrenadantes, extraídas desde una columna de solución de 5 cm. **Figura 216**, Partículas de arcilla en el residuo «A» de los molinos de La Cerera. 600x. J.A.

El trabajo con muestras muy ricas en arcillas, como las provenientes de suelos desarrollados bajo condiciones ambientales propias de la laurisilva (Perfil Coromoto 2005) reveló que llegado un determinado número de extracciones, en vasos de precipitado de 400 ml. (forma alta), o de 600 ml. (forma normal), como los que venían siendo empleados en este menester, se detenía la dispersión de las arcillas restantes. Aun añadiendo nuevas cantidades del dispersante químico empleado (hexametáfosfato sódico), la dispersión y extracción de cantidades de arcillas tenía sus límites. Aspecto que ya señalara A. Pinilla<sup>78</sup>, aludiendo a los geles de arcilla remanentes y lo complejo de su eliminación.

Este particular fue detectado una vez se dio por terminada la extracción de arcillas al presentar, las muestras bajo una columna de agua de 10 cm., falta de turbidez, como se venía proponiendo en varios protocolos al respecto. La comprobación de la presencia de arcillas se realizó cuando, después de extraer una alícuota y sometiéndola a examen microscópico, se detectaron escasos, pero aun presentes, microagregados arcillosos, los cuales aglutinaban

<sup>78</sup> Documentación interna (CCMA, CSIC, Dpto. de Suelos) sobre los protocolos tendentes al tratamiento de suelos con el objetivo de lograr la obtención de la fracción limo (50-2 µm).

en su seno otras partículas minerales, en especial de limos, y también algunos tipos de silicofitolitos .

Tras esta comprobación, y el debate del problema<sup>79</sup>, se llegó a la conclusión de que se debía probar un método alternativo, que afinara o al menos comprobara si el problema de las arcillas remanentes podía superarse<sup>80</sup>. Este surgió, de forma inesperada, al intentar deflocular las arcillas restantes dentro de recipientes de menor volumen que los empleados en los granulométricos convencionales (400 ml.), en este caso se emplearon los tubos plásticos donde debía llevarse a cabo la extracción de alícuotas para realizar preparaciones microscópicas. Entonces se empleó un tubo plástico con tapa de 50 ml con escasos 1-2 cm. de muestra disuelta en agua destilada y se sometió a ultrasonidos por espacio de 5 minutos. Tras comprobar una inusual turbidez, no observada en los vasos de 400 ml., se procedió a enrasar la solución a 40 ml. comprobando la persistencia de la turbidez, la cual se mantuvo por espacio de 4 horas, extrayendo una nueva alícuota de control que se pasó nuevamente al microscopio, en la misma solamente se observaron partículas <2 µm en suspensión.

### **Reestructuración de tablas de tiempos de caída, temperatura y tamaño de partícula.**

Para llevar a cabo extracciones de arcilla que atendieran a ello, se debieron recalcular las tablas empleadas para la separación de las fracciones limo y arcillas empleadas en el laboratorio de Suelos del CCMA (CSIC, Madrid). En estas tablas, que siguen los parámetros propuestos en la Ley de Stokes, se estiman los tiempos de caída por tamaño de partículas atendiendo a su suspensión en una columna de agua de 10 cm. Las nuevas tablas, recalculadas para una columna de 5 cm., reducían obviamente el tiempo medio a la mitad, con lo cual las extracciones pasaban a realizarse de 8 horas a 4. Lo cual supuso que en un mismo día podían realizarse hasta tres extracciones de arcillas, tras sus correspondientes ciclos de desagregación por ultrasonidos. Aunque el volumen de extracción se reducía drásticamente, cuando la cantidad de arcillas era mínima ésta podía aun ser comprobada en los pequeños tubos enrasados a 40 ml. El seguimiento microscópico de las primeras muestras sometidas a este protocolo confirmó, efectivamente, que cuando las muestras presentaban nitidez, tras el último ciclo de ultrasonidos —transcurridos los tiempos de caída por temperatura de la que denominamos Tabla II—, las

---

<sup>79</sup> Para ello fue fundamental contar con el asesoramiento de las Dras. C.D. Arbelo (Com. Pers. 2007) y A. Pinilla (Com. Pers. 2008), que entendieron viable una modificación del método, siempre que se realizaran los oportunos cambios en los tiempos de caída, y estos en función de los de volumen y columna de agua de 5 cm., frente a los anteriores 10 cm..

<sup>80</sup> En todo caso, el motivo de tal insistencia venía dado por lograr unas preparaciones microscópicas donde no existiera cohesión entre partículas, lo cual redundaría en permitirnos operar con las concentraciones idóneas de las mismas hasta lograr observaciones completamente nítidas y adecuadas en concentración como para realizar sendos estudios de microfósiles. Aspecto fundamental para un protocolo básico que no contempla la separación por densidades (flotación) de la fracción biomineral de la mineral.

preparaciones presentaban completa ausencia de partículas  $<2 \mu\text{m}$  y total disgregación entre las restantes, tanto biominerales como minerales.

El resultado de esta experiencia finalmente aportó la prueba, con toda una batería de muestras, de que era posible confirmar la hipótesis de reducir el tiempo de decantación de fracciones (8-9 horas) a la mitad, en virtud también de la reducción –en la misma proporción– de la columna de agua necesaria habitualmente (10 cm.), con el fin de facilitar el tratamiento de ultrasonidos en un volumen de suspensión (muestra + agua desionizada) sustancialmente más limitado (**Figuras 217-218**).

Y sobre todo poder contar con un paso que, aunque se sumaba a los dados para disponer de muestras libres de la fracción arcillas, permitía ultimar este proceso, como hasta entonces sólo se había logrado en contadas ocasiones. Este particular, ya citado como de suma importancia para lograr una visualización de calidad sobre el registro microfósil, se comenzaba a conseguir, y no precisamente con la aplicación del método de flotación en líquido pesado que goza de gran aceptación. Pero sin entrar a valorar la importancia que le prestan numerosos investigadores en la materia, he de afirmar en vistas de los resultados obtenidos, donde colabora la experiencia sintetizada por Pinilla y Bustillo (1997, entre otros) y Bárcena (1994, entre otros), igualmente puede llegarse a definir con corrección y fiabilidad –cualitativa y cuantitativamente hablando– las características del registro microfósil de una muestra arqueológica, edáfica o paleontológica<sup>81</sup>. Si de paso, el método empleado contempla el posterior fraccionamiento de éstas, para averiguar la textura de cada una de ellas, tendremos a nuestra disposición un conjunto de valiosos datos que permitirán conocer, ya no sólo el registro microscópico, sino algunas de las características de la matriz que los engloba, algo que a nivel de explicación arqueológica o edáfica, permite realizar una compleja lectura sobre la génesis de ambos registros analizados.



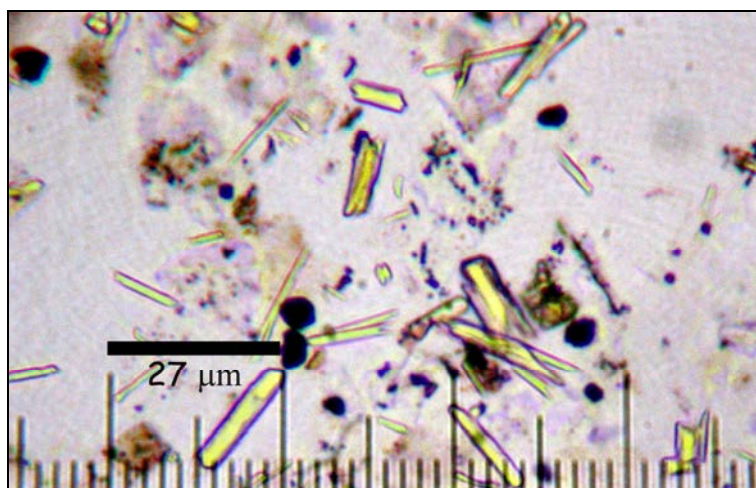
**Figuras 217 y 218**, Recipientes con muestra en suspensión enrasada a 40 ml., con arcillas en suspensión tras sesión de ultrasonidos. J.A.

Uno de esos datos –el contenido en la fracción  $<2 \mu\text{m}$ – ha sido obtenido de forma indirecta pero obrando siempre en nuestro favor, a través de las sucesivas pesadas a que se someten las muestras tras cada tratamiento de

<sup>81</sup> Aunque obviamente existen diferencias en los resultados cuantitativos obtenidos mediante la flotación de la muestra, tal y como demostró Bowdery (1998) y posteriormente Korstanje (2006), 2011, Com. Pers.

laboratorio. Cuanto mayor sea el grado de dispersión de las arcillas, mejor será su proceso de eliminación y por tanto la fiabilidad de las estimaciones del resto de fracciones, que al estar exentas de la capacidad agregadora de éstas, pueden ser tamizadas, registrado su peso y recogidas libres de arcillas. Confiando en que los pesos corresponderán siempre a limos y arenas (separadas en dos fracciones), que en la suma de sus pesos y diferencia con el peso de partida tras la exposición a reactivos químicos nos mostrará el contenido en dicha fracción  $<2 \mu\text{m}$ .

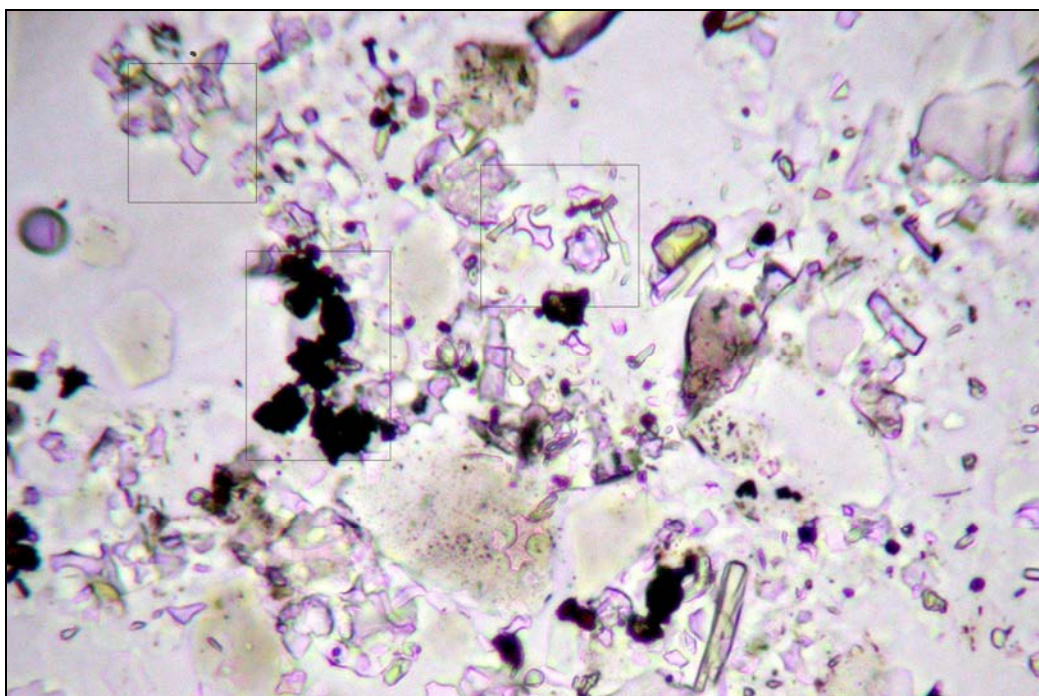
En definitiva, pese a que no suponga un avance significativo en materia de aislamiento completo de microfósiles desde el sustrato de acogida, el método funciona para el objetivo de lograr muestras representativas de suelos y sedimentos totalmente libres de arcillas. Es este objetivo y fin el que permite que puedan establecerse lecturas arqueobotánicas basadas en la detección y valoración de microfósiles vegetales (silicofitolitos, oxalatos y microalgas especialmente) en contextos arqueológicos y/o paleoambientales. Y si bien parecería que la primera opción del método es lograr una visualización perfecta (nítida y sin agregados) de los microfósiles señalados, no es menos importante la que permite valorar de forma cuantitativa preliminar, la concentración de éstos entre las partículas minerales a las que “se les ha permitido” permanecer en la muestra final (limos y arenas hasta aproximadamente  $700 \mu\text{m}$ ), con la que se confeccionan las preparaciones necesarias para una correcta inspección microscópica. Obviamente un objetivo revierte en el otro: la correcta identificación del mayor número posible de microfósiles (representativos de diferentes grupos vegetales) solamente podrá llevarse a cabo cuando éstos son absolutamente reconocibles.



**Figura 219**, Piroxenos de augita en el paleosuelo de la Fuente de Joco, 600x.

Y no es una opción, ésta última, poco compleja –asumida por el protocolo final– sino todo lo contrario, ya que adquiere la importancia de un tipo de recuento estandarizado de los grupos microfósiles presentes en las muestras, siendo fundamental la primera impresión, la ofrecida por la primera apreciación de las muestras a bajos y altos aumentos microscópicos, que indica, en relación con las partículas minerales

existentes, la concentración de silicofitolitos o microalgas silíceas. Este hecho puede perfectamente ilustrarse en la observación de dos muestras tan dispares como las pertenecientes al almagre de Fuente Joco (Tenerife) y al sedimento arqueológico de La Cerera (CE-2.5). Mientras que en la primera solamente se perciben infinidad de cristales de piroxenos de augita (**Figura 219**), en la segunda los silicofitolitos y sus fragmentos superan la concentración de partículas minerales (**Figura 220**), la nitidez en este caso de la preparación permite, ya a 400x, identificar al menos tres grupos microfósiles formados por silicofitolitos de células largas dendriformes, correspondientes a la inflorescencia de gramíneas, posiblemente cultivadas, los esférico-globulares de ornamentación de picos que confirman la presencia de palmeras, con alta probabilidad de pertenecer a *Phoenix canariensis*, y un tercer grupo con escasas posibilidades de reconocimiento taxonómico como son los microcarbones (**Figura 220**, en negro).



**Figura 220**, Sedimento arqueológico de La Cerera (CE-2.5), con una eliminación de la fracción arcilla que supera el 95% y especial fragmentación de silicofitolitos de células largas dendriformes. En los recuadros se señalan dichos fragmentos y además la existencia de microcarbones y fitolitos globulares equinados. 400x. J.A.

El protocolo contemplado en el MCAM incluiría así de un método concreto para la dispersión de arcillas, requiriendo de recipientes, volúmenes y tratamientos específicos. Los cuales emplearían una primera dispersión química (hexametáfosfato sódico) en conjunción con el baño de ultrasonidos (hasta 2 minutos máximo) y posteriormente solamente con ultrasonidos hasta completar la eliminación de las arcillas, cuando éstas ya no se observaran en suspensión. A juzgar por los resultados obtenidos en suelos y sedimentos, el protocolo final responde perfectamente a los objetivos buscados, logrando preparaciones estandarizadas donde pueden adoptarse perfectamente

criterios evaluadores, cualitativos y cuantitativos, sobre el registro microfósil presente en las muestras.

### **Estructuración final del método de tratamiento de suelos y sedimentos mediante el protocolo MCAM.**

Atendiendo a todos los aspectos mencionados, la estructuración final del método contempla el tratamiento de las muestras de suelos y sedimentos con el fin de lograr obtener una fracción conjunta final, situada entre 700-2  $\mu\text{m}$ , donde solamente contienen partículas minerales y biominerales libres de elementos cementantes y partículas de arcilla.

Cuando se ha dado por finalizado el apartado experimental de esta Tesis se plantea la posibilidad de realizar dos tipos de protocolos, cuya versión más completa se especifica a continuación. Y que básicamente se diferencia de la versión más simplificada en permitir conocer las concentraciones de los microfósiles designados por fracciones concretas, especialmente la de los limos, dado que es aquí donde se suelen encontrar la mayoría de los existentes en una muestra dada. Los pasos de los que consta el protocolo completo son los siguientes:

#### **Paso 1. Tratamiento previo.**

Secado de la muestra a 60°C durante 48 horas (mínimo).

#### **Paso 2. Pesado**

Pesado de entre 1 (1,0030) y 5 g. de muestra dependiendo disponibilidad y objetivos.

#### **Paso 3. Oxidación de la materia orgánica.**

Colocación en vasos de precipitado cristal de 100 o 400 ml. Añadido de 20 ml. de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (33%) en pequeñas dosis, sobre placa calefactora a 100°C. Remover de vez en cuando para evitar agregación en el fondo del recipiente. Añadir más cantidad (todas las muestras) en función de reacción de la materia orgánica existente.

#### **Paso 4. Lavado mediante centrifugación.**

Se pasan las muestras a tubos de centrífuga de 50 ml con rosca, se enrasa a ese volumen y se centrifuga por espacio de 10' a 2.000 rpm. Decantación de sobrenadante. Agitación mecánica de la muestra para despegarla del fondo, nuevo enrasado con agua destilada a 50 ml. Repetición de ciclos de lavado y decantado entre 3-4 veces.

#### **Paso 5. Secado y pesado de la muestra resultante.**

#### **Paso 6. Eliminación de carbonatos**

Se siguen los pasos descritos en el protocolo ya descritos en pp. 350-351.

#### **Paso 7. Lavado mediante centrifugación.**

Repetición Paso 4

#### **Paso 8. Secado y pesado de la muestra resultante.**

#### **Paso 9. Desagregación de las arcillas.**

Las muestras se introducen en recipientes plásticos con tapa de rosca de 50 ml, se añaden 20 ml. de hexametáfosfato sódico y se colocan por 1-2' en baño de ultrasonidos. Posteriormente se enrasa hasta 40 ml. Con agua destilada, se cierran y agitan enérgicamente hasta que no se observan adherencias al fondo del recipiente. Reposo según Tabla II.

#### Paso 10. Eliminación fracción arcilla.

Las muestras se dejan reposar durante los tiempos que indican las tablas para la temperatura ambiente y 5 cm. de columna de agua. Transcurrido ese tiempo se decanta el sobrenadante hasta una altura aproximada de 1 cm., con cuidado de no absorber el fondo y se repite el Paso 9. Los ciclos de los Pasos 9 y 10 se repiten hasta no observar partículas en suspensión una vez transcurridos los tiempos indicados en las tablas.

#### Paso 11. Confección de preparaciones microscópicas: extracción y decantación de muestras en suspensión.

El primer paso consiste en la preparación de los recipientes y material fungible para realizar las preparaciones. Se han empleado cápsulas de Petri con un diámetro medio de 4 cm. y portaobjetos de 2x2 cm., que se coloca en el fondo de la cápsula, la cual se enrasa con agua destilada hasta su borde. Con una pipeta de precisión se extraen 500  $\mu$ l después de agitar la muestra enérgicamente y se inyecta en la cápsula lentamente para garantizar una correcta dispersión. Se dejan reposar por un tiempo no inferior a cuatro horas y se decantan las cápsulas con ayuda de papel secante.

#### Paso 12. Montaje de preparaciones.

Se extraen los cubreobjetos de las cápsulas y se colocan en una placa calefactora a 80°C hasta comprobar que están completamente secos. Se añaden dos gotas de Permout® y se sellan con el portaobjetos, aplicando presión para lograr un óptimo sellado de la preparación, extrayendo todas las burbujas que sean posibles. Reposo y posterior eliminación de sobrantes de medio de inclusión con ayuda de un bisturí.

#### Paso 13. Fraccionamiento.

Las muestras en botes de 40 ml. se hacen pasar por una batería de tamices de 200 y 50  $\mu$ m de luz situados por encima de un vaso de precipitado de 3 litros, aplicando abundante agua destilada y ayudándonos con un pincel fino, se lavan las fracciones hasta que se considera que han pasado todas a sus respectivos tamices y vaso. Se logra así disponer de la fracción arena >200  $\mu$ m, 200-50  $\mu$ m y <50  $\mu$ m. Con ayuda de agua a presión (punta de pipeta fina) se separan las muestras de los tamices y se depositan en cápsulas de porcelana redondas de fondo curvo, que facilita su posterior extracción. Las cápsulas con las muestras son introducidas en una estufa a 60°C donde permanecen durante un mínimo de 48 horas secándose. Posteriormente son sacadas e introducidas en un desecador con gel de sílice durante ½ hora.

#### Paso 14. Secado y Pesado.



### Paso 15. Estimación de % asociados a contenidos en CaCO<sub>3</sub>, materia orgánica y fracciones granulométricas.

Los pesos obtenidos tras los sucesivos tratamientos permiten estimar, en unos casos por pérdida de peso y otros por diferencia con los iniciales tanto los % en carbonatos, materia orgánica oxidable y fracciones granulométricas. Tal y como se ejemplifica en las tablas de resultados, podemos llegar así a conocer algunas características básicas de la matriz que alberga los microfósiles que intentarán ser identificados en las preparaciones microscópicas mencionadas. Y a su vez confeccionar gráficos explicativos y comparativos que permiten establecer posibles relaciones entre las características detectadas y cuantificadas y las de los registros microfósiles presentes en las muestras.

#### **Valoración inicial del método empleado sobre el registro de microfósiles silicificados.**

Anteponiéndome al Capítulo de Resultados, y dada la relevancia del empleo de esta técnica como método estandarizado de dispersión, debo plantear que las conclusiones iniciales<sup>82</sup>, sobre la problemática de la dispersión y eliminación de arcillas y su posible solución mediante el empleo de ultrasonidos en dosis bajas confirman la posible afectación de parte del registro microfósil, lo cual confirma lo expresado por Lefter & Boyd (1999) y diversas opiniones recogidas una vez asumimos como método estandarizado –aunque siempre en fase de pruebas–, el tratamiento con ultrasonidos (Pinilla, 2009; Bárcena, 2010). De todo el conjunto de microfósiles, tomado como base empírica de esta tesis, existen algunas morfologías que pueden resultar gravemente dañadas –por fragmentación–, hecho que finalmente desaconsejó una exposición masiva, a lo que parecía un método simple pero eficaz en todo el proceso metodológico de tratamiento y extracción de microfósiles. Ha de entenderse que dicho proceder buscaba verificar si era posible llegar a resultados de máxima nitidez en el registro microfósil presente en muestras de suelo y sedimentos, estos es: sin partículas de arcilla adheridas y/o formando microagregados.

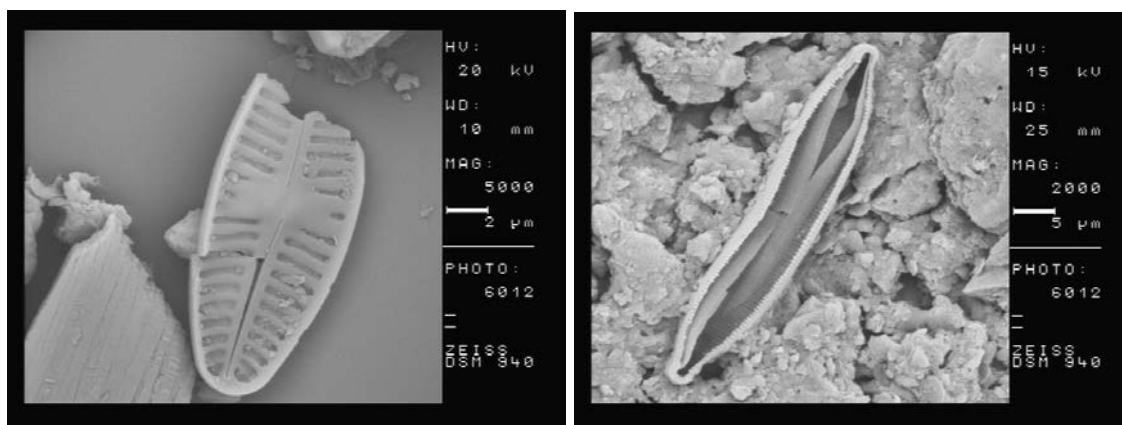
En algunos casos se han suscitado dudas que aconsejaron una verificación, como en los casos de las valvas de diatomeas y algunas tipologías de fitolitos. Este particular ya nos fue sugerido anteriormente, en las fases preliminares de aplicación, indicando que las paredes de las mismas resultaban fragmentadas prácticamente en su totalidad (Pinilla, 2008, Com.Pers.). Efectivamente, en las conclusiones sobre la idoneidad del empleo de ultrasonidos como tratamiento sistemático, los resultados con el registro de microalgas, como parte del conjunto tomado como fundamental base empírica de nuestra tesis, indican que el tratamiento debe tener limitaciones de uso. La comprobación del estado de las diatomeas presentes en muestras, tratadas anteriormente sin emplear ultrasonidos, fue fundamental para comprobar la influencia de éstos, en especial entre los morfotipos de formas más alargadas, y no tanto en el caso de las células largas dendriformes que, curiosamente, se revelaron como mucho más consistentes que las formas sin dicha constitución, caso de las células largas lisas de escaso espesor.

---

<sup>82</sup> Pero fundamentales para decidir su aplicación sobre el conjunto muestral.

Los trabajos realizados con muestras de La Cerera (Gran Canaria) en la Sección de Paleontología (Dpto. de Geología) de la Universidad de Salamanca, revelaron la presencia no sólo de numerosos ejemplos de silicofitolitos sino también de numerosas valvas de algas diatomeas y quistes de crisofitas, siendo entre las primeras especialmente importantes los ejemplares pertenecientes al género *Hantzschia* sp. (Figuras 221-222). El estado de conservación de dichas valvas –una vez realizado el tratamiento descrito por Bárcena (1994)– resultó excelente, entendiéndose como tal el que permite observar, en su mayoría, ejemplares completos y en todo caso con una fragmentación que parece afectar al 50% de su morfología, especialmente en la parte comprendida entre un extremo apical y el centro de la valva. Aspecto que ya permite trabajar con la mitad de un morfotipo e identificar parámetros fundamentales como la simetría, la forma de los bordes, la existencia de rafe y la forma de la parte central de la valva (Bárcena, 1994).

Pero los resultados con el tratamiento seguido, mediante el protocolo MCAM, en su versión de empleo de ultrasonidos y recipientes de 50 ml. sobre las mismas muestras, no resultaron del todo positivos, aunque la eliminación de arcillas llegó a completarse casi en un 100%. Los problemas, en cuanto al deterioro ocasionado por un exceso de tratamiento con ultrasonidos, se aprecian en el notable aumento –con respecto a los resultados obtenidos mediante el método anterior– de fragmentos silicificados, con una disminución notable de valvas de diatomeas completas, en concreto del género *Hantzschia* sp. Aunque este particular parecía un triste epílogo para lo que sería un nuevo protocolo de tratamiento para la extracción de microfósiles, los resultados indican afectaciones pero también amplias posibilidades<sup>83</sup>.



**Figuras 221 y 222**, Ejemplares de diatomeas en sedimentos de La Cerera (CE-2.3), observados al microscopio electrónico (equipo SEM, Servicios Generales, USAL), I.H.<sup>84</sup>/J.A.

<sup>83</sup> Lo cual no hacía sino confirmar las impresiones aportadas al respecto por Dra. A. Pinilla (2008, Com. Pers.) y posteriormente las de la Dra. M<sup>a</sup>.A. Bárcena (2009, Com. Pers.), acerca del efecto pernicioso de los ultrasonidos sobre determinados microfósiles, como las valvas de diatomeas.

<sup>84</sup> Referencia al Dr. Iván Hernández Almeida, USAL.

La lectura final, que ha supuesto detener los ciclos (al menos los largos) de exposición a dicho tratamiento, es que mientras la mayoría de silicofitolitos permanecen inalterables al tratamiento, ofreciendo una perfecta imagen de sus atributos morfométricos, las valvas de diatomeas pueden resultar seriamente dañadas. Pudiendo incluso afirmarse que se trata del microfósil más vulnerable, al efecto de los ultrasonidos, de todo el conjunto microscópico tomado como base empírica de esta Tesis doctoral.

No obstante, dado que en el protocolo estandarizado no se podía volver, principalmente por cuestiones de tiempo, a reestructurar el método ya descrito y acudir al empleo de separación densimétrica de fracciones, se optó por disminuir notablemente el tiempo de exposición a los ultrasonidos, que pasó de 5 minutos a solamente 1 minuto. Asumiendo así el planteamiento aportado por Gorostidi (1993) en cuanto a limitar el empleo de dicha técnica de dispersión, para no ocasionar un efecto negativo sobre el registro microfósil, muy patente en nuestro caso sobre las valvas de diatomeas. Aunque beneficiándonos de sus efectos positivos, que hasta el momento confirman que se trata del método más rápido y efectivo para la dispersión de los complejos agregados de arcilla, especialmente si le sumamos la acción química del hexametáfosfato sódico.

Los últimos resultados obtenidos, con muestras de muy variado signo, han seguido confirmando la idoneidad parcial del método al menos para alcanzar el grado de calidad buscado en las preparaciones microscópicas, cuya nitidez –por el óptimo de dispersión y concentración alcanzado–, permitieron finalmente contar con protocolo estandarizado en su elaboración y estudio. Desde el punto de vista de la valoración del registro microfósil biomineral, tanto de base silíceo como de oxalatos, los objetivos fueron alcanzados, pero con el agravante de poder aportar efectos perniciosos para parte del registro de microfósiles existente. Por el contrario, el hecho de contar con una fracción observable al microscopio situada entre aproximadamente 700 y 2  $\mu\text{m}$ , libres por completo de arcillas, permite identificar incluso las formas de fitolitos más pequeños hasta el momento detectados, como son las globulares lisas (*globular psilate*, ICPN 1.0) pertenecientes a gimnospermas como el pino canario (*Pinus canariensis*). Incluso en este caso, el protocolo funciona a la perfección, permitiendo observar tales silicificaciones en condiciones ópticas óptimas<sup>85</sup>. El grado de calidad de observación se logra aquí, como en otros casos, comprobando la inexistencia de partículas <2 $\mu\text{m}$  adheridas a éstas, así como su completo aislamiento de partículas minerales de igual o mayor tamaño, que solamente pueden ser ya –tras completar el ciclo de tratamiento– de la fracción limo (50-2  $\mu\text{m}$ ).

Obviamente la conclusión a todo ello debe ser la moderación en su utilización, ya que no puede olvidarse que facilita alcanzar una nitidez desacostumbrada en las preparaciones microscópicas posteriores y por ello debe restringirse a una única y breve exposición, al comienzo del tratamiento, y en todo caso otra antes de realizar las preparaciones microscópicas, como forma de comprobar la inexistencia de arcillas. No obstante, de poder llegar a una posible continuidad en su utilización, habría que diseñar un método de

---

<sup>85</sup> Ver Capítulo Resultados, Otras muestras analizadas, Suelos de Las Cañadas del Teide, Perfil R-23.

análisis que tenga en cuenta la fragmentación de algunas morfologías microfósiles, aunque como se ha mencionado, se trata de un hecho que no afecta a la totalidad de los mismos. Podríamos plantear, finalmente, que su empleo puede resultar idóneo, tomando las precauciones mencionadas, en todos aquellos contextos donde previamente (mediante test microscopio sobre muestras no-tratadas), no aparezcan microfósiles como los ya descritos y sí una alta concentración de arcillas.

### **Análisis de restos bioantropológicos: reflexiones metodológicas previas.**

Como ocurre con las muestras de sarro dental mineralizado (cálculos dentales), el estudio de residuos intestinales y fecales sobre materiales bioantropológicos, en diferente estado de preservación, ha supuesto una aproximación directa a la dieta y alimentación individuales, en diferentes etapas de la Prehistoria e Historia (Callen & Cameron, 1980; Juan-Tresserras, 1997; entre otros).

Su aplicación en Canarias ha permitido contar con los primeros resultados sobre las posibilidades y características de la información microscópica que contienen este tipo de restos, permitiéndonos asociarla a diferentes aspectos dietéticos, patológicos y culturales. Los primeros resultados se obtuvieron con el tratamiento y análisis de cálculos dentales (Afonso, 2004a, 2007a-b), confirmando las características químicas y de registros microscópicos que podían localizarse en el interior de la matriz de sarro mineralizado. Pese a que en los conjuntos analizados no pudieron obtenerse resultados muy esclarecedores respecto a su contenido en fitolitos, lo cual en sí ya supone un dato a tener en cuenta<sup>86</sup>, y sí en otras partículas vegetales como los gránulos de almidón<sup>87</sup>. Posteriormente el estudio microscópico de cálculos dentales de personas del siglo XVIII derivó en las primeras identificaciones de palinomorfos —en este caso esporas— asociados a la ingesta de productos confeccionados con millo/maíz (*Zea mays*) infestados por el hongo parasitario *Ustilago maydis* (Afonso *et al.*, 2008a).

En el plano de la investigación de heces fecales fosilizadas (coprolitos) es donde hemos contado con el mejor ejemplo del potencial informativo de las mismas, siendo de nuevo destacable la relación directa de su aprovechamiento con los propios de una investigación interdisciplinar. Y de nuevo fueron materiales históricos los que permitieron comprobar cómo los registros microscópicos trascendían el análisis de fitolitos y almidones —a la sazón los microfósiles más habituales en este tipo de materiales— para aportarnos nuevos parámetros que permitieran lecturas arqueológicas mucho

---

<sup>86</sup> Circunstancia que ya nos había sido comunicada por la Dra. R. Albert (UB, 2003, Com. Pers.).

<sup>87</sup> La detección de almidones supone una indicación directa del consumo de productos o vegetales que los contienen, y de su grado de alteración puede inferirse si dichos productos fueron sometidos a calor y/o inmersión en líquidos. Dado que son numerosos los vegetales que los contienen, ya sea en sus frutos o semillas como en sus tubérculos, la detección de almidones debe ir acompañada de un intento de aproximación taxonómica, lo cual puede realizarse si se dispone de colecciones de referencia confeccionadas *ex profeso* o se realizan estudios estadísticos, en base a los parámetros morfométricos que presentan los gránulos y los contenidos en publicaciones de referencia.

más complejas. Ese ha sido el caso de los parásitos intestinales, cuya presencia —en la totalidad de las muestras intestinales y fecales analizadas— también permite profundizar en un campo de la bioantropología que aporta datos, complementarios y/o nuevos, al estudio de restos humanos recuperados de contextos arqueológicos<sup>88</sup>. Pese a que éstos pueden ser interrogados mediante la aplicación de otras técnicas empleadas en la disciplina (marcadores de stress nutricional, isótopos, etc.), tanto al tema de la alimentación como, en este caso, de la de origen vegetal, añade cierta definición a la misma mediante el posible reconocimiento de las plantas que aportaron elementos nutritivos al individuo en cuestión. Como ya se ha explicitado en trabajos anteriores donde los criterios microscópicos involucraron la colaboración con diferentes especialistas sobre polen y parásitos intestinales, el hecho de buscar restos de antiguos vegetales en este tipo de materiales nos puede permitir identificar tanto aquellos de estatus nativo como introducido. Lo cual se traduce también para Canarias en la posibilidad de abordar además del ya reconocido papel de cereales y leguminosas, el de especies silvestres cuyo rastro ya ha sido localizado en otros trabajos (Diego, 1968; entre otros) pero de los que no abundan especificaciones basadas en criterios microscópicos.

En este sentido los limitados resultados obtenidos con respecto a fitolitos y gránulos de almidón —microfósiles sobre los que se centraron los primeros análisis—, se vieron ampliamente compensados con un inesperado registro de palinomorfos (Afonso *et al.*, 2008a), mediante la detección de esporas fúngicas en cálculos dentales humanos, como a nivel de parásitos intestinales presentes en paleoheces fecales (coprolito) en materiales arqueológicos del siglo XVIII (Iglesia de La Concepción, Santa Cruz de Tenerife). La perspectiva abierta con tales resultados, directamente relacionados con un tipo de investigación totalmente interdisciplinar, ha ofrecido una oportunidad a nuestro juicio excepcional, como la de permitir obtener diferentes —pero integrantes de un mismo proceso humano— datos sobre la dieta, la alimentación e incluso sobre algunas patologías asociadas a las mismas en un momento histórico dado. La repercusión directa de los mismos ha sido la apertura de vías de investigación donde las aportaciones personales y profesionales pueden centrarse al unísono en la resolución de cuestiones y preguntas-problema sobre materiales que cada uno de ellas por separado pueden proponer.

#### **Tratamientos de residuos intestinales.**

Dado que se trata en muchos casos de muestras únicas, los tratamientos aplicados a las muestras disponibles fueron obviamente muy cuidadosos, tanto a nivel de la obtención del máximo de información posible (menor destrucción

---

<sup>88</sup> El rango cronológico, como el proceso histórico al que pertenecen, es aquí muy amplio, dependiendo únicamente del estado de preservación del material bioantropológico que se pretenda analizar por ser portador de un determinado tipo de información. Baste citar como ejemplo el estudio llevado a cabo por Ciochon *et al.* (1990) sobre piezas dentarias de lo que posteriormente se conoció como *Gigantopithecus blacki*. Las muestras analizadas por este equipo fueron no sólo dichas piezas, sino concreciones asociadas a las mismas que hoy conocemos como cálculos dentales, o simplificando su naturaleza: sarro dental parcialmente mineralizado.

de partículas orgánicas por oxidación y disolución) como de reserva de material para futuras investigaciones. Los tratamientos llevados a cabo se basaron en el protocolo descrito por Danielson (1993) y empleado con fines similares por Jordi Tresserras (Juan Tresserras, 1997, Tesis). Se basa en la hidratación del material en agua destilada por espacio de 24-48 horas, tras lo cual se procede a la oxidación de la materia orgánica en presencia de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 33%) y aceleración de la reacción mediante dicromato potásico (K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub>), añadido en pequeñas cantidades para evitar que ésta sea violenta. Tras la digestión la muestra queda más o menos disgregada, pudiéndose separar en varias fracciones. Los tejidos vegetales de mayor tamaño quedan por lo general en posición anatómica, si se evita su fragmentación –mediante la introducción de instrumentos quirúrgicos o similares– durante el proceso de tratamiento. La muestra requiere de un lavado meticuloso mediante agua destilada para eliminar todo resto de reactivos. Tras lo cual son separadas, teniendo buen cuidado de recuperar también las más finas (<50 µm), por tamaños, secadas y montadas en preparaciones microscópicas. La observación microscópica inmediata, al no tratarse únicamente de identificar partículas silíceas, debe prestar atención no sólo a elementos isótropos sino también aquellos que presenten birrefringencia, tales que oxalatos de calcio y gránulos de almidón. La inspección se ha realizado con una magnificación de barrido de 300x y de detalle de 600x.

#### **Tratamiento de heces fecales de herbívoros actuales.**

Aunque en un primer momento se aplicó el mismo protocolo empleado con heces fecales humanas, para llevar a cabo análisis cualitativo sobre los mismos descrito por Danielson (1993), las muestras no presentaron el aspecto idóneo para conocer los fitolitos de sílice alojados en su interior, aunque sí para hacerlo con elementos celulósicos y de oxalatos de calcio. Por ello se optó por someter las muestras a un tratamiento más agresivo, que permitiera eliminar todo compuesto no-silíceo, basado en la eliminación de materia orgánica mediante calcinación a 500°C y carbonatos aplicando ácidos como el clorhídrico (HCl) y nítrico (HNO<sub>3</sub>) al 50%. En resumidas cuentas se aplicó el método conocido como *Dry ashing* que describieran para el tratamiento de muestras vegetales Jones & Case (1990) y posteriormente, en su aplicación arqueológica para el estudio de fitolitos, Albert *et al.* (1999), entre otros autores.

Las muestras resultantes fueron lavadas como de costumbre (mediante ciclos de agua destilada, centrifugado y decantado) hasta lograr un pH neutro, tras su secado a 60°C fueron pesadas y montadas (Permount®) en preparaciones de 2x2 cm.

#### **Metodología de observación y valoración microscópica.**

El objetivo de lograr un método estandarizado, de observación microscópica, únicamente ha sido posible aprendiendo de la experiencia ya existente en la materia, asumiendo el esfuerzo de aplicarla y optimizarla día a día. De este modo, la formación adquirida en varios centros y departamentos de

investigación<sup>89</sup> ha permitido finalmente lograr estructurar un método estandarizado que, a su vez, ha facilitado la experimentación con diferentes propuestas metodológicas, llegando a permitirnos confeccionar y aplicar aquella que permitiera alcanzar los principales objetivos de esta Tesis doctoral. Entendiendo siempre que era un apartado clave de la misma.

Dicha experiencia es la que ha permitido estructurar un método que asumiese todos los requerimientos mínimos de un estudio microscópico, es decir tanto cualitativos como cuantitativos. Del mismo modo, a dicho tipo de formación solamente ha sido posible llegar a través del estudio cotidiano de muchos tipos de muestras (residuos vegetales, suelos, sedimentos, etc.), comprobando características, diferencias y posibles puntos en común, de muchas de ellas. Siendo igualmente fundamental el trabajo de documentación aportado por algunas de las obras de referencia en el estudio microscópico de este tipo de materiales, (Wallis, 1968; Flint, 1996; Piperno, 2006; Courty *et al.*, 1989; Arnay *et al.* 1985; Bárcena, Juan-Tresserras, 1997; Albert, 1999; entre otros), que se configuran como herramienta de referencia fundamental para conocer los rudimentos necesarios, permitiendo adaptar, el conocimiento ya existente, a los requisitos de la práctica microscópica cotidiana con fines arqueobotánicos, y en concreto para el estudio de microfósiles de origen vegetal.

#### **Equipo de Microscopía Óptica.**

Para la realización de todos los trabajos de observación se ha contado principalmente con un microscopio Leica CM E, al que se ha ido dotando de equipamiento adicional, como adaptadores para cámara fotográfica digital y luz polarizada. Igualmente, con el fin de disponer de una magnificación de rutina superior a la acostumbrada para este tipo de equipos (400x y 1000x en inmersión de aceite) y atendiendo a las características morfométricas del registro microscópico más habitualmente detectado, con un rango común situado entre las 200-2  $\mu\text{m}$  (con variaciones según muestra), se optó por adquirir unos oculares 15x, que unidos a los objetivos existentes (10, 20, 40 y 100x) ha permitido contar con una magnificación de rutina máxima de 600x en seco y de 1500x en inmersión de aceite. Con este último cambio se consiguió aumentar la capacidad de identificación y observación de los detalles morfométricos (morfologías, ornamentación textura y efectos de alteración), de aquellos microfósiles que, como los quistes de crisofitas y los más pequeños silicofitolitos de células cortas, presentan un tamaño que ronda las 10  $\mu\text{m}$ . Pese al conocido inconveniente, de que el aumento de la capacidad de magnificación lleva aparejada una disminución en la definición y viceversa (a <aumento >definición y contraste), con ello se ha cumplido el objetivo de identificar cualquier biomineralización dentro de la muestra analizada, permitiendo observar todos aquellos detalles imprescindibles para su correcta identificación descripción y clasificación.

---

<sup>89</sup> Gracias al asesoramiento de investigadoras como la Dra. I. La Serna (ULL) en el estudio del polen, Dr. J. Tresserras (UB) en el de microfósiles totales en materiales arqueológicos, Dra. Ascensión Pinilla (CSIC) en el de microfósiles totales en suelos, Dra. M<sup>a</sup>.A<sup>a</sup>. Bárcena (USAL) en el de microalgas, y silicofitolitos; Dra. Rosa Albert (UB) en el de silicofitolitos, así como de componentes vegetales con J. M<sup>a</sup>. Peiró (UNIZAR). Así como de parásitos intestinales con la Dra. Herminia Gijón (UG).

El trabajo de rutina se ha llevado a cabo por tanto a 600x, al menos en lo que respecta a la detección y descripción de parámetros morfométricos, lo que ha permitido observar los detalles de cualquier elemento silicificado presente en las preparaciones microscópicas, comprobando su tamaño, morfología y ornamentación<sup>90</sup>. Proceder que ha resultado especialmente útil en la tarea de observar con detalle aquellas partículas silicificadas de más pequeño tamaño<sup>91</sup>. Igualmente el aumento en la magnificación permite mediciones más precisas, una vez el sistema óptico se encuentra convenientemente calibrado. Si bien este proceder se ha seguido con dicha magnificación, la labor de conteo de microfósiles se ha realizado a 400x, dado que en base a ella se ha configurado el sistema de cómputo para extrapolar al gramo de muestra empleando el protocolo descrito por Bárcena (1994). Se complementan así, ambos medios de observación, para disponer de una lectura final, desde cada preparación de cada muestra, sobre su registro microscópico de forma cualitativa y cuantitativa.

#### **Polarización: anisotropía e isotropía en microfósiles.**

En el análisis de microfósiles conviene matizar la diferencia existente entre el estudio de aquellos de naturaleza silíceo (fitolitos, microalgas y espículas de esponjas, entre otros) y los de base carbonatada (oxalatos, pseudomorfos de calcita, esferulitas, entre otros), ya que de su naturaleza depende su comportamiento óptico. De este modo, en el campo de los de base silíceo el estudio microscópico se agiliza porque “todos” son isótropos, lo que equivale –en el mundo de la óptica– a considerarlos inactivos (Porta *et al.*, 2011). Por ello su observación, en un microscopio equipado con polarizador, únicamente requiere de luz transmitida convencional o de nícoles paralelos. Su rasgo principal, cuando se opera una situación de nícoles cruzados, es que se oscurecen como el resto del campo.

Por el contrario, los microfósiles de base no-silíceo, que en este caso se restringen a oxalatos de calcio, pseudomorfos de calcita, esferulitas y almidones, sí que requieren de luz polarizada bajo nícoles cruzados, ya que es entonces cuando manifiestan su calidad de cuerpos ópticamente activos, revelando, mediante un comportamiento birrefringente, su carácter anisótropo.

Por todo ello y con respecto a la detección de uno y otros, se ha hecho necesario contar con un equipo de polarización, tanto para confirmar la naturaleza óptica de los microfósiles silíceos como los no-silíceos. Para lo cual se optó por el sistema más convencional, consistente en filtro analizador + filtro polarizador, situados en el cabezal y fuente de luz respectivamente. Dicho sistema aunque básico ha funcionado perfectamente para el cometido de observar alternativamente, y con una sencilla operación manual, elementos isótropos –como todas las silicificaciones fósiles y no-fósiles– así como los anisótropos en distintos grados de birrefringencia, que como los gránulos de almidón, oxalatos y esferulitas presentan diferentes grados de ordenación cristalina en sus estructuras internas.

---

<sup>90</sup> O ausencia de la misma.

<sup>91</sup> En especial en los descritos por la propuesta de clasificación ICPN 1.0 (Madella *et al.*, 2005).



### Fotomicroscopía y microfotografía.

Primeramente parece oportuno justificar la terminología adoptada para definir la obtención de imágenes fotográficas a través del microscopio óptico, o fotomicroscopía, denominándolas por ello fotomicrografías (González Escalera, 2001). Este último concepto no debe confundirse con el de microfotografía, empleado en algunos trabajos de análisis de fitolitos (Albert & Portillo, 2005; entre otros), y que parece más adecuado para describir la reproducción de documentos con cámaras de pequeño formato o microcámaras. Por ello he optado por emplear el término fotomicroscopía para todo el proceso de obtención de imágenes al microscopio y la totalidad de las muestras analizadas empleando este instrumento.

En todo caso, la fotomicroscopía se ha convertido en la primera década del siglo XX en una herramienta versátil y fundamental en el estudio de fitolitos y otros microfósiles vegetales. Estando, hasta estas fechas, sujeta a las limitaciones impuestas por el alto coste y complejidad, asociados ambos aspectos a la fotografía analógica, especialmente en lo concerniente a su adaptación a los equipos de microscopía óptica. No obstante, la fotografía digital, aunque aun de elevado coste para la obtención de una definición similar a la de los equipos SLR o réflex analógicos, se impone rápidamente, proporcionándonos la obtención de series fotográficas, sobre las cuales llevar a cabo la selección de las mejores imágenes y sobre todo la repetición de las mismas y su disponibilidad inmediata, sin los plazos de ejecución y complejidad del revelado y ampliación de los negativos convencionales<sup>92</sup>.

Por todo ello en virtud de los objetivos de esta tesis doctoral se ha prestado especial importancia a la obtención de series fotomicrográficas, que nos han permitido registrar todos los aspectos relevantes de los elementos microscópicos detectados, tanto en las plantas que nos han servido de fundamental referencia como de los existentes en los registros microfósiles de sedimentos arqueológicos, suelos, residuos y muestras bioantropológicas.

Los equipos de acople para fotografía digital han sido igualmente modificados en función de los requerimientos de análisis microscópico. Finalmente, como método de rutina se ha optado por las posibilidades de la práctica conocida como «*digiscoping*» que consiste en situar —mediante un adaptador universal— una cámara digital, de objetivo fijo, directamente en uno de los oculares del cabezal. Pese a que de este modo no se cuenta con una conexión directa al mismo, los resultados —cuando se ha adquirido cierta pericia al respecto— ofrecen imágenes que pueden ser empleadas para la observación básica de morfologías y ornamentaciones de cada elemento fotografiado. El método debía permitirnos igualmente fotografiar todas las partículas presentes en las muestras con un tamaño situado por debajo de las 500  $\mu\text{m}$ , prestando especial importancia a las situadas en el de las arenas 200-50  $\mu\text{m}$  (**Figura 226**), a las de pequeño tamaño, que corresponden a la fracción

---

<sup>92</sup> Sin duda la continua evolución de este tipo de equipos hará que en un plazo muy breve podamos contar con equipos de fotomicroscopía de alta resolución y coste moderado. Al igual que serán gradualmente sustituidos los actuales equipos microscópicos de base óptica por otros con tecnología más similar a la microscopía electrónica, pero con una notable disminución de tamaño y coste, tanto como para volverlos aptos para la investigación rutinaria de gabinete.

limos (50-2  $\mu\text{m}$ .), y en especial a las que se sitúan entre las 20 y 2  $\mu\text{m}$ , en su mayoría pertenecientes al grupo de los fitolitos de células cortas, pero sobre todo a los pequeños quistes de algas crisofitas, que suelen presentar tamaños que no superan las 10  $\mu\text{m}$ . En esos rangos pueden apreciarse todos los rasgos de las biomineralizaciones presentes en plantas como *Rubia fructicosa*, donde podemos encontrar altas tasas de silicificación pero también presencia de oxalatos de calcio (**Figura 223**).



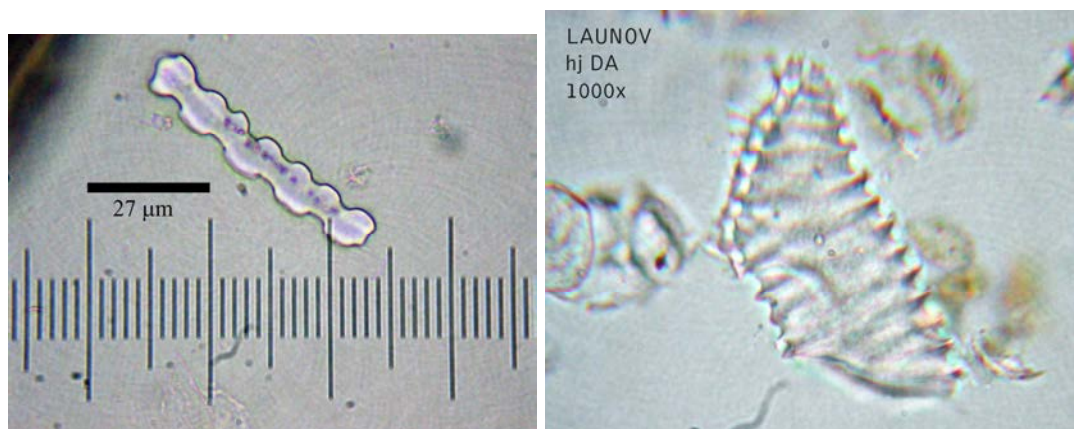
**Figura 223**, Biomineralizaciones silíceas (práctica totalidad) y rafidio de oxalato de calcio (amarillo) en *Rubia fructicosa* (tasaigo). 400x.

Igualmente algunas diatomeas también presentan escaso tamaño y muy ligera silicificación, por lo que el estudio de algunos aspectos, como la ornamentación, se vuelven complicados de registrar, especialmente cuando no existe estabilidad en el sistema de sujeción cámara-microscopio. Finalmente el método empleado, permite resultados aceptables, incluso cuando se trata de diatomeas que, como la de la **Figura 227**, presenta una dimensión máxima –en su eje longitudinal– que no supera las 18  $\mu\text{m}$ .

De este modo se puede utilizar la escala micrométrica, situada dentro de dicho ocular, para realizar fotografías a escala, una vez se han realizado las correspondientes calibraciones entre ambos. Aunque se contaba desde el principio de las tareas con un tubo para acople de la cámara digital, el coste de los adaptadores para ésta descartaron su empleo de rutina, siendo el método más empleado el descrito anteriormente.

En cuanto a la relación coste-calidad, el material gráfico obtenido puede considerarse idóneo para el registro consecutivo de todos los elementos microscópicos estudiados, tanto los pertenecientes a la colección de referencia como los propiamente de naturaleza arqueológica y edáfica. En líneas generales la versatilidad del equipo ha sido comprobada mediante el estudio de muy diversos materiales, tanto de referencia como arqueológicos, edáficos y geológicos. Por tanto, pese a la disparidad de dimensiones de las partículas biogénicas presentes en todos ellos, así como sus propias

características morfológicas y ornamentales, éstas han podido ser apreciadas y registradas con un detalle aceptable, salvando, obviamente, las diferencias con equipos ópticos más avanzados (microscopía confocal) y los de microscopía electrónica.



**Figura 224** (Izqda.), Fitolito de célula larga trapezoidal ondulado/polilobulado en *Agrostis* sp. (taxón de OldStrynefjell, Noruega), 600x. **Figura 225** (Drecha), Fitolito de traqueida con resaltes anulares en *Laurus novocanariensis*, 1000x, rango máximo de magnificación alcanzado con cierto grado de definición.

Como puede observarse en las **Figuras 224** y **225** el rango de magnificación ha permitido observar los detalles de numerosos tipos de biomineralizaciones, tanto de oxalatos de calcio como de sílice, y dentro de estas últimas incluso su ornamentación, como ocurre con la silicificación de tipo traqueida desarrollada por *Laurus novocanariensis*. Si bien en algunas ocasiones se ha empleado una magnificación total de 1.500x, resultado de acoplar oculares de 15x a objetivos de 100x de inmersión en aceite, la definición alcanza mínimos valores, al menos con las características ópticas de los oculares y objetivos empleados. Por lo que únicamente se ha recurrido a la misma con el fin de verificar algún parámetro concreto de biomineralizaciones de pequeñas dimensiones, por ejemplo de quistes de crisofitas.

### Microscopía Electrónica (SEM).

Pese a tratarse de una herramienta de análisis microscópico fundamental, únicamente se ha recurrido a ella con fines complementarios, para comprobar algunos aspectos (cualitativos pero también cuantitativos) ya detectados al microscopio óptico. Cabe destacar la posibilidad de averiguar la naturaleza de los elementos microscópicos analizados mediante la sonda de rayos-X que llevan incorporados los equipos SEM, fundamental para contrastar la composición de las biomineralizaciones (de referencia y microfósiles) existentes en las muestras, y de estas con su entorno<sup>93</sup>.

<sup>93</sup> En la estimación de sílice u oxalatos también puede estimarse la de las partículas y compuestos que los rodean, cuando no se ha operado una eliminación del sustrato matriz que engloba a las mismas.

La preparación de las muestras aquí es claramente más fácil de obtener que en el caso anterior, ya que únicamente requieren de una desecación completa de las mismas, lo cual se logra colocándolas varios días en estufa, de forma ideal a una temperatura de 105° C. El montaje se realiza sobre piezas especiales dispuestas al uso (pedestales) donde la muestra es adherida intentando que se encuentre bien sujeta, ésta debe reunir buenas condiciones de representatividad, así como presentar un mínimo espesor que favorezca la llegada de electrones que configuran, en la pantalla de televisor del equipo, la imagen tridimensional obtenida.

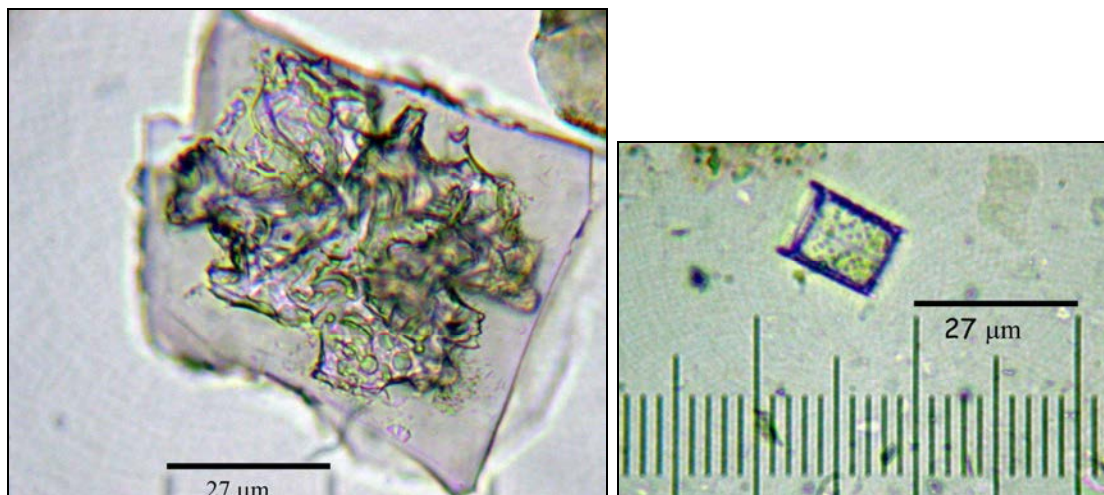
Las muestras analizadas, mediante esta tecnología, correspondían a una limitada selección del conjunto muestral global, dado que ha sido la microscopía óptica la herramienta de inspección de rutina, y lo fueron en el equipo SEM del Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC, Madrid) y el de Servicios Generales de Apoyo a la Investigación (SEGAI) de la Universidad de La Laguna. Básicamente los objetivos se centraron en el estudio en detalle de tejidos vegetales, provenientes de plantas de referencia, y de sedimentos arqueológicos de varias zonas de Canarias. Mientras que el estudio con gran magnificación (>5.000x) ha permitido en algunos casos contrastar la información obtenida mediante microscopía óptica. Facilitando además de la fotomicrografía de detalles, los datos aportados por el estudio semicuantitativo de componentes principales de la sonda de Rayos-X que incorporan los equipos SEM empleados. Dichos datos permiten identificar y cuantificar la naturaleza, mayormente silíceo pero en otras ocasiones de base carbonata, fosfatos y oxalatos, de las partículas sometidas a examen microscópico.

### **Medios de inclusión y microscopía analítica para el estudio de silicofitolitos y otros microfósiles.**

Existen diferencias sustanciales entre los medios de inclusión (MI), habitualmente empleados para realizar las preparaciones microscópicas (PM) necesarias, para el estudio de muestras al microscopio óptico (MO). Y los resultados, en cuanto a calidad y posibilidad de realizar sobre ellas estimaciones morfométricas y cuantitativas, vendrán derivados de la elección del MI y método empleado para su confección. La confección de PM supone un paso fundamental en la investigación de microfósiles, silíceos o de otra naturaleza, donde existe la prioridad de que mantenga su integridad el máximo tiempo posible, ello es derivado de la propia inversión en tiempo y medios para llevarlas a cabo, dentro de un dilatado proceso de tratamiento y análisis final de las muestras. Y es, este último paso, el que sólo puede completarse cuando las PM presentan alta nitidez y concentración como para permitir una observación cualitativa y cuantitativamente idónea. Una PM correctamente realizada, debe por ello contener una muestra representativa del material original y ésta encontrarse perfectamente dispersa así como presentar un espesor mínimo, entre cubre y portaobjetos, como para que no exista distorsión producida por una capa de MI colocada en exceso.

La calidad, idoneidad y cantidad de este MI irá siempre en función de la cantidad de muestra empleada y también en función de los objetivos de la investigación. Pero para cualquiera de ellas donde deba existir una paridad de objetivos a cumplir, como la de observación de una colección de referencia

de elementos microscópicos, las PM deben realizarse empleando el mismo MI y la misma metodología. Este principio, aunque no fácil de desarrollar cuando se comienzan trabajos con mínimos conocimientos de microscopía, aquí – como en otros casos– *la práctica es el mejor de los todos los maestros* (Publio Sirio, s. I a.C.).



**Figura 226** (Izqda.), Partícula mineral de gran tamaño presente en suelos de Las Cañadas del Teide. **Figura 227** (Izqda.), pequeña diatomea céntrica del género *Aulacoseira* sp. detectada en suelos de misma zona anterior. J.A.

Según varios autores, los fitolitos poseen un índice de refracción (IR) medio de 1,458 (Teruggi, 1955; Jones y Beavers, 1963), mientras que otros lo sitúan entre 1,410 y 1,465 (Zucol y Osterrieth, 2002), planteando por ello que se debe emplear un MI con IR ligeramente superior, pero dentro del rango del IR del vidrio empleado en el instrumento óptico de observación, situado habitualmente entre 1,500 y 1,600. Por otro lado Piperno (2006) plantea que el IR de los fitolitos se encuentra en torno a 1,42 por lo que el del MI debe ser superior, y basta que el IR del MI se sitúe entre 1,51 y 1,54. En este rango se encontrarían la mayoría de los MI convencionales como Permout™, Bálsamo de Canadá entre otros. Efectivamente los MI que pueden adquirirse en el mercado presentan un IR situado entre 1,520 y 1,523, que presenta el Bálsamo de Canadá (Panreac), el 1,52 del Permout™ (Fischer), 1,510 del Eukitt™ y entre 1,490 y 1,500 del Entellan® (Panreac).

En líneas generales todos los medios citados son adecuados, incluso para el estudio de silicificaciones ligeras, como las que poseen los esqueletos externos de las algas diatomeas y los quistes de algas crisofitas. Igualmente se ha comprobado que dichos medios no entorpecen la observación de gránulos de almidón, siempre que estos se detecten bajo luz polarizada, aunque pueden observarse someramente bajo luz normal (nícoles paralelos), adquiriendo visualmente su contorno. Pero para evaluar algunas características importantes, como la situación de su *hilum* y el estado general de la cruz de extinción de luz, se hace necesario contar con un equipo de polarización.

Las pruebas realizadas con dos medios permanentes (Permout y Bálsamo de Canadá) y uno eventual como el Aldehído cinnámico<sup>94</sup>, permiten hablar de diferencias, en la identificación de biomineralizaciones de sílice amorfo), al menos entre los dos primeros. Con respecto al empleado por A. Pinilla su uso es totalmente idóneo para un análisis en 3D de morfotipos fitolíticos, tanto de sílice como de oxalato. Este MI se confecciona con aldehído cinámico y aceite, hasta lograr un IR igual a 1,55 propuesto por Pinilla (2002, Com. pers.), lo que permite no sólo un contraste correcto para la identificación de elementos silicificados sino su observación completa en 3D.

Para la obtención del IR óptimo es necesario calibrar el MI mediante un refractómetro tipo Abbe, realizado este proceso el MI obtenido presenta un grado de viscosidad lo suficientemente bajo como para permitir la movilidad de los elementos microscópicos, biogénicos y minerales, presentes en las preparaciones mediante un instrumento de punta estrecha.

La realización de preparaciones microscópicas y las técnicas para llevarlas a cabo varían según los objetivos de la investigación realizada al MO, son muy amplias y no van a ser detalladas aquí, ya que existen obras de referencia que ilustran o citan todos los pasos necesarios para obtener un alto grado de calidad en las mismas (Nachtigall, 1994; Wallis, 1968; González Escalera, 2001; entre otros). En el caso del estudio de los conjuntos de microfósiles tratados en nuestro trabajo, como todos los de naturaleza de sílicea (silicofitolitos, diatomeas, quistes de crisófitas y espículas de esponjas), de oxalatos de calcio, o su derivación en pseudomorfo de calcita, de gránulos de almidón y esferulitas, tanto las preparaciones microscópicas como los MI y sus IR tienen que ajustarse a sus características.

Las cualidades ópticas de las biomineralizaciones de sílice no son las mismas que las de los oxalatos, los almidones o las esferulitas. No obstante, en los medios empleados hasta el momento, Bálsamo del Canadá, Aldehído cinámico, Entellan® Permout™, se han logrado obtener resultados óptimos donde es posible reconocer, con un mismo MI, todos los conjuntos microfósiles citados. Aun así es recomendable, por ejemplo en el caso del estudio de gránulos de almidón, recurrir a otras técnicas como las de tinción yodada, que ofrece mejores resultados a la hora de identificarlos entre otras partículas, especialmente cuando se busca la observación de una muestra no-perturbada por tratamientos de laboratorio. No obstante, el uso de aldehído es aquí también aconsejable, ya que permite la rotación de los gránulos, permitiendo apreciar su morfología desde todos los ángulos que, como se sabe, varía en función de una posición polar de una lateral.

También se ha comprobado el uso del aldehído en el estudio de oxalatos de calcio provenientes de plantas actuales, dando buenos resultados, aunque Wallis (1968) consideraba el hidrato de cloral el reactivo más idóneo, como MI, para el examen de este tipo de cristales, en especial los de menor tamaño. Si bien dicho reactivo permite su determinación bajo luz normal, para el empleo de aldehído y de MI en preparaciones permanentes es preciso disponer de un sistema de polarización. Bajo la acción conjunta de polarizador + analizador es posible distinguir claramente dichos cristales, pero también almidones y esferulitas.

---

<sup>94</sup> Ascensión Pinilla, Comunicación personal y práctica, 2002.

Por todo esto, el estudio de microfósiles como los citados, se realiza con preparaciones microscópicas confeccionadas con medios y técnicas sencillas, en comparación, por ejemplo, con otros empleados en histología celular. No obstante, todas deben seguir los mismos criterios, si se quieren comparar resultados, y por ello es aconsejable la elección de una única técnica y productos destinados a los fines buscados. Igualmente importante es la calidad de las preparaciones, que se constituye como objetivo prioritario, debiendo mantenerse, en todo su proceso de elaboración, la asepsia del mismo, así como alcanzar un alto grado, ya en su contenido, de dispersión entre partículas y a la vez de concentración de éstas en la totalidad de la preparación. Debe tenerse en cuenta que el método seleccionado debe reunir todas estas condiciones, ya que de ello depende el resultado de la fase intermedia del proceso de investigación microscópica.

Asumiendo los planteamientos anteriores, las pruebas realizadas entre 2001-2012, han puesto de manifiesto que si bien pueden emplearse distintos MI, lo importante es adaptar sus posibilidades a las necesidades de observación. Para las de tipo cualitativo, el MI más apropiado es el eventual, sobre todo el propuesto por Pinilla (1997), ya que la rotación en todos los ángulos –del elemento observado– permite su examen en profundidad, tanto de su morfología y ornamentación como las características micrométricas de ambos. También se facilita el fotografiado de partículas biogénicas, ya que puede conseguirse la posición idónea dentro de la preparación y realizarla desde varias perspectivas. Aunque las preparaciones eventuales adolecen de una pronta cristalización y deshidratación, éstas se mantienen operativas al menos una semana –aunque se ha logrado mantener algunas hasta meses– sellando sus bordes mediante el tradicional, y totalmente efectivo, esmalte de uñas<sup>95</sup>. El empleo de este MI es también adecuado por lo polivalente que resulta en la identificación de todos los tipos microfósiles incluidos en esta tesis, aunque es especialmente útil con los de base silicificada, incluso con almidones y oxalatos, lo que supone una ratificación de su versatilidad.

Para la realización de las preparaciones permanentes, los medios de inclusión pueden ser varios, aunque debía prevalecer el criterio de estandarización metodológica se debió llevar a cabo la elección de uno de ellos. No obstante, pudieron comprobarse algunos de ellos antes de concretar el que sería empleado de forma rutinaria. Las pruebas realizadas con el clásico, pero efectivo, Bálsamo de Canadá (Panreac) permiten hablar de buenos resultados, aunque se suele decir que este MI amarillea con el tiempo

---

<sup>95</sup> En la actualidad existen numerosos productos que pueden ser empleados con el mismo fin, pero debe cuidarse su grado de agresividad con el cristal del que están formados cubre y portaobjetos. Igualmente importante es la elección de un producto no tóxico por las emanaciones a las que pueda dar lugar durante el proceso de montaje y durante la observación de las preparaciones al MO, que por ello se ven expuestas a una fuente de calor, pudiendo emitir gases tóxicos. En este caso el aldehído cinámico, aunque sea un aceite esencial, proveniente de la canela (*Cynamomun zeylanicum*) presenta cierto grado de toxicidad, que se aprecia al inhalarlo, produciendo irritación de las mucosas.

pero, dependiendo siempre de las condiciones de conservación<sup>96</sup>, pueden mantenerse por varias décadas. Una de las cuestiones relacionadas con su uso viene dada en el tiempo de secado, que se dilata por varios días mientras que los medios sintéticos solidifican, al menos en cuanto a las zonas externas de las PM, en pocas horas. Por ello las PM realizadas con Bálsamo deben dejarse varios días en reposo antes de darles el acabado final, básicamente el que corresponde eliminación de producto sobrante en los extremos de las mismas, así como el sellado entre cubre y portaobjetos<sup>97</sup>.

Uno de los problemas recientemente detectados con este medio es la posibilidad de desarrollo de cristalizaciones. Se trata de pequeños cristales (de entre 8-9  $\mu\text{m}$ ) detectados en muestras vegetales muy dispares, las cuales llegaron a provocar confusión —al respecto de la producción biomineral— en especies donde no habían sido detectadas formas de diagnóstico.

Tales cristalizaciones, de tamaño romboédrico, fueron detectadas en preparaciones de cuatro años de antigüedad, obviamente esto supuso la revisión de todo el proceso de almacenaje, y la del medio de inclusión que ya había sido sustituido por Permout™.

El empleo de Permout™, sugerido por M.A. Bárcena<sup>98</sup> para la realización de PM permanentes, ha mostrado importantes ventajas respecto a otros medios como el B.C. o Entellan®, ya que permite un secado rápido y la PM puede ser ultimada y sellada casi de inmediato. Su índice de refracción (1,52) permite una óptima identificación de todos los microfósiles de base silíceo. El único inconveniente es su toxicidad por inhalación, que ha hecho necesario el uso de mascarilla para gases, aun cuando las labores de manipulación se realizaban bajo campana extractora. Precaución que ha debido tomarse cuando el número de PM a confeccionar era relativamente elevado.

---

<sup>96</sup> Las condiciones de preservación de las colecciones de referencia son básicas para su conservación en el tiempo. Al tratarse de materiales de compleja elaboración y que deben permitirnos contar con ellos cada vez que sea necesario comparar y comprobar características —algo muy habitual— debe prestarse especial cuidado en la forma de almacenarlas. En general basta con dotarse de estructuras simples (armarios, estantes cerrados) donde no incida directamente la luz y que no cuente con un elevado porcentaje de humedad, también conviene resguardarlas de altas temperaturas y del polvo. Se ha detectado, en el transcurso de cinco años como las PM varían su estado de conservación dependiendo la forma en la que fueron confeccionadas. Sólo aquellas correctamente selladas y realizadas con medios de inclusión permanente se mantienen en buen estado, y dentro de ellas las confeccionadas con B.C. presenta envejecimiento prematuro, patente en un amarilleado de la PM.

<sup>97</sup> Siendo especialmente importante lograr el primer aspecto citado, ya que se hace necesario contar con la una preparación libre de impurezas y posibles manchas (2 x 2 cm.) para realizar estimaciones cuantitativas sobre la totalidad de la superficie con muestra.

<sup>98</sup> Sección Paleontología, Dpto. Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca.



## Preparaciones microscópicas: técnicas y elección de un modelo estandarizado de confección.

### Preparaciones permanentes.

Las preparaciones microscópicas (PM) suponen la última fase del proceso de tratamiento de muestras, pero no por ello la menos importante, ya que sobre ellas debe realizarse no sólo el análisis o examen microscópico, que mediante la observación y cuantificación deben permitirnos dirimir al máximo las características de las partículas observadas, sino además suponen la base empírica que nos permitirá la confección de lecturas. La importancia de este apartado radica en que los resultados, descriptivos e interpretativos, del análisis se basan en las apreciaciones realizadas sobre estas preparaciones, siendo por tanto, su calidad, un requisito indispensable, y su confección una tarea minuciosa. No lo es menos el método escogido para realizarlas, ya que a una óptima nitidez en toda su extensión, debe acompañarle un criterio de cuantificación que permita estimaciones sobre la concentración de un determinado tipo de partícula, ya sea de naturaleza biogénica o mineral. Por ello se requiere de una alícuota suficientemente representativa de la muestra analizada, e igualmente que ésta contenga un volumen fijo de extracción que permita, a su vez, realizar estimaciones comparativas en el total de las muestras que componen la selección realizada o disponible.

Como se sabe, el aprendizaje en las técnicas de preparación microscópica es, como muchos aspectos de la ciencia y la técnica, cuestión de práctica permanente, y aun así, a veces, pueden existir factores que condicionan su acabado. Es importante señalar que cuanto antes se definan los objetivos de la investigación en curso, antes se encontrará un método que permita lograr su consecución. En nuestro caso, cada PM debía contener una muestra nítida (óptima dispersión y ausencia de elementos cementantes) y representativa (concentración suficiente para un estudio cuantitativo) del material necesario para disponer, de una forma rápida y eficaz, de los elementos de referencia que permitían reconocerlos cualitativamente en contextos no-actuales. Para las muestras de sedimentos, suelos y residuos se siguen los mismos objetivos, pero añadiendo un criterio cuantitativo que debe permitir la cuantificación de aquellas partículas de interés microarqueológico. Por ello, cada PM debía realizarse con idénticos elementos básicos (porta y cubreobjetos), medios técnicos (pipetas, instrumental de laboratorio) y químicos (medios de inclusión). Este precepto ya fue expuesto por Bowdery (1998), planteando el uso de pipeta de precisión para conocer el volumen de solución de muestra extraída, permitiendo extrapolar al peso total de la muestra analizada.

Otros modelos de PM, como el propuesto por Albert *et al.* (1999) y aplicado, en su Tesis, por Portillo (2006), en el estudio residuos de molturación prehistóricos, donde se plantea también su elaboración con objetivos cuantitativos, pero partiendo del pesado, en balanza de precisión, de una alícuota seca de la muestra tratada. En este caso, en la PM se realiza un estudio basado en la superficie y la cantidad estudiada, para extrapolar al peso bruto de la muestra, siendo la cantidad empleada de 1 mg. (0,0010 gr.), lo que no puede ser asumido sin disponer de tal balanza de precisión, así como de un equipo microscópico dotado de un amplio carro de observación. Numerosas pruebas aconsejaron, por la alta concentración de partículas biogénicas citadas –como base empírica de nuestro trabajo–, realizar

pesadas en balanza de precisión de cinco decimales, pudiendo obtener hasta 0,00010 gr de muestra. Sin embargo, pese a que se ha comprobado la idoneidad de dicha cantidad —por permitir entre otras cosas una baja concentración y por tanto la cuantificación de fitolitos totales— se ha descartado inicialmente dicha práctica por la inexactitud provocada —no por la balanza en sí— sino por la generada por los instrumentos quirúrgicos con los que se logra la dispersión de la muestra por la superficie del portaobjetos, en los cuales quedaría adherida parte de la misma. No obstante, pese a que esta tesis doctoral no se haya contemplado dicha práctica más allá de la comprobación de las metodologías ya empleadas en este campo, debe asumirse un método similar para pasar a las fases siguientes de la investigación, donde se hace necesario contar con un método estandarizado que permita —entre otros aspectos— cuantificar las biomineralizaciones contenidas en las plantas de referencia por gramo de muestra bruta.

Por su parte, la tradicional elaboración de PM mediante la colocación de una cantidad indeterminada de muestra sobre portaobjetos, medio de inclusión y cubreobjetos queda descartada para un estudio cuantitativo, pero no así para el estudio cualitativo, especialmente el de muestras vegetales de referencia. La mayoría de plantas, y todas sus partes aéreas, así como el estudio de granos mediante molturación experimental se realizan mediante este sistema; las necesidades de observación marcan aquí el objetivo de una buena PM que debe contener elementos microscópicos en baja concentración, tanta como para no impedir la observación de todos los detalles de todos los morfotipos presentes.

Las preparaciones realizadas con el método descrito originalmente por Bárcena y Flores (1990), empleado posteriormente por Bárcena en su Tesis (1994), y aplicado por Hernández (2006) permiten contar con ambos preceptos. Así, la técnica de dispersión por pipeteado e inyección en solución acuosa facilita una distribución homogénea de la muestra, lo cual resulta más complejo de lograr mediante los habituales métodos, utilizando material quirúrgico en la dispersión manual sobre el portaobjetos. Para posibilitar los estudios comparativos —tanto a nivel cualitativo como cuantitativo—, en esta tesis doctoral se ha optado por el empleo de dicho método, para todas las muestras, tanto las de tipo arqueológico, edáfico e incluso se ha ensayado con las muestras vegetales de referencia<sup>99</sup>.

El protocolo de montaje consta de los siguientes pasos:

1. Colocación de la muestra, libre de elementos cementantes y arcillas, en recipiente plástico de 50 ml con tapa y rosca.
1. Enrasado a 40 ml con agua destilada.
2. Agitación enérgica, hasta 5 veces.
3. Inmediata extracción de alícuota, con pipeta de precisión, de un

---

<sup>99</sup> En este caso concreto la experiencia aconsejó emplear el método tradicional de pesado de un alícuota en balanza de precisión, dado que las biomineralizaciones contenidas en los tejidos vegetales, de no hallarse totalmente dispersas —cosa que sólo suele lograrse si no se recurre a ultrasonidos o buena dispersión manual—, éstas irán en posición anatómica, conformando secciones enteras de silicificaciones (esqueletos silíceos) que suelen atorarse en el extremo más estrecho de la punta de pipeta.

- volumen de 500<sup>100</sup> o 1.000 µl.
4. Inyección en cápsula de Petri con cubreobjetos en su fondo, enrasada, con agua destilada, hasta borde.
  5. Reposo durante un mínimo de 2 horas.
  6. Decantación de sobrenadante por capilaridad.
  7. Secado final del cubreobjetos en placa calefactora ( $\pm 80^{\circ}\text{C}$ ).
  8. Colocación de 2 gotas de Permount™.
  9. Sellado con portaobjetos con signatura de la muestra.
  11. Acabado: limpieza y eliminación de bordes con bisturí.
  10. Observación microscópica para comprobación de idoneidad de PM.

Las PM realizadas, mediante este protocolo, han resultado idóneas para la observación cualitativa y cuantitativa de las muestras de suelos y sedimentos. No obstante, se han presentado problemas en las preparaciones realizadas con 1000 µl, ya que en algunas de ellas, con alta densidad de partículas finas –minerales y biogénicas– se producía un solapamiento tal, de las primeras, como para evitar la correcta identificación de las segundas. Este particular no ocurría con aquellas muestras donde ambos tipos de partículas –especialmente las de tamaño  $<50\ \mu\text{m}$ – se encontraban poco representadas. Por ello se ha optado a realizar dos preparaciones –de la misma muestra en suspensión en 40 ml.– con un volumen de extracción fijo de 500 µl. De este modo, se ha logrado que la decantación de partículas sobre la placa de Petri se produzca de forma homogénea, pero también sin acumulación de unas sobre otras. Es decir se ha acomodado el volumen de extracción a la superficie de depósito para lograr una óptima dispersión, y con ello favorecer una óptima observación de las partículas contenidas en las PM.

Si bien al principio pareció oportuno restringir esta práctica para aquellas muestras con alta concentración en partículas finas, finalmente se optó por aplicarla de forma estándar, obteniendo dos preparaciones confeccionadas con 500 µl cada una, extraídos desde 40 ml de suspensión, lo cual permitió –desde los datos totales obtenidos entre ambas– contar con los aportados de 1000 µl de volumen de extracción. Igualmente se ha comprobado que dicha práctica resulta útil para evaluar la similitud en la concentración de determinados microfósiles, ya que ésta debe coincidir aproximadamente en el cómputo realizado en las preparaciones por separado.

Con respecto a la calidad de las preparaciones realizadas de este modo, sobre superficies de 2x2 cm., es tan alta como para poder observar, con una magnificación de 600x, los detalles de las partículas minerales entre los que se encuentran, o no, microfósiles silíceos y no silíceos. En todo caso, esta elección no limitaba el estudio de un número mínimo de individuos<sup>101</sup>,

---

<sup>100</sup> Cuando se ha escogido esta opción, por motivos derivados de la concentración de partículas, se ha duplicado la extracción para realizar dos preparaciones de 500 µl, con el fin de garantizar siempre la inspección de preparaciones realizadas con el mínimo de 1.000 µl totales.

<sup>101</sup> Como citan, tanto Bárcena y Flores (1991) como Albert *et al.* (1999) y Portillo (2006, Tesis, UB), el cómputo de número mínimo de individuos es fundamental para la valoración cualitativa, tendente a estudios taxonómicos, como cuantitativa, para evaluar la concentración real de microfósiles en una muestra dada. El hecho de lograr realizar preparaciones con una alícuota representativa del total de la muestra en

solamente por debajo de los 100 ejemplares en suelos de referencia y no en sedimentos arqueológicos<sup>102</sup>, salvo en casos donde las características de éste no tenían relación con prácticas funerarias que supusiesen deposiciones de tejidos vegetales. Como ocurrió en los sedimentos del Acceso al Pescante de Vallehermoso (La Gomera) parecía obedecer a una elección intencionada del sedimento, que debía envolver los cuerpos allí depositados<sup>103</sup>. Igualmente la mayoría de suelos de referencia se comportaban con esta escasez de microfósiles, salvo en el caso de los sedimentos de puntos húmedos. En todo caso, el volumen de 1.000 µl ha demostrado ser el ideal para evaluar, al menos de forma preliminar, la concentración real de microfósiles por gramo de muestra bruta analizada.

#### **Preparaciones sin tratamiento previo del material (frotis).**

Esta técnica se tomó de las empleadas en la sección de Paleontología (Dpto. de Geología, USAL) para el estudio preliminar de muestras con posible contenido en microfósiles (diatomeas, crisofitas, fitolitos) en contextos oceánicos (Bárcena, Com. y Ases. Pers., 2005). Consiste en disponer de una parte de la muestra en bruto (sin tratamientos previos) sobre la superficie de un portaobjetos, que es extendida sobre éste con la ayuda de agua destilada intentando eliminar los elementos más gruesos (aprox. >250 µm). Para obtener una visión más amplia, la preparación realizada con un medio de inclusión permanente (Permount™) ocupa una superficie mayor a la empleada habitualmente (2x2 cm.), utilizando un portaobjetos de 2x5 cm. La inspección microscópica de este tipo de preparaciones habitualmente resuelve las dudas sobre su contenido en microfósiles, aunque éstos deban ser identificados en condiciones adversas para su observación detallada, ya que se encuentran englobados en una matriz sedimentaria o edáfica aun no tratada convenientemente para su dispersión y separación granulométrica. Por lo general este primer paso confirma la presencia de microfósiles, tanto silíceos como carbonatados y almidones, ofreciendo incluso una primera impresión sobre sus concentraciones en relación con las partículas eminentemente minerales y coloidales.

---

suspensión, al estar éstas ajustadas en concentración a las posibilidades del equipo microscópico, permite conocer el número total de partículas biogénicas (dígase aquí fitolitos, microalgas, almidones, etc.) en la preparación. Lo cual a su vez deriva, pese a la complejidad del estudio microscópico en inversión de tiempo, en el conocimiento de la concentración real de los mismos en preparación. Limitando la extrapolación de datos, mediante el empleo de hojas de cálculo informáticas (p.e. Excel) se facilita al cómputo total de microfósiles por el peso de la muestra tratada en laboratorio (=1 gr.).

<sup>102</sup> Donde por lo general las concentraciones de microfósiles como los fitolitos suelen ser más altas que en suelos.

<sup>103</sup> La escasez de microfósiles, rota solamente por la presencia de microcarbones, podría deberse en este caso a que el sedimento empleado como sustrato cubriente no pertenecía al de zonas de habitación, donde sin duda podía existir mayor grado de deposición de materiales vegetales. Por el momento dichas zonas no han sido detectadas, pese a estar situadas en las cercanías del yacimiento, por la intensa remoción moderna de las mismas para realizar edificaciones e infraestructuras (agrícolas y de comunicación).

### Preparaciones eventuales.

En este caso las PM se confeccionan siguiendo el objetivo de lograr la visión más nítida posible sobre determinados elementos microscópicos. La utilización de medios de inclusión no permanentes debe permitirnos la confección rápida de PM para evaluar las características microscópicas de las muestras, en este caso en cuanto a su contenido biomineral. Este tipo de PM han resultado muy útiles en la observación en 3D de todo tipo de microfósiles, siguiendo los pasos enunciados por Pinilla & Bustillo (1997; 2002, Com. Pers.). Se emplea para ello un medio de inclusión no-permanente que suele cristalizar más o menos rápido (unos 10 días máx.) dependiendo de la temperatura ambiente y si se sellan o no sus bordes.

### Preparaciones estándar y método cuantitativo.

#### Estimaciones cuantitativas de microfósiles en preparaciones de suelos y sedimentos.

Se ha hecho necesario elaborar un modelo estándar de PM, dado que de ello dependía la capacidad del método analítico para permitir establecer las necesarias inferencias comparativas entre las distintas —y muy heterogéneas muestras— que configuran el corpus empírico de esta tesis. La elección de dicho método se relaciona directamente con el proceso general de tratamiento de muestras, dado que éste condiciona —en su grado de idoneidad— la calidad de las PM confeccionadas con las muestras libres de elementos cementantes y de aquellas fracciones texturales que pueden complicar la identificación y cuantificación de microfósiles.

Con el fin de disponer de varias preparaciones de una misma muestra, se optó por realizar algunas de ellas mediante el simple método de pesar una cantidad (1-0,5 mgr.), montadas con medio permanente (Permout® y Bálsamo de Canadá) en una superficie de cubreobjetos de 2x2 cm. Con lo cual se comprobó, mediante el empleo de balanza con precisión de hasta 0,0001 gr., como 0,0010 grs. de muestra ya suponía una cantidad suficiente para realizar una preparación<sup>104</sup>, al menos si se pretendía que ésta tuviese la concentración mínima para observar con suficiente aislamiento las partículas existentes, pudiendo realizar una estimación básica de las de tipo biogénico, hecho especialmente relevante en el estudio de los residuos provenientes de las plantas patrones de referencia. Pero también y he ahí lo importante de la práctica, que si existe real disponibilidad de muestra, pueda ser empleada ésta no sólo con las muestras de referencia sino también en las de origen arqueológico y edáfico, existiendo la posibilidad de confeccionar nuevas preparaciones mediante pipeta de precisión —empleando el método descrito para suelos y sedimentos—, siempre que sobre la muestra restante, a la primera extracción, no se practique una separación de fracciones, o bien que las preparaciones se realicen sobre cada una de éstas ya separadas.

Tras comprobar que el método basado en el pesado de una escasa cantidad de muestra no era de nuestro total agrado, por el grado de incertidumbre creado en la confección de preparaciones, y no garantizar una perfecta dispersión en la totalidad de la superficie de las preparaciones permanentes, se optó por seguir el planteado por Bárcena *et al.* (1998) con

---

<sup>104</sup> En el caso de muestras de sedimentos arqueológicos y suelos.

modificaciones y aplicaciones desde Bárcena & Flores, 1990 y Bárcena (1994), entre otros. Se trataba de que dichas preparaciones se emplearan para realizar los cómputos de microfósiles y estuvieran disponibles en cualquier momento para su revisión.

Los criterios en los que se basa el método de la decantación al azar tienen puntos en común con lo expresado por Albert & Weiner (2001) y aplicado por Albert *et al.* en trabajos anteriores (1999), al respecto del número mínimo de individuos necesarios para reducir el grado de error en las lecturas referentes a las concentraciones por gramo de muestra de fitolitos en contextos arqueológicos. Pese a que el modo de llegar al cómputo de éstos parta de metodologías muy diferenciadas —pesado de muestra frente a extracción con pipeta de precisión—, el objetivo cuantitativo busca un alto grado de acierto en la cuantificación por gramo de muestra.

Y en el caso de los fitolitos con el fin de comparar —los datos obtenidos— con los emanados de colecciones vegetales de referencia. Mientras que Albert & Weiner (2001) indican que el recuento mínimo de 200 fitolitos parece suficiente para la obtención de datos fiables en la interpretación de resultados (Albert & Portillo, 2005), Bárcena & Flores (1991) lo hacían con 500 valvas de diatomeas, lo cual les lleva a plantear un grado de acierto del 95% en el mismo propósito, tal y como plantearían Denisson & Hay (1967). Atendiendo a tales criterios planteamos la posibilidad de realizar —con vistas a lograr un alto grado de acierto, en preparaciones donde no se ha aplicado una separación de partículas biogénicas de minerales por densimetría— estimaciones de microfósiles totales en preparación microscópica. Para ello, tal y como se ha expresado en el apartado anterior, era necesario contar con un método que garantizase la recuperación de la totalidad de microfósiles de una muestra, al menos hasta un rango de partícula suficientemente amplio para no descartar la mayoría de ellos. Lo cual se consiguió empleando una punta de pipeta de hasta 700  $\mu\text{m}$  de diámetro.

El siguiente paso resultó complejo, pues el sistema de observación microscópica debía ajustarse al detalle, esto es: poder revisar la totalidad de una preparación 2x2 cm. mediante el equipo microscopio de rutina, llevando a cabo el conteo de la totalidad de partículas biogénicas presentes en las mismas. Retomábamos así la idea de una analítica de fitolitos (y otros microfósiles asociados) en sedimentos basada en la observación de concentraciones reales en el seno de parte de la matriz sedimentaria y/o edáfica de acogida. Aunque para ello se debía emplear una mayor inversión en tiempos de observación y conteo que, como principal ventaja, nos ofrecían una perspectiva cuantitativa de concentración real de microfósiles por gramo de muestra analizado, llevando a cabo —como extrapolación— las cantidades totales obtenidas por cada preparación a dicho peso de partida.

El límite de realización de esta práctica se situaba en torno a las 9.000 partículas, rango más que aceptable en cuanto a número mínimo de individuos en preparaciones donde se mantenían presentes partículas minerales en un rango situado igualmente entre 700-2  $\mu\text{m}$ . Como ya se ha expresado, las pruebas realizadas con varios volúmenes de extracción de alícuota aconsejaron dividir las preparaciones en 2, ambas de 500  $\mu\text{l}$  extraídos desde 40 ml. de solución. Las preparaciones pueden ser así analizadas en su totalidad, mostrando desde los primeros campos la concentración real de

microfósiles entre partículas minerales, así como los diferentes grupos vegetales a los que representan los primeros. La observación nítida de estos se logra por la inexistencia de partículas de arcillas –eliminadas concienzudamente mediante el protocolo expresado anteriormente– y de los óptimos parámetros de dispersión y baja concentración de partículas, tanto minerales como biogénicas. De tal modo que, aunque el protocolo aplicado no contempla el aislamiento de éstas últimas de la fracción mineral restante (arenas + limos), el resultado puede llegar a ser tan adecuado para el estudio de fitolitos y microalgas como es el citado por Albert *et al.* (1999), entre otros autores; añadiendo la posibilidad real de contemplar la relación existente entre buena parte del sustrato de acogida (hasta un rango máximo de partícula de 700  $\mu\text{m}$ ) y dichos microfósiles. Aspecto que sin duda aporta un valor añadido a su estudio en contextos edáficos, paleontológicos y arqueológicos, donde el sustrato guarda muchas de las características originales del medio donde se desarrollaron organismos –en este caso vegetales– adaptados a especiales, concretas y muchas veces cambiantes condiciones ambientales del pasado (Chaline, 1982).

El método de observación, con fines cuantitativos, se realiza finalmente siguiendo los siguientes pasos:

- 1.- Colocación de la preparación microscópica en el carro de microscopio de tal forma que pueda ser “leída” en su totalidad.
- 2.- Observación de la preparación de izquierda a derecha mediante aumentos situados entre 300x y 400x, reservando la magnificación de 600x para el estudio en detalle de una determinada partícula.
- 3.- Realización de barrido completo en sentido horizontal (izquierda a derecha) y desplazamiento del campo de observación, en vertical, al final de cada uno de ellos, calculando que el final del último (horizontal) coincida con el primero situado más abajo.
- 4.- La preparación es observada en su totalidad (2x2 cm.), estimándose que en el barrido horizontal, de arriba abajo, se inspeccionan un total de 40 campos a 400x.

Tal y como ya se ha expresado, el cómputo de microfósiles totales se realiza sobre obtenido de la suma de dos preparaciones microscópicas por cada grupo de morfotipos, lo cual garantiza un número mínimo de individuos aceptable ya que por lo general se cuentan preparaciones 2x2 cm. completas. Dándose el caso de obtener datos, correspondientes a los mismos, de más de 8.000 individuos por preparación. Dichos resultados son introducidos finalmente en una hoja de cálculo Excel® que permite extrapolarlos al peso neto de la muestra, obtenido cuando en ésta ya han sido neutralizados parte de los elementos cementantes, como materia orgánica, carbonatos y arcillas.

#### **Otras estimaciones cuantitativas.**

En algunas ocasiones ha sido necesario diseñar una estrategia de cuantificación al margen de las ofrecidas por el conteo completo de preparaciones realizadas según el método descrito anteriormente. Este es el caso del estudio de microfragmentos de carbón o *microcarbones* presentes, de forma extremadamente abundante en muestras de suelos y sedimentos

arqueológicos, especialmente donde existió una fuente de generación de este tipo de partículas, como podrían ser estructuras de combustión y carboneras históricas. En especial ha sido el rastro de estas últimas el que generó la necesidad de contabilizar, al menos de forma preliminar, la concentración de las mismas en preparación microscópica, con la posibilidad de extrapolarlo al de peso de muestra tratada en laboratorio. Las vías para hacerlo podían ser varias, incluyendo especialmente el uso de cámaras de recuento tipo *New Bauer®*.

#### **Apreciaciones sobre la metodología microscópica empleada.**

Tras realizar numerosas pruebas, los mejores resultados se han obtenido mediante el método descrito originariamente por Bárcena (1994), con la salvedad de que se debe controlar bien el aspecto de la dispersión de la disolución en la cápsula de Petri. De no comprobar este particular puede aparecer la formación de grumos y solapamientos entre partículas de diferente tamaño, lo cual impide lograr el objetivo buscado de máxima dispersión entre las mismas para localizar y estudiar las de origen biogénico (fitolitos, microalgas, etc.).

Por buenos resultados hemos entendido que se trataban aquellos que permiten, no sólo una observación precisa, de cada tipo microfósil aislado, sino la completa cuantificación de estos dentro de la superficie microscópica seleccionada para su estudio. Tales resultados solamente se han obtenido realizando, por cada muestra, tres preparaciones, dos de ellas siguiendo el método de la decantación al azar y extrayendo 500 µl, y la tercera pesando la cantidad de 1 mg. en balanza de precisión, al menos cuando se trataba de sedimentos y suelos.

En este último caso se consigue comprobar lo observado en las otras dos preparaciones, que en la suma de microfósiles totales debe coincidir —aunque obtenida por otro método— con la realizada en la preparación confeccionada siguiendo el método estándar de pesar una pequeña cantidad de muestra. Por lo general, la cantidad de microfósiles contadas, en una sola preparación 2x2 confeccionada desde una alícuota de 500 µl, suele superar los 1.000 ejemplares, por lo que queda suficientemente compensada la cuestión del número mínimo de individuos contabilizados para establecer lecturas sobre la representatividad por grupos de clasificación.

#### **Conclusiones sobre la conjunción de los métodos de observación empleados.**

Finalmente, atendiendo a las potencialidades y limitaciones de nuestro equipo de microscopía, así como de las necesidades básicas de un estudio microfósil básico, y después de llevar a cabo numerosas comprobaciones con diferentes tipos de muestra y la cantidad de estas en preparación, se logró ajustar todo el sistema de observación microscópica con un método estandarizado. Dicho método atendió por tanto a la limitación mecánica del microscopio empleado de forma rutinaria (Leica CM E), y en especial al carro del mismo, para confeccionar preparaciones que fueran posibles de observar en su totalidad, que en este caso se comprobó que debían ser de 2x2 cm. Estas dimensiones se configuran como la superficie total a estudiar, y por tanto de todos los microfósiles enclavados entre portaobjetos y cubreobjetos, de forma cuantitativa a 400x y de forma cualitativa a 600x. Para ello la preparación,



como ya se ha mencionado, debía de ser lo suficientemente clara, pero también representativa, como para valorar el registro microscópico de una muestra.

Por todo ello, finalmente, la conjunción entre el equipo de microscopía –con potencialidades y limitaciones–, y los requerimientos de las preparaciones confeccionadas para su estudio en dicho equipo, quedaron complementados entre sí, tomando éstas últimas el formato de superficie de 2x2 cm., bajo la cual se contenía una alícuota seca de 500 µl, extraída desde 40 ml de suspensión, donde se contenía, a su vez, la totalidad de la muestra resultante del tratamiento/s de laboratorio. Logrando así disponer de preparaciones que eran posibles de observar en su totalidad, para realizar un cómputo de todos los microfósiles contenidos entre cubre y portaobjetos. Y como ya se ha mencionado, para compensar una posible escasez de estos, así como el posible efecto pernicioso de la decantación al azar, se optó por confeccionar dos preparaciones de 500 µl, con lo cual se aseguraba, igualmente, la representatividad de la muestra analizada. Las pruebas realizadas con muestras de naturaleza, procedencia y concentración de microfósiles –por gramo de la misma– muy dispares aportó, unas veces por ausencia y otras por alta densidad de aquellos, la idea de estar ante un método idóneo para ser empleado siguiendo el precepto aportado por Staller & Thompson (2001), de *llegar a poder discernir el rol de una especie vegetal en un resto arqueológico*, en este caso empleando, como primer paso para lograr dicho objetivo, la observación de la concentración real de microfósiles, derivados de una especie vegetal u otra, en preparaciones realizadas con la misma técnica de tratamiento y observación microscópicas.

No obstante, debo matizar la comprobación de que los mejores resultados, es decir en el hecho de poder valorar la entidad arqueobotánica de un determinado microfósil vegetal, se obtienen realizando sendas observaciones microscópicas sobre la misma muestra, antes y después de los tratamientos de laboratorio. Todo ello observando el comportamiento, en el caso de suelos y sedimentos, del resto de partículas que conforman la textura de los mismos. Ya que su grado de dispersión y aislamiento, en la extensión de la preparación microscópica, indicará que las partículas biogénicas se encuentran en el mismo estado, siendo por tanto perfectamente distinguibles y analizables (cualitativamente y cuantitativamente hablando). De este modo confirmamos el proceder en el protocolo empleado por Bárcena (2005, Com.Pers.), señalando la confección inicial de preparaciones sobre muestras sin tratar, mediante la realización de un *frotis* previo de la misma, y empleando únicamente –en su confección– agua destilada, así como utensilios quirúrgicos de punta fina, para la extensión y dispersión de la muestra.

Las observaciones realizadas de esta forma deben permitirnos evaluar la muestra en estado original, siendo aconsejable hacerlo en la extensión máxima de un portaobjetos convencional (5x2 cm.). Dado que se deben realizar preparaciones al final del proceso de tratamiento, la inspección de estas confirmará –junto con las realizadas al inicio del análisis–, si el registro microfósil ha resultado dañado<sup>105</sup> y si éste se encuentra en disposición, por su

---

<sup>105</sup> En nuestro caso ha permitido valorar el efecto pernicioso de los ultrasonidos empleados para la dispersión de los agregados de arcilla, tras comparar mediante

grado de nitidez entre partículas minerales, de ser estudiado en los dos conceptos fundamentales de características morfométricas y concentración por grupos clasificables.

En definitiva, de esta forma quedó configurado el método estándar para el tratamiento y estudio de microfósiles, desde matrices sedimentarias (arqueológicas y no-antropizadas) y edáficas (**Figura 228**) con el fin de buscar evidencias –bajo la forma de fitolitos en muchos casos– que incluso unieran parámetros de ambos materiales y procesos, los naturales y los humanos. Asumiendo sus posibles carencias, en cuanto al no-empleo de técnicas de separación disimétrica<sup>106</sup>, pero logrando desarrollar, al menos, el esquema teórico y empírico en el que se basa el proceso de obtención de información, microscópica. Y buscando, especialmente, garantizar un grado de precisión aceptable<sup>107</sup> en la posterior emisión de lecturas y valoraciones, basadas –exclusiva pero atendiendo a otras ya existentes–, en la observación microscópica del registro microfósil presente en el conjunto total de muestras, tomadas como representativas de los materiales donde podían hallarse presentes este tipo de evidencias microscópicas.

Quizá una de las puntualizaciones necesarias tras la reflexión obtenida durante la valoración general del método empleado, sea que se ha logrado la observación conjunta de todos los microfósiles vegetales tomados como base empírica de nuestro trabajo, existiendo la posibilidad real de valorar la presencia de partículas fundamentales como limos y arenas finas, aspecto que retoma –con matices tan importantes como los de una disciplina propia– algunas de las directrices de la Micromorfología de suelos y sedimentos. En especial porque estos materiales son observados sin eliminar la mayoría de partículas que los constituyen, lo cual permite obtener una imagen real, tanto a nivel de características morfométricas como de concentraciones, de las de naturaleza biogénica (fitolitos y microalgas) presentes en la matriz edáfica, al menos de aquella donde ya se ha operado la eliminación de la fracción arcilla.

Debido a todo ello, las partículas correspondientes a éstas ya no se encuentran en posición original, ya que los tratamientos necesarios para obtener su mayor grado de nitidez modifican totalmente dicha disposición. Algo que no ocurre en las preparaciones de lámina delgada, base de los

---

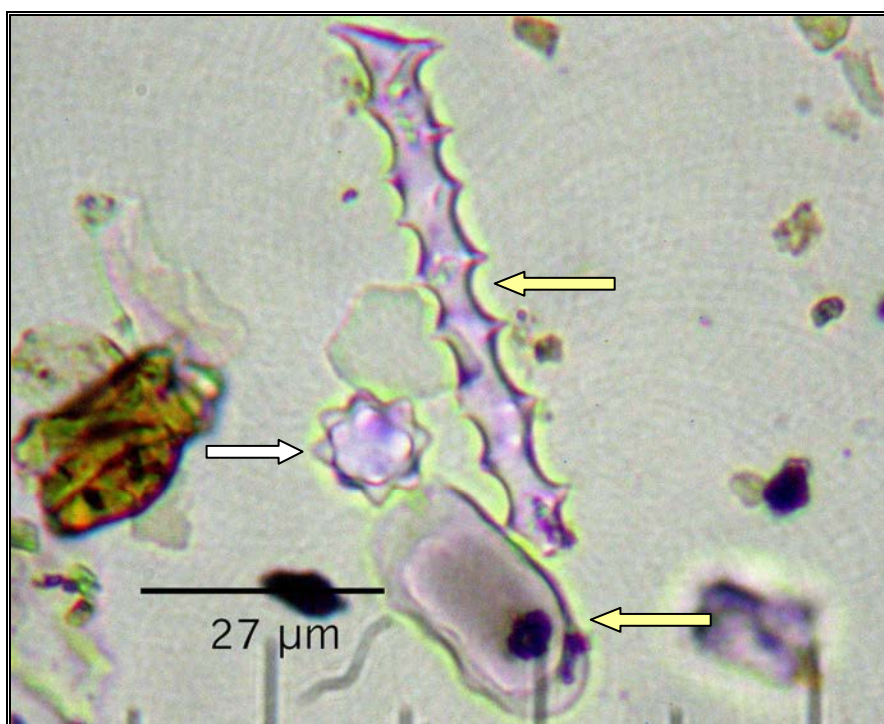
preparaciones iniciales de muestra no tratada (frotis) con las realizadas con la muestra resultante de los tratamientos de laboratorio.

<sup>106</sup> Suficientemente descrito en sendos trabajos por Albert *et al.* (1999), Piperno (2006), entre otros.

<sup>107</sup> De nuevo nos referimos aquí al planteamiento, al respecto de la idea propuesta por Staller & Thompson (2001) sobre la obligación de asumir la explicación del papel de un determinado registro microscópico en una muestra de origen arqueológico, y que hacemos extensiva a materiales no-antropizados. La configuración del método expuesto, en la elaboración estandarizada de preparaciones microscópicas, ha seguido siempre el objetivo de lograr, con potencialidades y desventajas del método escogido para esta tesis, valorar la presencia de un determinado morfotipo microfósil, perteneciente a un determinado grupo de los mismos (terrestres o acuáticos) dentro de un contexto natural o antropizado. La importancia de esta idea retoma a su vez la de Biek (1963) al respecto de la *Historia de un lugar*, aquella que en realidad es la que se busca reconstruir y entender, y que guarda las claves, en forma de datos microscópicos encriptados, de los procesos naturales y antrópicos, allí desarrollados.

estudios micromorfológicos comunes. Estudios que permiten conocer la situación de dichas partículas en la estructura original de una muestra dada. No obstante, el protocolo aquí descrito permite observar la casi totalidad de sus partículas (denominémoslas *fundamentales* sin ser de todo correcto), pese a haberse operado su desestructuración por vía metodológica (extracción, tratamientos y montaje).

Para conocer la disposición original de éstas en el seno de la matriz edáfica o sedimentaria habría que recurrir a la observación micromorfológica de suelos y sedimentos (naturales o antropizados) como recurso disciplinar. Pero esta vez, con nuevos objetivos y planteamientos, como son todos aquellos emanados de la moderna disciplina de la *Fitolitología* y su estudio versado en responder al estatus de partículas biogénicas como los fitolitos, en dichos materiales. Este particular, el que hemos descrito, no ocurre en las analíticas puras de fitolitos, donde se elimina, como ocurre en el tratamiento de muestras orientadas hacia el estudio de polen y esporas, la totalidad del sustrato portante, bien por vía de disolución ácida (empleando reactivos como el fluorhídrico), bien fraccionando mediante líquidos de densidad conocida (separación por densidades), técnica igualmente apta para los palinomorfos (Uitdehaag & Kuiper, 2007).



**Figura 228**, Conjunto de fitolitos localizado en suelo de *El Camino Largo* (La Laguna) tras aplicar el proceso de elaboración de preparaciones descrito. Dada la dispersión, y la limitada concentración de partículas minerales y biogénicas (fitolitos en este caso) en preparación como las desarrolladas por las palmeras (blanco) y las gramíneas (amarillo) todas pueden ser perfectamente apreciadas en detalle y concentración, lo que facilita igualmente su clasificación por grupos. 600x. J.A.

Pero no debemos olvidar que se trata de disciplinas suficientemente consolidadas, de las cuales surge directamente nuestro trabajo al respecto,

pese a que existan opiniones que plantean que toda analítica microscópica, de partículas insertas en una matriz de suelo o sedimentos, ya es por definición subsidiaria de la Micromorfología. Y es que, como ya se ha citado anteriormente (Afonso, 2004) la evaluación de la presencia de tales partículas biogénicas viene dada por la importancia específica como microfósiles, refiriéndonos aquí concretamente a fitolitos (ambos: sílice y oxalatos) y microalgas, y otros grupos no siempre tan abundantes, derivados de una deposición natural o inducida por las actividades humanas del pasado. La complejidad de tal evaluación, que se relaciona directamente con abundantes tareas de prospección, muestreo, trabajos experimentales e inspección microscópica, nos hace referirnos a la mencionada disciplina de la Micromorfología, pero con claros matices diferenciadores que la realidad científica actual confirma.

En todo caso los métodos de observación microscópica aquí descritos siempre deben considerarse derivados de la Microscopía Analítica, ya que desde ella, en términos generales y el de los numerosos trabajos existentes en el campo de los microfósiles en particular, se han tomado aquellas técnicas y procedimientos para realizar el estudio microscópico más detallado posible del conjunto empírico de esta tesis doctoral.

#### **Método para extracción de muestra con fines cuantitativos:**

- Tras todo el proceso descrito para el tratamiento de suelos y sedimentos, se procede a la preparación de cápsulas Petri con portaobjetos en el centro sobre superficie alta (5 cm de la mesa) y llenado de ésta hasta el borde (mejor preparar solución con gelatina oro en frío).
  - Agitado enérgico de la muestra y extracción de entre 500-1000 µl con pipeta de precisión.
  - Vertido suave de pipeta en la cápsula de Petri hasta obtener una distribución homogénea sobre toda la placa, agitar con la misma muestra.
  - Dejar reposar mínimo de 4 horas sin movimiento y a temperatura invariable.
  - Colocar tira de papel en borde para proceder a eliminar agua.
  - Dejar secar muestra.
  - Preparar placa calefactora, medio de inclusión (Permunt, Entellan o Bálsamo), palillos, papel y portaobjetos signados.
  - Colocar cubres con cuidado y bisturí o espátula en placa calefactora (secado) y añadir unas gotas de medio de inclusión.
  - Colocar el porta sobre el cubre y homogeneizar la preparación con palillos de madera hasta óptima distribución y eliminación de burbujas.
  - Acabado y limpieza con bisturí y papel impregnado en alcohol
  - Colocación al MO, detección morfotipos y cuantificación por transectos horizontales y/u verticales.
-

**Procedimiento de cuantificación:**

1. Frotis previo con muestra en bruto sin tratar (control concentraciones)
  2. Pesado 1,0030 gr muestra seca
  3. Tratamiento con peróxido de hidrógeno y clorhídrico (por separado)
  4. Lavados con A.D. respectivos sin centrífuga
  5. Tras último lavado decantado y colocación en tubo plástico con rosca de 50 ml.
  6. Enrasado a 40 ml (marca)
  7. Extracción con pipeta de precisión en volumen de 500-1000 microlitros.
  8. Colocación previa de cubreobjetos de 2x2 en cápsula de Petri de diámetro conocido (4-4,5 cm, diámetro medio) llena de AD hasta borde.
  9. Inyección alícuota en cápsula hasta lograr dispersión homogénea sobre cubreobjetos.
  10. Decantado mediante papel secante tras 8 horas.
  11. Secado en placa calefactora de cubreobjetos con muestra
  12. Medio de inclusión (Permunt: ANAME).
  13. Diámetro medio cápsula Petri= 40, 5 mm
  14. Superficie placa Petri media = 1288, 25 mm cuadrados
  15. La cuantificación se realiza sobre la totalidad de la preparación de 2x2 centímetros a una magnificación de 400x.
  16. El número total de individuos de un determinado grupo, en preparación, representa al valor relativo, cuando es expresado en el conjunto de otros grupos.
  17. Para la cuantificación se tiene en cuenta el volumen de suspensión (40 ml), la cantidad extraída con pipeta, la superficie de la placa de Petri y la del portaobjetos donde se aloja la muestra (2x2 cm). Los cálculos se realizan en una Tabla Excel confeccionada *ex profeso*.
  18. El número total de individuos con respecto al peso de muestra de partida representa el valor absoluto.
- Anotación al protocolo final: Finalmente se optó por “leer” preparaciones completas. Para lo cual únicamente se fijó el volumen de extracción y montaje en 500 µl., realizando dos preparaciones con el mismo volumen de muestra en suspensión. Proceder que permitió verificar el contenido real en microfósiles en ambas, así como contar con mayor número mínimo de individuos, especialmente en aquellas muestras donde no existe una concentración significativa de microfósiles.

## Capítulo Resultados 5-I

### Contenidos:

- Sobre plantas patrones y Colección de Referencia
- Selección de Fichas preliminares de Análisis Biomineral.
- Experimentación con alimentos actuales.
- Relacionando suelos con fitolitos de especies vegetales de aprovechamiento antrópico: el ejemplo de *Phoenix canariensis*.

**Sobre plantas patrones de referencia: lo fundamental del conocimiento previo.**

Aunque el camino para ello sea complejo y requiera de amplios estudios microscópicos y estadísticos, el conocimiento de las biomineralizaciones generadas en cada parte de cada planta garantiza la resolución de las cuestiones planteadas sobre el reconocimiento vegetal desde sus biomineralizaciones fósiles y en concreto de fitolitos. Por ello el tratamiento de plantas patrones, con el fin de obtener residuos que contengan éste tipo de partículas, supone siempre un principio, un paso tan importante en su estudio como lo es la revisión de toda la bibliografía existente al respecto. Más importante si cabe cuando sobre lo que se trata de conocer no existe información previa. Por ello, durante el capítulo referente al mundo de los fitolitos, se ha intentado aunar ambos tipos de conocimiento, el experimental y el bibliográfico.

Los resultados mostrados de forma introductoria a lo largo de esta Tesis, con el fin de ilustrar la naturaleza de tan singulares evidencias, suponen sólo una mínima parte del trabajo realizado con plantas patrones. Con los ejemplos mostrados, más las descripciones detalladas contenidas en cada una de las fichas presentadas, se busca ofrecer una imagen sucinta del tipo de elementos empíricos de partida, centrándonos en aquellos que parecen poder permitir identificar determinados géneros y grupos botánicos en contextos del pasado. Se trata de un fundamental conocimiento previo que aquí guarda la clave de constituirse como comienzo de una modesta investigación en fitolitos.

**Colección de referencia y observación de muestras-problema.**

En el plano de la aplicación directa, desde el conocimiento de referencia al reconocimiento de fitolitos y biomineralizaciones en sedimentos y suelos, cabe destacar que no siempre dicho conocimiento permite reconocer lo que se está observando, aspecto éste que aconseja el estudio detallado de cada planta, atendiendo al criterio de multiplicidad que puede darse, por ejemplo, entre sus tejidos foliares y del tallo, e incluso dentro de cada uno de ellos.

Mientras que en el primer caso resulta sintomático de una situación real, dado que tras haber estudiado múltiples preparaciones confeccionadas con el mismo método, se llega a la conclusión de que, efectivamente, la diversidad de fitolitos es muy baja porque esa concreta muestra no la presenta, lo mismo que ocurre con su concentración. Por el contrario, en otras observamos altísima diversidad y en especial formas que no conocemos<sup>1</sup>.

En otros casos, como ha ocurrido con los fitolitos de palmeras (sin duda omnipresentes en la mayoría de contextos analizados), su presencia es fácilmente detectable y en ocasiones incluso sorpresiva<sup>2</sup>. En este sentido,

---

<sup>1</sup> Aunque he de decir que en la mayoría de las ocasiones tales formas pueden ser descartadas, al menos como pertenecientes a un determinado grupo vegetal, y ello también debe ser tomado como aspecto positivo, derivado de la experiencia —en términos de conocimiento comparativo— aportada por los materiales de referencia.

<sup>2</sup> Haciendo referencia expresa a contextos arqueológicos donde resulta sorpresiva la presencia de fitolitos de *P. canariensis*, mientras que en otros —como paleosuelos con bastantes miles de años de antigüedad— su ausencia resulta, igualmente, sorprendente.

queda aun mucho trabajo por recorrer, puesto que los resultados que siguen a continuación suponen sólo una parte de la labor de documentación microscópica obligada en estos casos. No obstante, en su limitada enseñanza empírica (porque lo ha sido tanto en experimentación como en experiencia e investigación) nos ha dado las claves para concatenar resultados de referencia con los de muestras problemas, permitiendo cerrar el ciclo investigador marcado en esta Tesis.

### Datos analíticos

El tratamiento de las plantas en laboratorio aporta una serie de datos que nos permiten conocer algunos aspectos de su naturaleza, siendo directamente aplicable al posterior plano de análisis biomineral. En esta tesis se presentan los datos obtenidos desde el conjunto de muestras vegetales, tras los diferentes tratamientos aplicados, que pueden esquematizarse de la siguiente forma:

- Variación del peso de partida en muestras sometidas a calcinación.
- Volumen de ceniza resultante con respecto a la muestra inicial.
- Volumen de residuo resultante del tratamiento de descarbonatación.
- %SiO<sub>2</sub> estimado en función del peso inicial y final.
- Estimación del contenido en oxalatos/pseudomorfos de calcita.

Desde dichos datos, quizás los más relevantes sean los que permiten estimar la cantidad de sílice amorfo contenido en las muestras, y por derivación también los asociados a los contenidos no-silíceos de la ceniza resultante.

### Estimación de contenido en sílice amorfo (%SiO<sub>2</sub>).

Que los contenidos en SiO<sub>2</sub> por grupos vegetales varían sustancialmente es algo que ya se había planteado con anterioridad (Iler, 1979; Hodson *et al.* 1997; Piperno, 2006; entre otros), pero desconocíamos este parámetro en las plantas patrones sujetas a examen<sup>3</sup>, de hecho solamente en las que fueron tratadas de forma redundante pudo realizarse tal cometido. La razón de este hecho radica en que los tratamientos experimentales consistían, inicialmente, en disponer del residuo completo de cada zona de cada planta, sin eliminar ningún tipo de biomineralización, en concreto las de oxalato de calcio transformadas por el calor en pseudomorfos de calcita. Lo cual descartaba la aplicación de todo método que eliminara tales evidencias impidiendo, por derivación, conocer qué porcentaje neto ocupaba la sílice en los tejidos vegetales.

Por ello solamente se ha estimado el %SiO<sub>2</sub> en una selección de plantas, pertenecientes a muy diferentes grupos vegetales y que en su mayoría presentan alto interés arqueobotánico. Atendiendo a su ya atestiguada vinculación con determinados ambientes como a su concreta producción de biomineralizaciones, en algunos casos de diagnóstico (Tabla 13).

Tal y como era de esperar, en función de las indicaciones ya existentes al respecto (Piperno, 2006; entre otros), las diferencias más significativas se encuentran entre las herbáceas y las arbóreas, siendo los oxalatos de calcio la biomineralización más abundante en éstas últimas. Salvo en algunos casos,

---

<sup>3</sup> En especial las pertenecientes a las especies presentes en Canarias, con gran número de endemismos.



como ejemplificamos con *Pinus canariensis*, *Ocotea foetens* y *Laurus novocanariensis*, en su mayoría se trata de silicificaciones muy aisladas con respecto a los oxalatos. La selección de datos al respecto que se ofrece en la **Tabla 13** supone una ejemplificación que permite observar las diferencias existentes entre especies vegetales pertenecientes a diferentes familias y grupos botánicos. Los datos contenidos en dicha tabla son los referentes al peso de muestra de partida en gramos (Ps. In.), el peso resultante del tratamiento *Dry ashing* (Ps. Fnl.) y el %SiO<sub>2</sub> estimado en función de la pérdida de peso.

Especie	Ps. In. (gr.)	Ps. Fnl. (D.A.)	% SiO <sub>2</sub>
<i>Pinus canariensis</i> (tronco)	24,1273	0,1085	<0,45%
<i>Pinus canariensis</i> (acículas)	5,0386	0,0118	<0,23%
<i>Dracaena drago</i> (hj)	10,32	0,35	3,39%
<i>Laurus novocanariensis</i> (hj)	5,033	0,0144	0,29%
<i>Phoenix canariensis</i> (hojas)	3,4078	0,288	8,45%
<i>Phoenix canariensis</i> (troncos)	4,6701	0,0613	1,31%
<i>Chamaecitysus proliferus</i> (hj)	1,0017	0,0012	0,12%
<i>Spartocytisus supranubius</i> (tronco)	31,0809	0,0227	0,07%
<i>Spartocytisus supranubius</i> (tallos f.)	6,839	0,0172	0,25%
<i>Aegilops</i> sp. (hojas)	0,7652	0,021	2,74%
<i>Mentha longifolia</i> (hj)	0,3813	0,0025	0,66%
<i>Arundo donax</i> (hj)	1,0125	0,0643	6,35%
<i>Phragmites australis</i> (hj, VllGR)	1,0111	0,127	12,56%
<i>Chloris gayana</i> (hj)	0,297	0,0303	10,20%
<i>Pteridium aquilinum</i> (riz. Int.)	1,9962	0,0873	4,37%
<i>Hyphaene thebaica</i> (hj)	1,7515	0,086	4,91%
<i>Viola cheirantifolia</i> (hj+tll)	0,3324	0,0006	<0,18%
<i>Ficus carica</i> (hj, BD)	1,0032	0,0285	2,84%
<i>Euphorbia balsamifera</i> (tll)	19,2501	0,0077	0,04%
<i>Saccharum officinarum</i> (hj)	4,2579	0,3005	7,06%
<i>Sonchus acaulis</i> (hj)	2,5857	0,0207	0,80%
<i>Cynodon dactylon</i> (hj)	1,2686	0,0476	3,75%

**Tabla 13**, Estimación de % en SiO<sub>2</sub> en selección de muestras vegetales desde su tratamiento de laboratorio.

Los resultados se muestran atendiendo en primer lugar a diversas plantas arbóreas, arbustivas y herbáceas donde, como era de esperar, destaca el alto %SiO<sub>2</sub> de las gramíneas, las palmáceas y sorprendentemente pteridofitos como *Pteridium aquilinum*. Destaca igualmente, aunque en sentido contrario, la baja proporción existente en especies arbóreas como *P. canariensis* o *L. novocanariensis*. También es importante la baja proporción de SiO<sub>2</sub> existente en leguminosas y euforbias.

Sin embargo, la baja concentración de SiO<sub>2</sub> no debe entenderse en todos los casos como indicativa de escasez de silicificaciones con atributos morfológicos y ornamentales de diagnóstico. Uno de los mejores ejemplos, además de los ya mostrados, lo constituye el grupo de las compuestas

(*Asteraceae*) y puede ejemplificarse con el análisis de un género como *Sonchus*, que en Canarias presenta numerosos endemismos, como *S. acaulis*, exclusivo de Tenerife y Gran Canaria. Aunque el %SiO<sub>2</sub> que indican los resultados para el residuo de sus hojas puede considerarse bajo (<1%), las morfologías que adquieren esas silicificaciones son claramente perceptibles y clasificables dentro de las obras de referencia en materia de fitolitos (Rapp & Mullholland, 1992; Piperno, 2006; entre otras). Pese a que las tipologías donde pueden insertarse son muy comunes, en concreto las epidermis silicificadas en forma de panal (**Figura 229**) y las traqueidas atravesadas por engrosamientos anulares (**Figura 230**), suponen un punto de partida para reconocer a esta especie en aquellos contextos donde se depositen (suelos/sedimentos/residuos). Aunque en este caso, asociado quizás a su bajo %SiO<sub>2</sub>, las silicificaciones mayoritarias, que parecen ser las mencionadas formas de panal con respecto a las traqueidas, presentan alta fragilidad cuando son sometidas a la simple presión ejercida para realizar una preparación microscópica. Sin embargo, son un perfecto ejemplo del singular registro de silicificaciones detectables y clasificables por tipologías, que puede encontrarse en las mínimas concentraciones de SiO<sub>2</sub> que presenta una determinada planta en sus tejidos, también en este caso, foliares.



**Figuras 229 y 230**, Silicificaciones presentes en los tejidos foliares (sin nervadura central) de *Sonchus acaulis*. En forma de panal y gran tamaño (izquierda) y como traqueidas con engrosamientos anulares (derecha). Ambas 600x.

Por su parte los resultados obtenidos con granos de cereales<sup>4</sup> (**Tabla 14**) muestran sustanciales diferencias entre las cebadas (*Hordeum vulgare*) y los trigos (*Triticum* sp.), salvo aquellos que presentan granos vestidos, caso del trigo espelta (*T. aestivum* L. Tell sub. *spelta*). Dentro de otros géneros destaca el mijo (*Panicum milliaceum*), dado que presenta el %SiO<sub>2</sub> más elevado del conjunto de muestras facilitadas por el Banco de Germoplasma (INIA, Madrid). Cabe mencionar aquí, aunque suponga introducir datos referentes a morfologías de fitolitos y a las propias analíticas de los granos de cereal, que en la mayoría de los casos, donde el residuo representa porcentajes <0,5% éstos están constituidos por morfologías de diagnóstico.

<sup>4</sup> En su mayoría facilitados por el Banco de Germoplasma de Instituto Nacional de Investigación y Tecnología Agraria (INIA), a través de las Dras. Celia de La Cuadra y Magdalena Ruiz.

El primer aspecto tiene que ver con el tipo muestra, dado que los granos están formados en su mayoría por sustancias como la celulosa y enormes cantidades de almidón en forma de gránulos/granos. De ahí que el %SiO<sub>2</sub> sea extremadamente bajo, alcanzado como máximo el 1% del peso total (*P. milliaceum*). Sin embargo, esa pequeña porción es altamente silicificada y lo que es más importante está compuesta por partículas que adquieren la forma de fitolitos (esqueletos silíceos, células largas, cortas, estomas, apéndices epidérmicos y otros) con propiedades de diagnóstico taxonómico, en muchos casos a nivel de género e incluso especie.

En el caso de las verduras y leguminosas comestibles (Tabla 15), debe destacarse la baja proporción de silicificaciones existentes, sobre todo si nos atenemos a que se trata de láminas foliares y semillas, lo cual complica la labor de identificarlas en contextos no-actuales. Aunque se han detectado silicificaciones en leguminosas (Scott-Cummings, 1992; entre otros), éstas no han sido siempre en los tejidos de la semilla, la parte de la planta que quizás más interesa para un estudio arqueobotánico de consumos vegetales. No obstante, aquí como en el caso del millo/maíz (*Zea mays*) aunque no puede abordarse –desde el exclusivo estudio de silicificaciones– el tema alimenticio, el hecho de conocer en profundidad los fitolitos que producen las hojas de la planta (Piperno, 2006; entre otros) al menos facilita la labor de detectar éstas en antiguos contextos agrícolas.

Granos de cereales	Ps. In.	Ps. Fnl.	% SiO <sub>2</sub>
<i>Hordeum vulgare</i> L. var. <i>hexastichum</i> (TT)	1,0184	0,0054	0,53%
<i>Hordeum vulgare</i> L. var. <i>distichon</i>	1,0252	0,0042	0,41%
<i>Hordeum vulgare</i> L. var. <i>hexastichum</i> (VLLV)	1,0395	0,0043	0,41%
<i>Panicum milliaceum</i> (GE)	1,0186	0,0119	1,17%
<i>Triticum turgidum durum</i>	1,0338	0,0004	0,04%
<i>Triticum aestivum</i> L. sub. <i>vulgare</i>	1,052	0,0011	0,10%
<i>Triticum aestivum</i> L. Tell sub. <i>Spelta</i>	1,2273	0,011	0,90%
<i>Avena sativa</i>	4,9964	0,0172	0,34%
<i>Aegilops</i> sp.	0,3113	0,0034	1,09%
<i>Hordeum murinum</i> (inf)	1,0154	0,0317	3,12%

**Tabla 14,** Estimación de % en SiO<sub>2</sub> en cereales.

Verduras y leguminosas	Ps. In.	Ps. Fnl.	% SiO <sub>2</sub>
<i>Lactuca sativa</i> (lechuga)	4,38	0,03	0,68%
<i>Nasturtium officinale</i> (berro)	4,52	0,01	0,22%
<i>Phaseolus vulgaris</i> (judía)	10,08	0,01	0,10%
<i>Brassica fruticulosa</i> (col)	29,47	0,01	0,03%
<i>Beta vulgaris</i> (acelga)	12,45	0,01	0,08%
<i>Espinacia oleracea</i> (espinaca)	10,04	0,12	1,20%
<i>Lathyrus sativus</i> (chícharo)	1,2648	0,0015	0,12%
<i>Lens culinaris</i> (lenteja)	5,01669	0,0022	0,04%
<i>Vicia faba</i> (haba)	4,961	0,0017	0,03%

**Tabla 15,** Estimación de % SiO<sub>2</sub> en verduras y leguminosas

### Selección de Fichas de Análisis/Contenido Biomineral.

En este apartado se presentan un conjunto de datos bajo la forma de *Fichas de Análisis* o de *Contenidos Biominerales* con las que se pretende ejemplificar el conocimiento adquirido en materia de los mismos, planta por planta analizada. Al cierre de dicha Tesis se encontraban sometidas a todo el protocolo de tratamiento y análisis microscópico aproximadamente 300 taxones, pertenecientes a diferentes familias y subfamilias botánicas, también a diferentes especies y subespecies. Los resultados básicos, que han sido obtenidos de ese conjunto, proceden de la revisión de preparaciones microscópicas para conocer sus contenidos biominerales, especialmente en cuanto a sílice amorfo y oxalatos de calcio.

En espera de sistematizar los datos morfométricos y de concentraciones de conjuntos fitolíticos presentes en cada parte de cada planta (hojas, tallos e inflorescencia y algunos casos semilla/fruto), se ofrece una selección de Fichas preliminares de Análisis Biomineral que recogen los aspectos más relevantes de las biomineralizaciones observadas al microscopio óptico. No obstante, la selección propuesta creemos que responde a concretos objetivos arqueo y paleobotánicos, ya que se contienen en ellas descripciones de las biomineralizaciones presentes en plantas con alto interés en ambos sentidos, como la palmera y el pino canarios, hasta otras claramente vinculadas a la alimentación prehistórica, caso de los cereales o la higuera.

Entendiendo en ese sentido que en la presentación de tales resultados debían contenerse los obtenidos con el complejo estudio de *Pteridium aquilinum*, que contra todo pronóstico reveló un contenido biomineral altamente relevante, hasta el punto de creer poder afirmar de que se trata de resultados nuevos para la ciencia, en concreto los emanados del estudio de las silicificaciones presentes en los tejidos (interno y externo) de su rizoma. Y cuyo estudio, como planteamos en no pocas ocasiones a lo largo de esta Tesis, creemos que trasciende al aspecto arqueobotánico para involucrar los ecológicos, ya que *P. aquilinum* posee –como cada planta– ciertos rasgos ecológicos (con potencialidades y limitaciones) que los convierten en claros indicadores biológicos. En este caso, el helecho común, la helechera, posee rasgos de un primo-colonizador nato, oportunista organismo vegetal donde los haya, que se hace perfectamente visible en aquellas zonas donde, por diferentes circunstancias, las formaciones de bosque de clima húmedo se reduzcan o desaparezcan. En Canarias, dichos preceptos se cumplen a la perfección con el Bosque de Laurisilva y su fase degradada de fayal-brezal. El carácter heliófilo del helecho le hará buscar siempre aquellas zonas, de suelo fértil, donde el dosel arbóreo haya desaparecido o resultado restringido por diferentes causas, naturales o antrópicas.

En la misma tónica el estudio de cereales como la cebada y algunas variedades de trigo, a las que en algunos casos hemos accedido a través del estudio experimental realizado con muestras de pan adquiridos en otras provincias españolas (caso del confeccionado con escanda o trigo espelta), revierte de alto interés. Se trata de aplicaciones directas de un estudio versado en fitolitos y una oportunidad para abordar cuestiones paleo-etnobotánicas que creemos de excepción.

En otro sentido, con respecto a la cuestión paleoambiental, sin olvidar que en muchos casos lo es también arqueobotánica, creemos que el estudio

de plantas como *Phragmites australis* permite ejemplificar el abordaje de cuestiones que involucran los cambios climáticos del Cuaternario, en concreto con la flora postglacial. Como puede comprobarse, la apuesta por las posibilidades explicativas de una planta vinculada a ambientes hídricos allá de donde éstos estén, hasta más de 60° latitud norte, permite también en Canarias abordar el estudio de unos ecosistemas que representan a la perfección la atemperación del clima tras los últimos álgidos glaciares en el hemisferio norte.

Poco conocidos pero presentes en el ideario y la toponimia regional, se parte de la hipótesis de que los carrizales estaban presentes antes de la llegada de los primeros habitantes de las Islas. Vinculados a especiales condiciones biológicas, climáticas y geográficas, su desarrollo comienza a detenerse en fechas imprecisas pero quizás relacionadas con el propio desarrollo urbanístico (como hipótesis plausible). Como ocurre en otros de los muchos lugares donde se desarrollan los carrizales, la eutrofización del medio acuático repercute negativamente en su estabilidad como formación vegetal, que se ve seriamente comprometida cuando la flora de microalgas adquiere cierta relevancia (González, 1957).

En las Islas, los carrizales podrían representar también un tipo de ecosistema extremadamente rico, que permitirá la explotación de recursos asociados a ellos, como el agua, la propia planta y la fauna que se desarrolla a su amparo. De esos paisajes, que quizás los antiguos canarios conocieron como lo harán las generaciones actuales con *Arundo donax* poco sabemos, pero sí que podrían ser un tipo de formación vegetal asociada a los ambientes lagunares descritos por varios investigadores arqueológicos e históricos (Morales, 2009; Jiménez, ). Y en virtud de los resultados que hemos obtenido, creemos que su relevancia está fuera de dudas, así como la de los contextos que representa.

Y finalmente en el plano botánico y su vertiente *paleo*, que no podíamos dejar de cumplimentar siquiera someramente, el estudio de endemismos tan específicos de la alta montaña de Canarias como puede ser el de *Viola cherantifolia*, la “violeta del Teide”, permite ofrecer las posibilidades y limitaciones del trabajo con biomineralizaciones en concretas especies vegetales, aunque lo sea de forma absolutamente preliminar. A ese grupo específico, puede también incorporarse el ejemplo de *Dracaena drago* o el propio *Pinus canariensis* ya mencionado.

#### **Preámbulo a las fichas de análisis biomineral.**

Los resultados obtenidos con el tratamiento, estudio microscópico y clasificación de elementos biominerales detectados en cada una de las plantas analizadas, son mostrados siguiendo un breve esquema descriptivo de aquellos aspectos más relevantes, aclarando que dentro de cada tejido, de cada planta, existen aspectos que se vinculan con la multiplicidad de formas, parámetro que determinará estudios en mayor profundidad. De este modo, la información ofrecida sobre cada especie vegetal obedece a criterios muy selectivos, entendiendo que en los casos en los que no se ha llevado a cabo una cuantificación para un número de individuos (biomineralizaciones silíceas o de oxalato de calcio) aun debe realizarse ésta, estando sujeto a tal revisión el resultado final, aquel que determinará la frecuencia de cada morfotipo (morfología con características adscritas a una determinada tipología) dentro

de los tejidos vegetales. Hasta ese momento, las biomineralizaciones que se muestran y describen lo son por haber resultado relevantes durante las primeras inspecciones microscópicas, aquellas realizadas sobre residuos experimentales de cada parte de cada taxón recolectado y sometido a tratamientos de laboratorio.

El orden de presentación de cada biomineralización, por especie, responde precisamente a las primeras impresiones sobre la representatividad de cada tipo de las mismas, siendo en unos casos relevante en cuanto a silicificaciones y en otros a oxalatos de calcio. Y en otros a una conjunción de ambos, tal y como se plantea acerca de los contenidos, de ambas, con motivo de la definición de los contenidos en sílice u oxalatos por grupos/especies vegetales.



### *Pinus canariensis* Chr. Sm. Ex DC.

**Familia:** *Pinaceae*.

**N. común:** Pino canario.

**Morfología:** Arbol de gran porte, hasta 30 m., corteza gruesa de color marrón-rojiza, hojas aciculares de hasta 30 cm., en grupos de 3, delgadas y agudas, densamente aglomeradas, cono de entre 10-20 cm. que desarrolla semillas (piñones) comestibles (Bramwell y Bramwell, 2001).

**Hábitat:** todas las Islas, excepto Lanzarote y Fuerteventura, por encima de 1.000 m.s.n.m., dominantes en muchas zonas desde medianías hasta 2.000 m.s.n.ms, también formando « pinares húmedos » en zonas de conjunción con la laurisilva o laurisilva degradada, como parte de los montes de La Esperanza y Aguagarcía (Tenerife), entre otros.

**Muestras:** Ejemplares maduros de Monte de La Esperanza (Tenerife) y Vilaflor (Tenerife), ejemplar joven cultivado (Facultad de Biológicas, ULL.).

**Tratamientos:** calcinación a 350°, 400° y 500°C y método de doble calcinación y ataque ácido (*Dry ashing*). El trabajo con muestras sometidas a diversas temperaturas ha permitido observar algunas variaciones en los pseudomorfos de calcita derivados de los tratamientos térmicos. Entre ellas la que se refiere a la estructura cristalina interna, más íntegra cuanto más baja ha sido la temperatura de calcinación. Por su parte el tratamiento *Dry ashing* ha sido necesario para lograr aislar las silicificaciones existentes en los tejidos, destruyendo todas las partículas con otra composición química.

**Observaciones:** Madera compuesta exclusivamente por traqueidas que son producidas de forma desigual en primavera y verano. La única especie endémica de pino en Canarias constituye un paradigma vegetal dentro de las plantas leñosas de gran porte. Representante de excepción de uno de los grupos vegetales más antiguos como las coníferas, de las cuales el pino canario es el más abundante en el Archipiélago. Explotado desde la prehistoria de las Islas y con gran profusión en época histórica, su papel en la

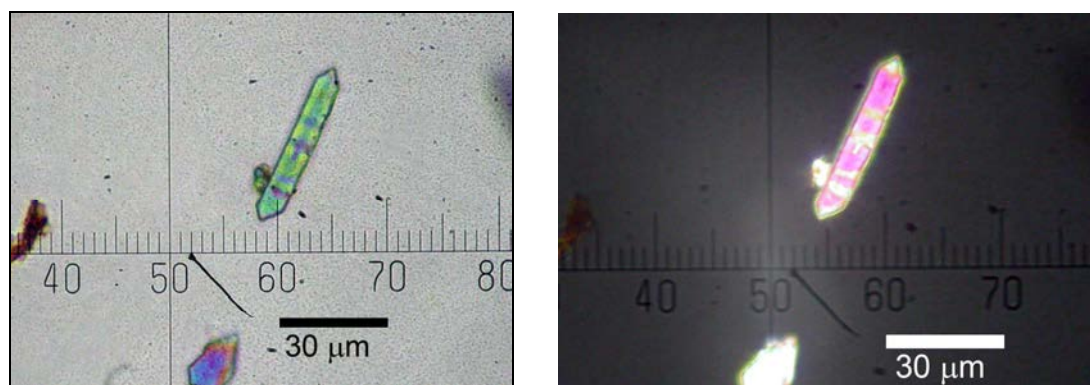
cultura canaria trasciende, su valor económico y ambiental, al ideario popular.

### Biom mineralizaciones de oxalatos de calcio: acículas y troncos.

#### Aspectos relacionados con el tratamiento de las muestras.

Las muestras procedentes de pinos silvestres del Monte de la Esperanza, La Laguna, y de pino joven plantados (Facultad de Biológicas, ULL) analizados en verano de 2005 (04/09/05) permitieron también llevar a cabo estimaciones sobre contenidos en sílice. Las muestras fueron calcinadas a varias temperaturas (400 y 500 °C), y en algunos casos también lavadas con peróxido de hidrógeno para disponer de preparaciones más nítidas. Se observó que a 350° y 400 °C el estado de las biom mineralizaciones correspondientes guardaba un estado óptimo, bajo la forma de pseudomorfos de calcita, aspecto ratificado por su comportamiento anisótropo bajo la acción conjunta de analizador y polarizador (**Figura 1 y 2**) y la generación de colores de interferencia. Dichos colores no son observables cuando la temperatura aplicada aumenta hasta 500°C, entonces el deterioro de las biom mineralizaciones es patente, al menos en lo que respecta a su grado de birrefringencia, también se observa —a medida que aumenta dicho parámetro— un proceso de fragmentación interna, pasando de un aspecto cristalino homogéneo a una apariencia de cristales separados entre sí, también con comportamiento óptico independientes entre sí (**Figuras 231-232**).

Los elementos más comunes son cristales de oxalato de calcio que toman las formas fusiformes iniciales presentes en el *cambium* vascular de las plantas leñosas (Mauseth, 2003), y probablemente con las dimensiones de éstas, aunque no en todos los casos.



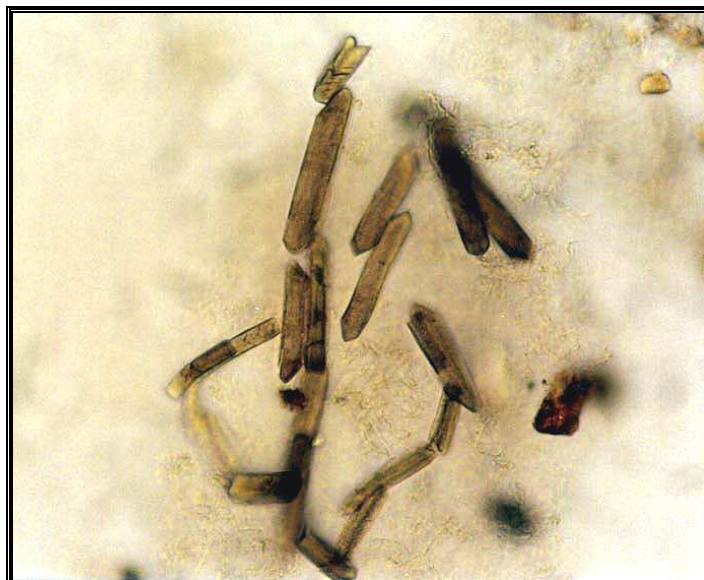
**Figura 231 (Izqda.),** Biom mineralización estiloide/fusiforme tras el proceso de calcinación de tejidos aéreos a 400°C y observados bajo luz transmitida normal. **Figura 232 (Drcha.),** la misma bajo luz polarizada (polarizador + analizador). 400x. J.A.

#### Morfométrico de oxalatos de calcio en *Pinus canariensis*.

Se tomaron como referencia dos ejes de simetría, uno longitudinal (A) medido de extremo a extremo, y otro corto transversal (B) constituido por el ancho del morfotipo, teniendo en consideración que casi siempre presentaba extremos apuntados. Este último rasgo, a juzgar por su índice de aparición, parece constituirse como de diagnóstico de género. Además dichos extremos

parecen presentar un ligero grado de disimetría entre sus caras (**Figura 233**). En todo caso, se configuran como formas alargadas con márgenes apuntados o no, que pueden ser definidas como *estiloides*, si se atiende a la descripción de cristales semejantes por Franchesci & Horner (1980) y basada en la de Haberlandt (1914), y no tanto como *fusiformes* si se emplea el término de la sistemática ICPN 1.0 (Madella *et al.*, 2005) para los morfotipos silicofitolíticos.

Como ocurre con otras especies, existen diferencias entre las dimensiones de las biomineralizaciones de los tejidos foliares y las del tejido leñoso, donde existe un ligero aumento del tamaño longitudinal y transversal (**Gráficos 17 y 18**). Por su parte la mayor concentración de oxalatos fusiformes se localizan en los verdaderos tejidos leñosos del tronco (**Figura 233**). En las otras partes de la planta analizadas igualmente se localizan –pero de forma aislada– representantes de oxalatos similares, es el caso de la corteza aislada del pino, donde se observa una profusión de fragmentos de tejidos vegetales no birrefringentes y no de sílice, y que creemos corresponden a fragmentos lignificados de la corteza, con una composición aun indeterminada. Tampoco se localizan este tipo de oxalatos en el residuo calcinado de la semilla (piñones).



**Figura 233**, Fotomicrografía de fitolitos de oxalato de calcio, transformados en pseudomorfos de calcita por calcinación a 350°C, en la corteza de *Pinus canariensis*. 250x. J.Afonso/A. Pinilla.

#### **Biomineralizaciones de sílice.**

Atendiendo a la posibilidad de localizar biomineralizaciones silíceas –dada la inexactitud en su detección inicial en los residuos obtenidos en laboratorio– y tal y como plantean para el género *Pinus* spp. diferentes autores (Hodson *et al.*, 1997, entre otros) se realizaron pruebas analíticas con este propósito. El método escogido fue el de digestión en seco (*Dry ashing*) y se aplicó primeramente sobre acículas de *Pinus canariensis* lavadas con agua destilada y desecadas, por varios días, a 105° C. Los tratamientos térmicos y químicos ofrecieron un residuo muy escaso, pero que permitió llevar a cabo una estimación basada en la pérdida de peso y residuo final (Hodson *et al.*, 1997).



Tal estimación indicó que los contenidos en SiO<sub>2</sub>.nH<sub>2</sub>O son extremadamente bajos (Tabla 16).

Así se obtuvieron valores consistentes –basados en el peso del residuo final– correspondientes a las dos pruebas realizadas, que situaban el porcentaje de SiO<sub>2</sub> entre 0,0023 y 0,0031% para las acículas y ligeramente superiores para los troncos (0,0045 %), correspondiendo todos estos datos a la conjunción de digestión en seco (*Dry ashing*) y en húmedo (*Wet ashing*), es decir empleando, además de la calcinación, el tratamiento con HCl+HNO<sub>3</sub>. Pero el examen de dicho residuo nos indicó una contaminación remanente por partículas de arcillas, en especial en las muestras correspondientes a los troncos, lo que obligó a aplicar un protocolo de eliminación de éstas, ardua tarea que motivó matizar los resultados ya obtenidos. En todo caso la conjunción de datos analíticos con los aportados por el examen microscópico, nos permiten confirmar que el porcentaje de SiO<sub>2</sub> en las muestras analizadas de los tejidos foliares (acículas) y leñosos (troncos) se encuentra por debajo de 0,0023 % en los primeros y por debajo de 0,0045% en el segundo. Sin embargo, la extrapolación de estos datos al gramo de muestra, de tejidos de la planta, indica que en las acículas existiría en torno a 0,05% de SiO<sub>2</sub> mientras que en los troncos se reduciría a 0,02% (Gráfico 16).

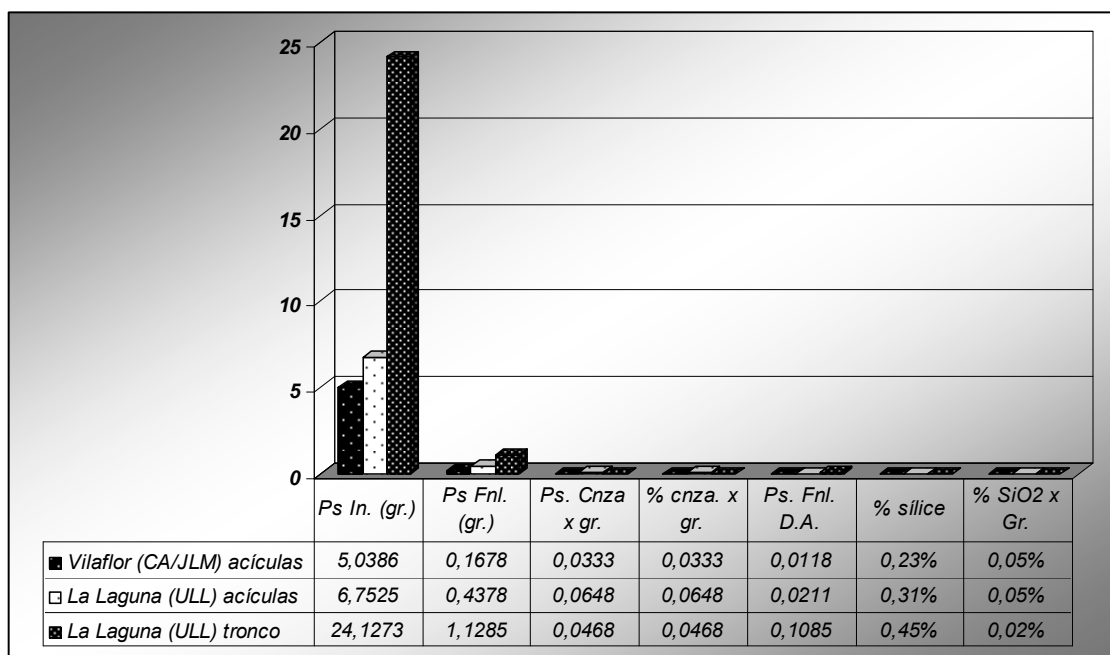
La pérdida de peso, tras los tratamientos señalados, indica que no existe una concentración significativa de sílice amorfo en los tejidos aéreos de *Pinus canariensis*. En todo caso cabe mencionar la diferencia existente entre el contenido en sílice de las acículas con respecto a los tejidos leñosos, que es ligeramente superior en los primeros.

La búsqueda, en el residuo restante, de biomineralizaciones silíceas, confirma la abundancia de éstas, especialmente si se compara su concentración –en la ceniza– con la de oxalatos de calcio. Aunque ciertamente se presentan silicificaciones no parece posible calificarlas como de diagnóstico, ya que se confirman las indicaciones de Juan-Treserras (1997) para las hojas de la familia *Pinaceae*. Así efectivamente en las acículas de *Pinus canariensis* se presentan formas globulares o subesféricas, lisas<sup>5</sup> o con alguna escotadura, de muy pequeño tamaño, incluso <2 µm, con un máximo aproximado de 8 µm, que podrían también estar presentes en los tejidos leñosos.

Igualmente en algunas preparaciones correspondientes a las acículas se han localizado, de forma aislada, morfologías alargadas, lisas con puntuaciones circulares (*elongate psilate with circular bordered pits cell*, ICPN 1.0) y posible sección circular o semicircular (*cylindroid*, Albert & Weiner, 2000), que también serían las traqueidas con puntuaciones (*Pitted tracheids*) mencionadas por Sangster *et al.* (1997). La longitud de esta morfología alcanza las 70 µm (Figura 234).

---

<sup>5</sup> Igualmente es citada por Juan-Treserras (1997) la presencia de formas similares, en tamaño y forma, a las vesículas de las células epidérmicas de angiospermas caducifolias (Geis, 1973; Klein & Geiss, 1978). Hecho que ha sido comprobado también en nuestros trabajos experimentales con las biomineralizaciones presentes en los tejidos foliares de numerosas especies integrantes de la formación de Laurisilva de las Islas Canarias, como el laurel (*Laurus novocanariensis*), el barbazano o el propio brezo (*Erica arborea*).



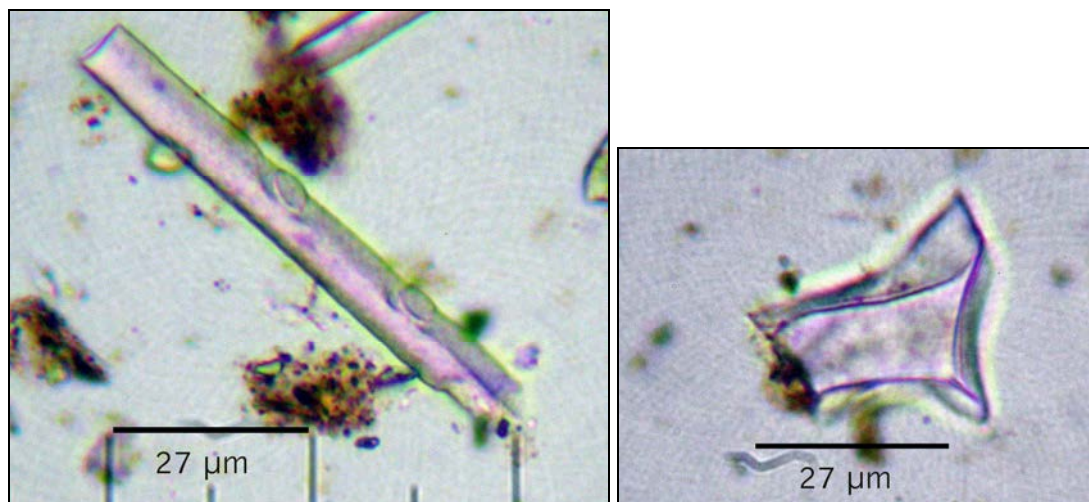
**Gráfico 16**, Seguimiento de la pérdida de peso, en función de los tratamientos aplicados a los tejidos vegetales y asociación del residuo restante con el contenido en SiO<sub>2</sub> (Peso. Final. Dry Ashing.), en muestras de *Pinus canariensis*. J.A.

También se han detectado otras formas fitolíticas –quizá más abundantes que las anteriores– masivas, poliédricas y de márgenes lisos (*blocky polyedric with psilate ends*) que en algunos casos parecen presentar sección hexagonal (**Figura 235**) y que concuerdan con las descritas por Juan-Treserras (1997) como *células endodérmicas* y de morfología fluctuante entre cúbicas a poliédricas. Su tamaño se sitúa entre 20-30  $\mu\text{m}$ , en un rango similar al de las células buliformes de las gramíneas. Igualmente Bozarth (1992), Rovner (1971) y Klein & Geis (1978) describen, dichas formas poliédricas, como presentes en ciertas coníferas, que serían abundantes en *Picea* spp. y estarían ausentes en otras especies. Sin embargo, los problemas detectados por contaminación de arcillas en algunas muestras y lo aislado de la evidencia aconsejan tomar estos datos con prudencia. Aunque puede pronosticarse que dichas formas son minoritarias con respecto a oxalatos y otros tipos de silicificaciones detectadas (**Figura 236**), y que igual podría hacerse con sus caracteres de diagnóstico, sobre los que aun debe llevarse a cabo una valoración más amplia.

En todo caso las formas silicificadas más comunes éstas no serían las mencionadas, sino las de tipo globular liso (*globular psilate*, ICPN 1.0) que por lo general presentan muy pequeño tamaño (incluso  $<2 \mu\text{m}$ ), pudiendo alcanzar las 10  $\mu\text{m}$  y que se encontrarían en las acículas, al igual que las grandes formas cilíndricas y las de tipo poliédrico masivo.

Con estos datos parece compleja la labor de detectarlas a nivel paleobotánico salvo que se encuentran en alta y anómala concentración, debida a procesos catastróficos puntuales y en el caso arqueobotánico a una concentración de ceniza derivada de la calcinación de madera de esta especie. Ambas deberían dejar, con el paso del tiempo, un rastro de silicificaciones similares a las descritas con ausencia de oxalatos de calcio que

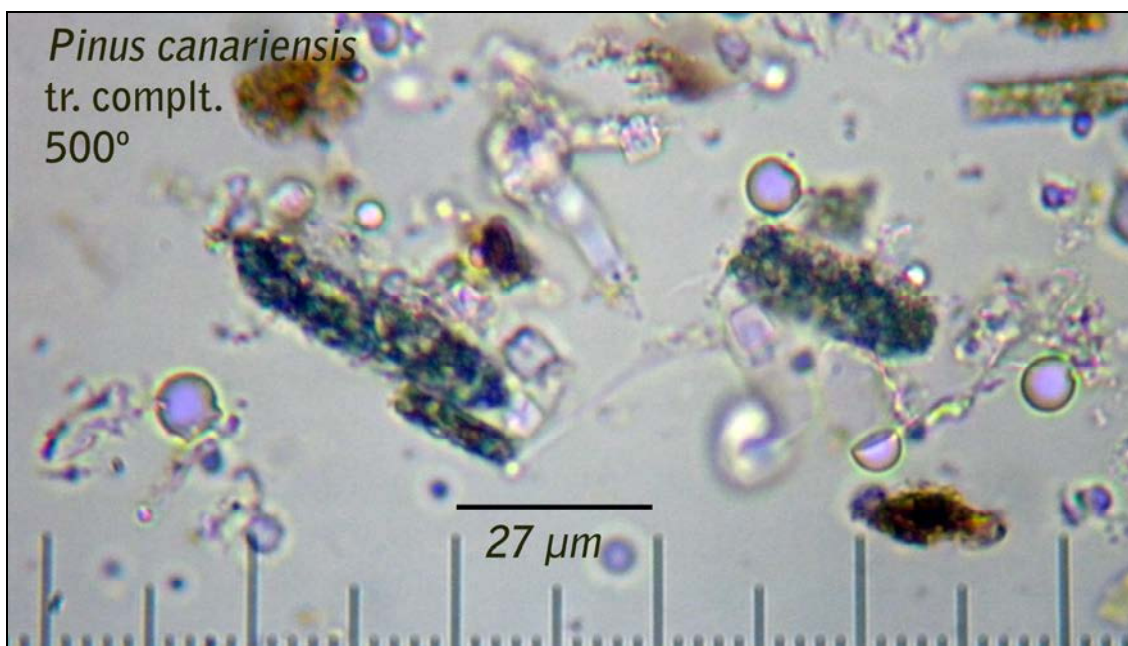
tenderían, en función de los mecanismo postdeposicionales, a su gradual desaparición, o bien siendo evidentes por las concentraciones en  $\text{CHCO}_3$  en la zona.



**Figura 234** (Izqda.), Fitolito de célula larga lisa, de sección circular y puntuaciones redondeadas o anulares. **Figura 235** (Drcha.), Fitolito poliédrico liso y posible sección hexagonal. Ambos 600x. J.A.

La gran concentración de oxalatos en la ceniza y las dificultades para detectar las biomineralizaciones silíceas, indica que éstas últimas se encuentran en menor concentración por gramo de muestra que las primeras. Ratificando tal lectura, el estudio microscópico de la ceniza —obtenida por calcinación experimental en horno de mufla (400-500 °C)— vuelve a ratificar que la mayoría de ésta se encuentra compuesta por pseudomorfos de calcita (**Figuras 231 y 232**), en los que se han transformado los oxalatos de calcio presentes en los tejidos analizados. No obstante, al respecto de las posibles biomineralizaciones silíceas y a pesar de realizar un tratamiento tendente a su única extracción y estudio, sólo se han podido detectar algunas formas, no siempre de morfologías definidas, que podrían corresponder a las silicificaciones de la especie. Por todo ello, queda pendiente cuantificar, por gramo de muestra tratada, el porcentaje real de silicificaciones con respecto a las de oxalatos de calcio.

No obstante, a nivel arqueobotánico tales formas podrían servir para un reconocimiento de restos vegetales únicamente a nivel de grupo vegetal, al menos en cuanto a las formas masivas globulares, que son compartidas con otras gimnospermas, además de con varias especies de angiospermas dicotiledóneas, como las lauráceas. En contextos edáficos y sedimentarios, donde no se opere la preservación de oxalatos o el producto de su transformación por calor en pseudomorfos de calcita, podrían permitir deducir la presencia de éstos, aunque sus dimensiones y variabilidad limitan la posibilidad de detectarlas, al menos cuando se emplea el microscopio óptico como medio analítico de rutina. No obstante la inspección microscópica realizada con un margen de aumentos de 400x y especialmente con 600x puede permitir detectarlos, siempre que la concentración de partículas minerales sea baja (**Figura 236**).



**Figura 236**, Silicofitolitos globulares lisos (en color malva) y oxalatos de calcio alargados con márgenes apuntados (centro imagen). Como puede apreciarse, los fitolitos globulares presentan variaciones en su morfología, que sin duda es masiva, tal y como se aprecia en la sección mostrada por el morfotipo fragmentado del margen inferior derecho 600x. J.A.

A nivel de información obtenida por vía experimental, cabe señalar la resultante de analizar el sobrenadante de muestras sometidas a tratamiento *Dry ashing*, tras el cual se comprobó la presencia de partículas de arcilla. Para eliminar éstas del residuo silicificado resultante de los tratamientos químicos y térmicos, se procedió a la suspensión del residuo siguiendo el mismo principio empleado con suelos y sedimentos, entendiéndose que las biomineralizaciones silíceas —tras la dispersión mediante ultrasonidos— se depositarían en el fondo, dejando en suspensión solamente las arcillas. El estudio del sobrenadante detectó, entre las partículas de arcilla (<2 μm) la presencia de pequeñas esferas silicificadas también inferiores a dicho rango. Las cuales entendemos pertenecen a las especies vegetales tratadas mediante este protocolo, entre las cuales se encontraba *Pinus canariensis*. La conclusión a la que llegamos es que las biomineralizaciones silíceas desarrolladas por sus tejidos aéreos, troncos y acículas, pueden presentar un tamaño inferior a 2 μm, lo cual obviamente dificulta su identificación y sobre todo cómo pueden ser eliminadas éstas en parte cuando se proceda a la separación de la fracción arcilla del resto de partículas que integran suelos y sedimentos.

#### **Estimaciones morfométricas de fitolitos de oxalatos de calcio.**

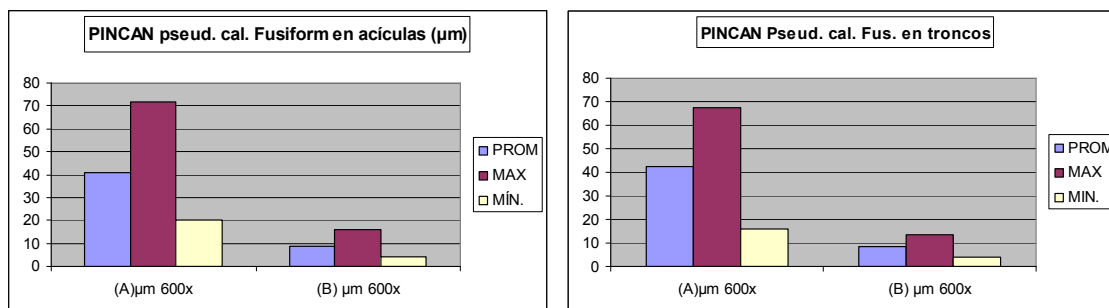
Los resultados, extraídos de un cómputo provisional sobre 100 cuantificaciones (media simple), sobre las hojas aciculares y los troncos de esta especie indican un esquema morfológico de tendencia alargada y apuntada (estiloide/fusiforame: alargada con márgenes apuntados) donde el eje largo (A) sobrepasa en proporción de 5/1 al eje ancho (B). El máximo de la morfología estiloide/fusiforame se alcanza en el eje longitudinal (A) de las

acículas, donde sobrepasa ligeramente las 70  $\mu\text{m}$  (agujas) mientras que en los troncos es ligeramente inferior. Con respecto a la longitud mínima, también en los troncos es ligeramente inferior al de las acículas. Los promedios se sitúan, en estas morfologías, en 40  $\mu\text{m}$  para el eje A y algo más de 10  $\mu\text{m}$  para el eje B (transversal). A nivel de diferencias entre los oxalatos de los troncos y de las acículas, el promedio del eje A de esta morfología es ligeramente superior en los primeros que en las acículas, mientras que en el eje B los rangos dimensionales son muy similares en ambas zonas de la planta (**Gráficos 17-18**).

Por su parte, las formas apuntadas, con ligera disimetría entre los lados de sus extremos, son más representativas que las no-apuntadas.

### Biom mineralizaciones del fruto (piñones).

El estudio del fruto se ha llevado a cabo recolectando éste, formado por una semilla con ala o *vilano* que facilita su propagación aérea de forma muy característica. A nivel microscópico, tanto el fruto propiamente dicho (piñón) como su ala manifiestan diferencias estructurales (**Figura 237 a 242**). Efectivamente, la estructura microscopía de esta parte de la planta revela una constitución con células alargadas de gran tamaño, de morfología igualmente fusiforme pero con escotadura marginal y con ornamentación de salientes dendriformes en todos sus bordes (**Figura 240**). Por su coloración y ausencia de birrefringencia parece tratarse de células lignificadas pero sin base silíceo ni de oxalatos de calcio. Tras llevar a cabo tratamientos térmicos y químicos con esta parte de la planta no se detectan morfotipos de oxalato de calcio ni silicofitolitos globulares.



**Gráficos 17-18**, Estimaciones morfométricas de pseudomorfo de calcita presentes en acículas y troncos, realizadas con el eje de simetría largo (A) y ancho (B). J.A.

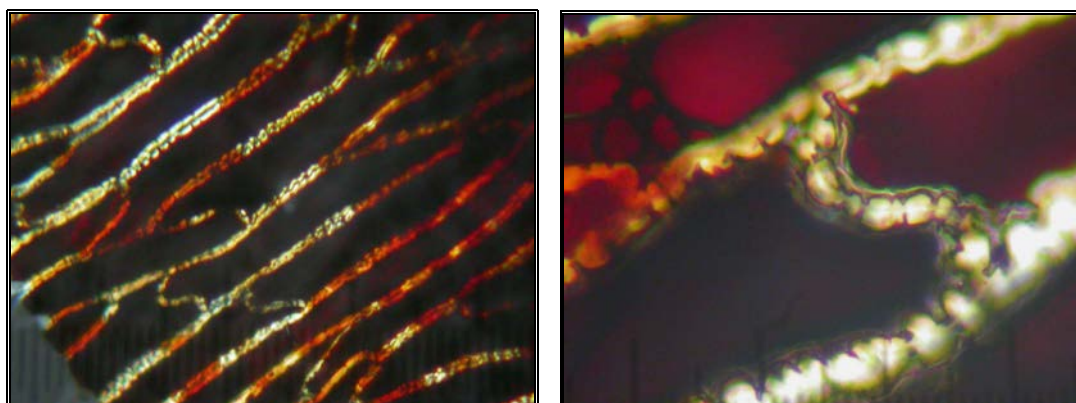
Por su parte la cubierta del fruto (epidermis) presenta células lignificadas (esclereidas) de gran tamaño y morfología elíptica (**Figura 241-242**). En espera de futuros estudios que determinen la presencia de sílice en estas partes de la planta, puede decirse que ésta última, al poder estar asociada a un posible consumo humano, parece constituirse como elemento microscópico con valor de diagnóstico.



**Figura 237** (Izqda.), estróbilo cerrado y ejemplar joven de pino canario. **Figura 238** (Drcha.), Piñones en su alojamiento original mostrando el ala o vilano. J.A.

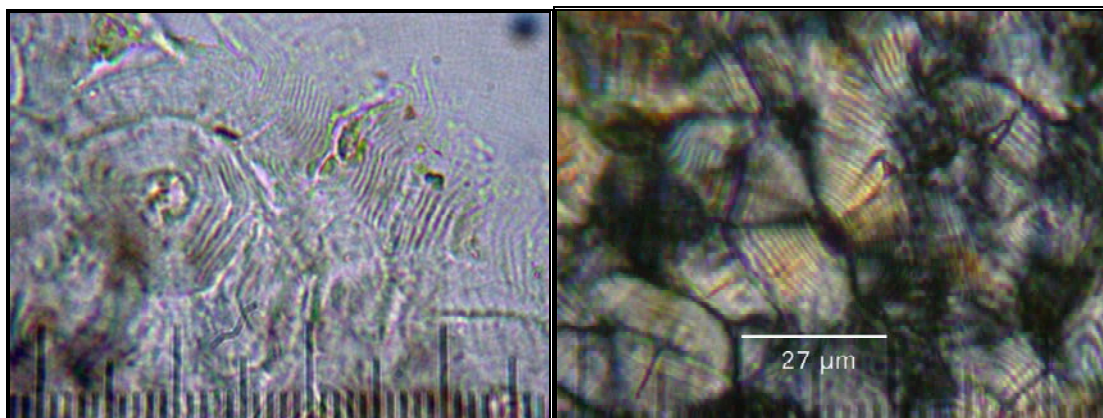
#### Conclusiones sobre el análisis biomineral de *Pinus canariensis*.

Los resultados conjuntos –analíticos y microscópicos– confirman que las biomineralizaciones de diagnóstico más comunes en los tejidos aéreos de *Pinus canariensis* son los oxalatos de calcio, que se presentan en abundancia y con posibilidades de reconocimiento taxonómico hasta este momento a nivel de género, dado que se trata de formas no exclusivas del pino canario sino también presentes en otras especies del género *Pinus* spp. Tales oxalatos se presentan de forma similar tanto en las acículas como en los tejidos leñosos de la planta, algo menos en la corteza de los troncos e inexistente en los frutos (piñones).



**Figura 239** (Izqda.), Células fusiformes en el ala del piñón. **Figura 240** (Drcha.), Ornamentación y morfología de uno de los márgenes de las células anteriores. 600x. J.A.

Por su parte las biomineralizaciones de  $\text{SiO}_2$  están presentes tanto en las acículas como en los troncos, aquí de forma menos abundante, aunque bajo formas muy comunes (globular liso) y sin capacidad de diagnóstico más allá del grupo de las gimnospermas, pero que es igualmente compartido por numerosas angiospermas dicotiledóneas. Por su parte las silicificaciones que pueden presentar características de diagnóstico son escasas pero de suma importancia, aunque aun deben realizarse nuevas analíticas encaminadas exclusivamente a la estimación morfométrica y estadística de las mismas.



**Figura 241** (Izqda.), Esclereida en la cubierta del piñón bajo luz transmitida convencional. **Figura 242** (Drcha.), La misma bajo luz polarizada revelando la estructura concéntrica característica de las células lignificada o esclereidas. Ambas: 600x. J.A.



## *Pinus sylvestris* L.

**Nombre común:** pino albar, pino escocés.

**Familia:** *Pinaceae*

**Morfología:** árbol de ramas rojo herrumbrosas y escamosas y por la parte alta del tronco, follaje verde azulado, hojas flexibles, enrolladas de 3-7 cm. de longitud.

**Hábitat:** pino europeo de más amplia distribución, en el sur únicamente presente en las montañas.

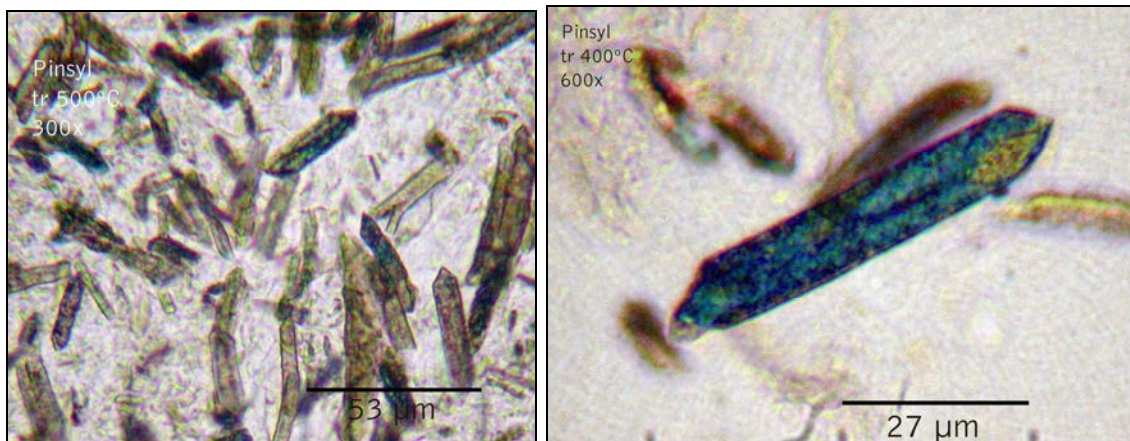
**Muestras:** Escocia central y norte.

**Tratamientos:** calcinación a 400 y 500 °C.

**Observaciones:** Se detectan biomineralizaciones de oxalatos de calcio de tipo fusiforme muy similares a las observadas para *Pinus canariensis*, confirmando la no-exclusividad de éstas para el endemismo canario. Pese a que el pino albar no está presente en Canarias, se trata de la especie de pino más ampliamente distribuida por Europa (Polunin, 2003) y en especial formando bosques en tierras continentales –aunque también está presente en las Islas Británicas– y zonas de montaña sometidas a un condiciones climáticas muy contrastadas. En la Península Ibérica su hábitat suele estar entre los 1.000 y 1.800 m., aunque alcanza los 2.000 en los sistemas Ibérico y Central. También se encuentra de forma frecuente en los valles internos de Pirineos (Romo, 1996). En Escocia su expansión se considera asociada al postglacial reciente, siendo especialmente importante hace 8.500 años, lo cual marcará una relación muy estrecha con sus poblaciones prehistóricas, con extensión hasta la actualidad (Smout, 2003, Ed.).

**Biomíneralizaciones de los troncos.****Taxón del norte de Escocia.**

Oxalatos de calcio de morfología fusiforme, de bordes apuntados y con ligera asimetría entre ellos. Promedio  $>54 \mu\text{m}$ . Las similitudes respecto a *Pinus canariensis* son muy elevadas, a falta de realizar estudios estadísticos al respecto (Figuras 243-244).



**Figuras 243-244**, Oxalatos de calcio en *Pinus sylvestris*, 300 y 600x respectivamente.

**Phoenix canariensis Chabaud.**

**Nombre común:** palmera canaria

**Morfología:** Planta de gran tamaño, solitaria (sin retoños) y *dioica*. Tronco grueso que puede superar los 30 m. de altura, cicatrices foliares características en forma de rombo hasta la parte superior de la copa. Gran cantidad de hojas en las copas (incluso más de 50) y cada una con más de 400 segmentos que se alinean a lo largo de la hoja a ambos lados en dos planos. Frutos (dátiles) de pequeño tamaño (2 cm.) y escasa pulpa. Fuertemente armada de espinas bajo la copa.

**Muestras:** Puerto de la Cruz (Jardín Botánico, La Gomera (Valle de El Ingenio), Facultad de Biológicas (La Laguna).

**Tratamientos:** Incineración 500 °C, *Dry ashing*, adelgazamiento H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

**Observaciones:** La palmera canaria se constituye como uno de los endemismos canarios de mayor distribución entre las Islas, desarrollándose en zonas de costa y hasta medianías (450-500 m.), pasando por ser el más citado en las fuentes escritas etnohistóricas e históricas. El estudio de sus biomíneralizaciones silíceas (esféricas con ornamentación de pequeños picos) ha sido el más complejo llevado a cabo desde el año 2002 en el seno de la investigación que ha dado lugar a esta tesis doctoral. Al día de hoy (2012) ha sido el morfotipo más común en las muestras arqueológicas y edáficas analizadas microscópicamente, aunque en una diversidad de concentraciones



que permite inferir directamente en varios aspectos sobre su presencia en Canarias, tanto a nivel paleoambiental como arqueológico.

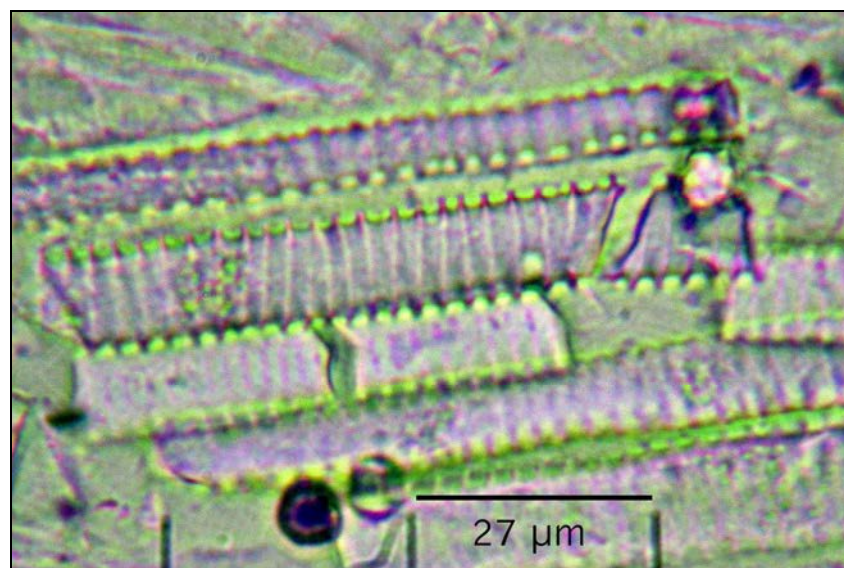
La principal dificultad que ha presentando su estudio ha sido la redundancia morfológica existente dentro del género *Phoenix*, especialmente con *P. dactylifera*, e incluso con respecto a otros géneros de palmeras, como *Hyphaene thebaica* L., aunque en algunos casos –como el que atañe al “palmito” (*Chamaerops humilis*)– fueron solucionados a nivel de identificación fitolítica por A. Pinilla (CSIC) gracias al empleo de microscopía electrónica.

**Bibliografía:** Santos y Fernández (1984); Bramwell & Bramwell (2001); Morici (2006), Pinilla (1997); Afonso (2004, 2007).

#### **Biomineralizaciones de las hojas.**

Tanto en los segmentos laterales de las hojas como en la zona central de las mismas, la biomineralización más abundante (Ver Datos morfométricos estadísticos) es la esférica/globular con ornamentación de pequeños picos, cortos y base ancha (*spheric /globular echinate*, ICPN 1.0; *spheroidal Class*, Hart *et al.* 2003). Estos morfotipos presentan un tamaño promedio de 10,06  $\mu\text{m}$ , máximo de 14  $\mu\text{m}$  y mínimo de 6  $\mu\text{m}$ <sup>6</sup>. Su apariencia es masiva (**Figura 246-247**), observándose fragmentación, muy puntual, en las muestras experimentales, probablemente por la agresividad del método físico-químico empleado para el tratamiento de los tejidos vegetales (*Dry ashing*).

Unos morfotipos que se presenta en menor proporción que los anteriores son de células largas, de probable sección cilíndrica atravesadas por resaltes/engrosamientos anulares, dispuestos de forma trasversal –respecto al eje longitudinal– en toda su extensión (**Figura 245**), que pueden clasificarse dentro del grupo las traqueidas cilíndricas con ornamentación acanalada (*cylindric sulcate tracheid*, ICPN 1.0).

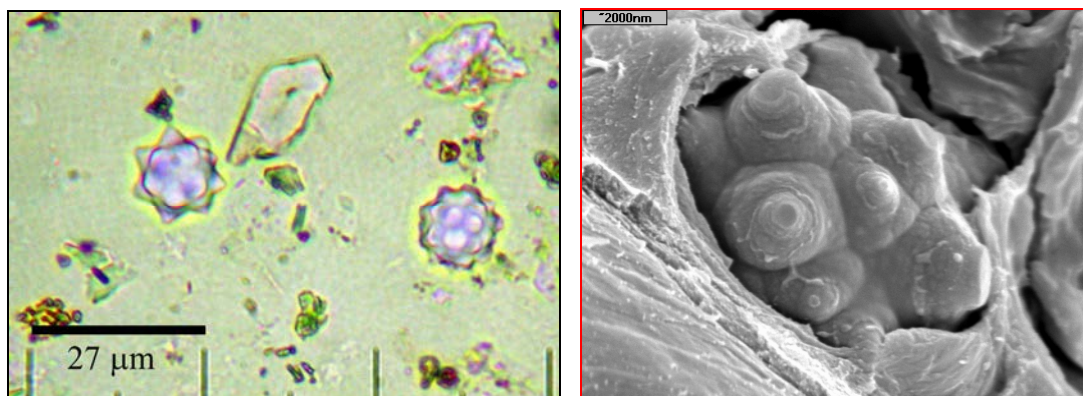


**Figura 245.** Elementos traqueales. 600x

<sup>6</sup> Medidas tomadas del estudio morfométrico de 100 ejemplares.

### Biomíneralizaciones del fruto.

Su estudio microscópico, realizado primeramente sobre la epidermis del fruto, revela la presencia de morfologías síliceas esférico-globulares equinadas de dimensiones similares a las ya descritas para los tejidos foliares, pero también cristales aciculares de oxalatos de calcio formando rafidios, dichos cristales (**Figura 248-249**) se sitúan a ambos lados de los vasos conductores, como ocurre con la biomíneralización sílicea más común.



**Figura 246** (Izqda.), Fitolitos en suelos del palmeral del Ingenio (La Gomera). **Figura 247** (Drcha.), fitolito en su emplazamiento original, entre tejidos de los segmentos de las hojas, 600x. La apariencia de picos tronchados podría deberse al uso del bisturí empleado en la realización del corte histológico, de tejido vegetal, para realizar el estudio SEM (2000x). J.A.

Ambas biomíneralizaciones —y en especial las primeras— se sitúan a ambos lados de los vasos conductores del tejido vegetal que también presentan silicificación (**Figura 248**), tal y como describen Rosen (Miller) (1992) y Juan-Tresserras (1997) para los silicofitolitos esféricos de *Phoenix dactylifera*.

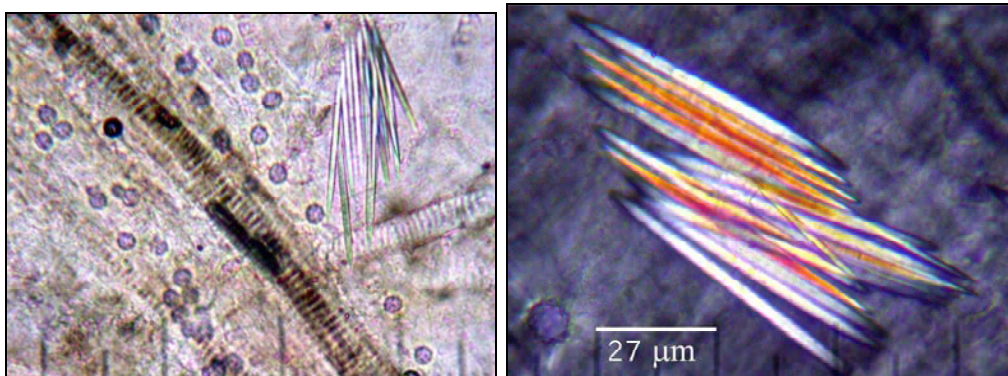
Con respecto a los cristales de oxalatos, aislados éstos presentan un promedio longitudinal de 60-77  $\mu\text{m}$ , un máximo de 84  $\mu\text{m}$ , y un mínimo de 41  $\mu\text{m}$ , birrefringencia moderada bajo luz polarizada en tono blanco, alternado con naranjas y verdes (**Figura 249**).

Por su parte, el estudio realizado sobre el residuo derivado del tratamiento *Dry ashing* del fruto indica que los morfotipos dominantes no siempre presentan ornamentación de picos (*echinate*, ICPN 1.0), pudiendo observarse una superficie completamente lisa (*psilate*), o con pequeños resaltes solamente apreciables a gran magnitud microscópica (>1000x). Los morfotipos dominantes son esféricos a subsféricos, o globulares, pero sin ornamentación de pequeños picos, presentan un tamaño promedio de 7,20  $\mu\text{m}$ , máximo de 13,5  $\mu\text{m}$  y mínimo de 2,7  $\mu\text{m}$ <sup>7</sup>. Todo parece indicar que se trata de formas inmaduras del morfotipo habitual, que pueden llevar a confusión durante una inspección microscópica, pero que deben estudiarse para poder ser reconocidos.

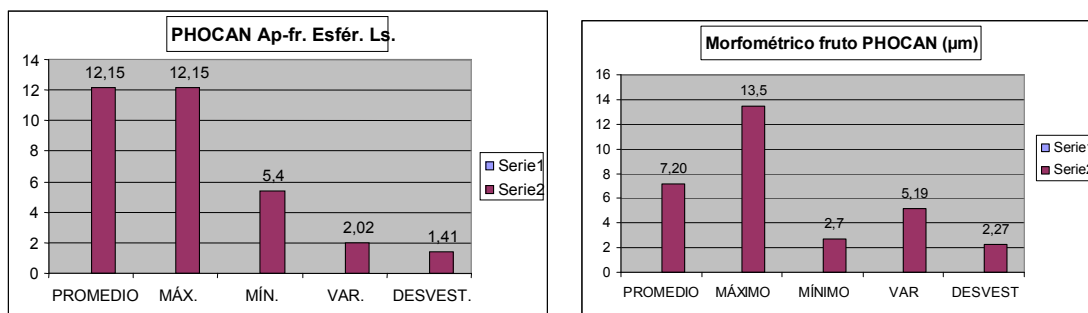
Los frutos fueron analizados eliminando el apéndice que los une a las ramas productoras, y estos fueron igualmente analizados, observándose en ellos un

<sup>7</sup> Medidas resultantes del estudio morfométrico de 100 ejemplares.

predominio de los morfotipos de ornamentación casi lisa, frente a los que presentaban ornamentación de pequeños picos. Estos aparecían asociados a elementos del xilema, muy escasos y probablemente relacionados con la presencia, entre las muestras, de alguna parte aislada de la cubierta de los frutos. Su tamaño promedio y rango máximo es de 12,5  $\mu\text{m}$  y mínimo de 5,4  $\mu\text{m}$  (Gráficos 19-20).



**Figura 248** (Izqda.), Distribución de silicofitolitos y oxalatos en la epidermis del fruto, 150x. **Figura 249** (Drcha.), Detalle de cristales aciculares de oxalato en rafidio bajo luz polarizada, también en el fruto de *Phoenix canariensis*. 600x. J.A.



**Gráfico 19-20**, Datos resultantes del comparativo morfométrico realizado sobre morfotipos del apéndice del fruto (Izqda.) y fruto (Drcha.). J.A.

### Biom mineralizaciones del tronco.

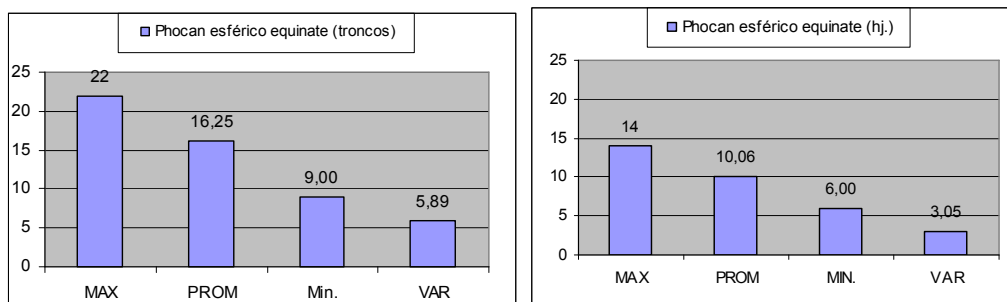
El estudio de las biom mineralizaciones más abundantes en la planta (*spheric equinate*, ICPN 1.0) revela, primeramente, la diferencia existente en cuanto a dimensiones entre los morfotipos localizados en los segmentos de las hojas y los troncos maduros de la misma (Gráfico 21). Estas formas presentan un tamaño máximo de 22  $\mu\text{m}$ , mínimo de 9  $\mu\text{m}$  y promedio de 16,25  $\mu\text{m}$ <sup>8</sup>, superando en todos los valores los obtenidos con los mismos morfotipos en los tejidos aéreos de la planta. No se observan, empleando microscopía óptica, diferencias en la ornamentación.

### Conclusiones sobre el estudio de *Phoenix canariensis*.

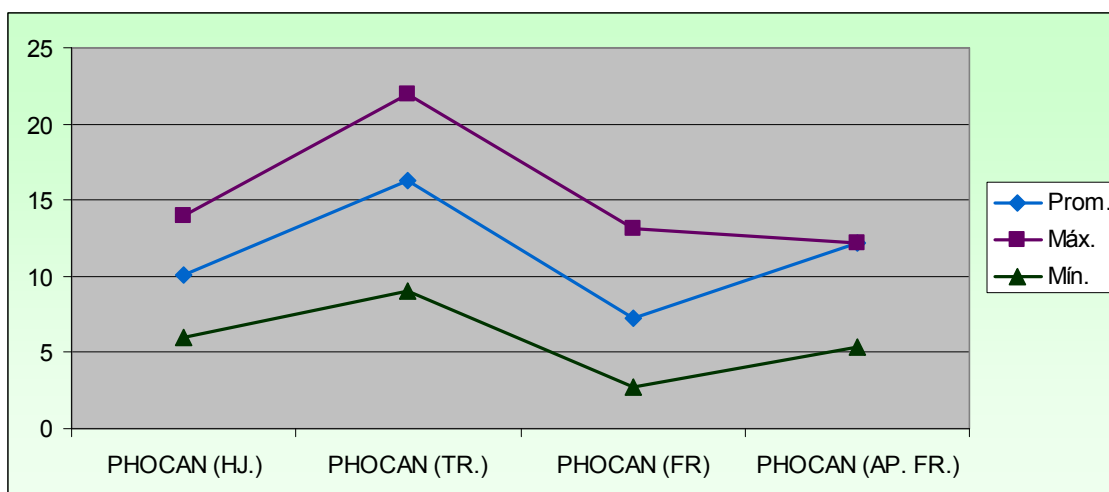
Las biom mineralizaciones silicificadas de *Phoenix canariensis* pasan por ser, junto con las de *P. dactylifera* de las más abundantes localizadas hasta el momento en las muestras de referencia, si se excluyen —por diferencias de

<sup>8</sup> Medidas tomadas del estudio morfométrico de 100 ejemplares.

origen y distancia geográfica— otras especies de palmeras como *Hyphaene thebayca* o *Phoenix teofrastii*. También con similitudes y manifiestas diferencias formas similares son descritas por Pinilla & Bustillo (1997) para el “palmito” (*Chamaerops humilis*). Aunque se observan diferencias incluso entre los mismos morfotipos esféricos/globulares existentes en los tejidos de la planta, que no atañen solamente a su tamaño (Gráfico 23), sino también a su ornamentación, estando ésta ausente en la mayoría de los morfotipos del fruto y de su apéndice.



**Gráficos 21-22**, Comparativo métrico ( $\emptyset$  en  $\mu\text{m}$ ) entre los morfotipos globulares equinados de los troncos (Drcha.) y los de las hojas (Izqda.). J.A.



**Gráfico 23**, Comparativo de dimensiones preliminares totales ( $\emptyset$  en  $\mu\text{m}$ ) entre morfotipos globulares (con y sin ornamentación equinada) presentes en las hojas (HJ.), troncos (TR.), fruto (FR) y apéndice del fruto (AP. FR.) de *Phoenix canariensis*. J.A.

#### Sobre las diferencias entre *P. canariensis* y *P. dactylifera*.

Como punto de partida para futuro estudios al respecto de la posible diferenciación entre *P. canariensis* y *P. dactylifera*, desde el exclusivo estudio de los fitolitos de sus hojas, cabe destacar mínimas pero apreciables diferencias existentes entre los conjuntos analizados (100 ejemplares por planta). Como puede observarse en la **Tabla 16** tanto los rangos máximos, mínimos y promedios de los fitolitos, del mismo tipo globular equinado, existentes en las hojas de ambas especies presentan una pequeña disminución de tamaño, respecto de la segunda con la primera.

Especie	Ø Máx. (µm)	Ø Mín. (µm)	Ø Prom.(µm)
<b>Phoenix canariensis (hj.)</b>	14	6	10,06
<b>Phoenix dactylifera (hj.)</b>	12,96	6,48	8,83

**Tabla 16**, comparativo entre los fitolitos globulares equinados de *P. canariensis* y *P. dactylifera* presentes en sus hojas. Datos extraídos del morfométrico de 100 ejemplares de fitolitos por planta.



## *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn

**Familia:** *Polypodiaceae*

**Nombre común:** helecho común, helecho hembra, helechera, helecho de águila.

**Morfología:** helecho con frondes separadas de hasta 2 metros, pecíolo erecto, rígido y acanalado, siempre menor o casi igual que la lámina, de base ancha y con pelos. Rizoma hipógeo, ramificado y escamoso.

**Hábitat:** Subcosmopolita, zonas templadas. Ampliamente distribuido en zonas húmedas y umbrías de todo el mundo, también de Europa, prefiriendo suelos ácidos, o ligeramente básicos, y en sus etapas de degradación. En Canarias, zona de medianías asociado al Monteverde y tierras ganadas a éste. A nivel general, primocolonizador tras episodios de incendio o tala.

**Muestras:** La Esperanza (Vista El Castillo), Anaga (Camino Las Cruces, Camino Las Vueltas).

**Referencia muestras:**

**Tratamientos:** Calcinación 500° C, molturación (rizoma) y ataque ácido acético y clorhídrico. *Dry ashing*.

**Preparaciones:**

**Observaciones:** Representante del grupo vegetal superior más antiguo del planeta, cuyo desarrollo se produce durante el periodo Devónico (395-345 Ma), experimentando una gran diversificación que les hace contar en la actualidad con unas 10.000 especies. Su específicos requerimientos ecológicos le otorgan la importancia de un biomarcador vegetal, al estar relacionado su desarrollo silvestre con zonas de piedemonte y aperturas eventuales del dosel arbóreo a la luz. Se trata de una especie oportunista y primocolonizadora, especialmente tras episodios de incendios y talas. En general suele formar parte de la vegetación sustitutiva de la degradación de los bosques originales. De este modo en Canarias su desarrollo se sitúa básicamente en el sotobosque de zonas degradadas de la laurisilva, así como en tierras –ganadas a ésta formación– dedicadas a la agricultura, o en abandono.

El gran desarrollo que alcanza su rizoma le permite volver ocupar amplias zonas, al igual que rebrotar después de ser cortado. Importante también por haber formado parte (su raíz rizomatosa) de la dieta aborígen e histórica de las Islas hasta fechas muy recientes. Humboldt (1975) en su escala en Tenerife

a finales del siglo XVIII (1799) recoge la información del consumo de la raíz de *Pteris aquilina* entre los habitantes de La Palma y La Gomera en forma de gofio, mezclándola con harina de cebada.

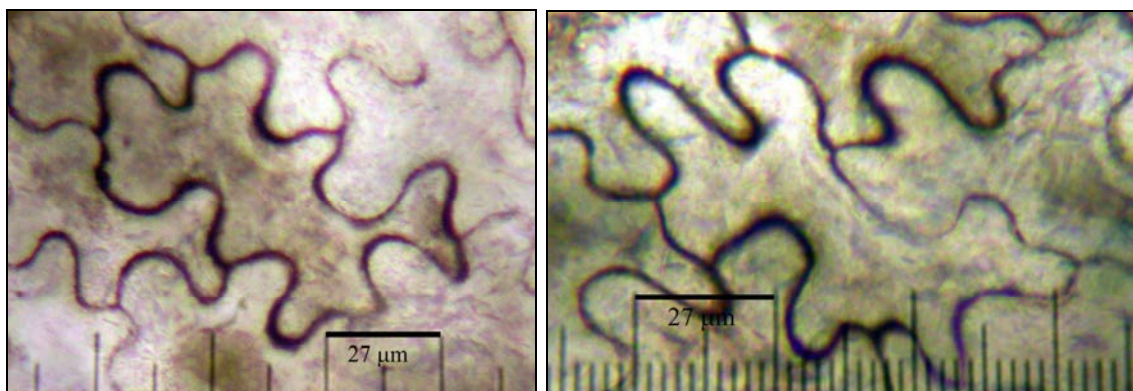
A nivel alimenticio, cabe citar que el consumo de los frondes maduros ocasiona serios trastornos digestivos al ganado, aunque parece que pueden consumirse inmaduros sin riesgos. Se han detectado elementos tóxicos en la planta que pueden ocasionar diversas patologías en los animales y personas que lo consuman, entre ellas alto riesgo de carcinogénesis (Ortega, 1990), lo que refuerza la hipótesis de que la localización de silicofitolitos de la planta en restos humanos, de la prehistoria de Canarias, permitiría indagar en la presencia de procesos patológicos de este tipo entre las poblaciones de las Islas. También en las históricas, dado la explotación del recurso en épocas de escasez. Este último autor menciona la curiosa similitud entre la forma de consumir el rizoma entre dichas poblaciones y la de los indígenas de la tribu Wapishana, del norte de la zona amazónica.

Debe valorarse igualmente la heterogeneidad, y originalidad, de sus biomineralizaciones, aunque también por los gránulos de almidón presentes en su raíz rizomatosa.

**Bibliografía:** Mauseth (2003); Tsartsidou *et al.* (2006); Martín (2001); Gabriel y Galán (2002), Beltrán, E. (1995), Carlquist & Schneider (2007); Ortega (1990).

#### **Biomineralizaciones de las hojas.**

Estructuras de silicificación ligera que presentan formas onduladas con salientes y entrantes (lóbulos) cuyas células se insertan, unas con otras, en forma tipo puzzle (*jigsaw puzzle*, ICPN 1.0), que pueden enclavarse en ese tipo de morfología, descrita por Bozarth (1992) y citada para esta especie por Tsartsidou *et al.* (2007). Estas células presentan un eje longitudinal máximo de hasta 135  $\mu\text{m}$ , un mínimo de 70,2  $\mu\text{m}$ , y entre 6 y 7 lóbulos. Puede considerárselas una forma con valores diagnósticos de especie, pese a que resulte complejo su estudio morfométrico, dada la gran variedad de formas y dimensiones que adquieren dichas estructuras silicificadas (**Figuras 250-251**).



**Figuras 250-251**, Silicificaciones tipo puzzle de los frondes, 600x. J.A.

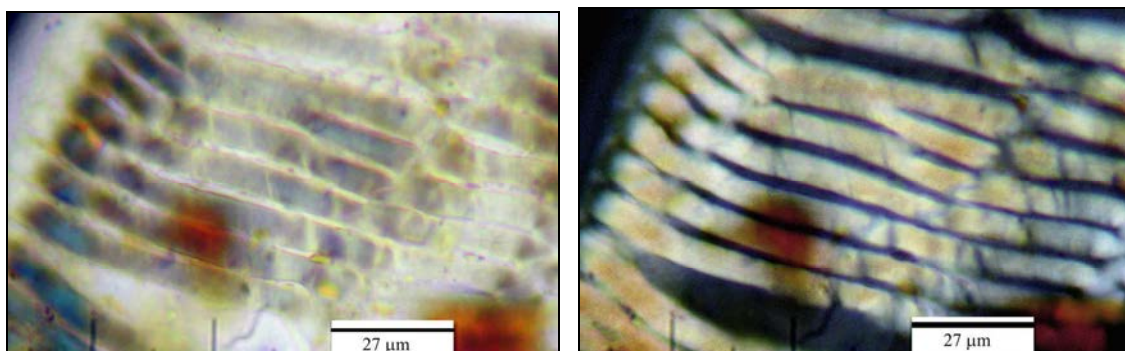
#### **Raíz rizomatosa.**

##### **Vasos lignificados del xilema.**

Estructuras lignificadas a modo de armazón, o entramado, de fibras gruesas paralelas de hasta 125  $\mu\text{m}$  de longitud y 11,8  $\mu\text{m}$  de anchura. Se observan

espacios entre ellas y dos puntos de unión cercanos a los extremos. Presentan alta birrefringencia bajo luz polarizada (**Figura 252**) y color blanco claro y amarillo, y amarillento claro bajo luz normal (**Figura 253**). Estas estructuras resultan destruidas casi por completo con el tratamiento por calor (500 °C), no siendo apreciables —salvo en ejemplos aislados— más que por su estructura interna, ya sin mostrar ningún tipo de birrefringencia, en el residuo resultante del mismo (CER Fitoliteca N° 384).

Por ello su observación se realizó desde el residuo molturado del rizoma, una vez limpio éste de impurezas y tratado únicamente con ácido acético (CER Fitoliteca N° 1195). Se trata en todo caso de vasos del xilema localizados en la raíz rizomatosa de la planta, que presentan composición celulósica y también en lignina, ya que sirven como elemento de sostén a ésta parte de la misma<sup>9</sup>.



**Figura 252** (Izqda.) entramado celulósico y lignificado de los vasos del xilema bajo luz ligeramente polarizada. **Figura 253** (Dcha.) bajo luz polarizada (nícoles cruzados). Ambas imágenes a 600x.

Sin embargo, bajo estas capas se localiza otra de eminente composición silíceica, que debe funcionar como sólida estructura interna del rizoma. Se trata de abundantes y específicos elementos silicificados, que pueden describirse como de morfología alargada, sección triangular, superficie pulida y/o con ornamentación de huecos cóncavos (*elongate, triangular section and cavate surface*). Se trata por lo general de morfotipos de escaso grosor y apariencia angular que se presentan, en el residuo vegetal tratado mediante *Dry ashing* bajo la forma de fragmentos de superficie muy pulida, aspecto que, junto con su sección triangular de cierto grado de asimetría<sup>10</sup>, le otorga

<sup>9</sup> Ma.A. Arbo, 2008, Com. Pers., 2007.

<sup>10</sup> Que fueron observados primeramente en el residuo del paquete intestinal de una momia aborigen depositada en los fondos del Instituto Cabrera Pinto (La Laguna). Inserta entre los materiales arqueológicos de la zona de Barranco de Agua de Dios (Municipio de Tegueste, Tenerife) pero sin certeza real sobre su origen. Aunque hasta ese momento se había realizado un amplio estudio de *Pteridium aquilinum*, tanto de sus tejidos foliares (silicificaciones) y rizoma, éste último únicamente lo había sido para evidenciar la presencia de reservas de almidón, pero no de silicificaciones. La presencia de vasos del xilema lignificados en el mencionado residuo intestinal motivó un nuevo estudio de la raíz rizomatosa, esta vez para evidenciar la presencia de algún tipo de silicofitolito como los presentes en dicho residuo. El resultado no pudo ser más positivo ya que, tal y como se expresa en esta sección, se evidenció —tras el tratamiento *Dry ashing*— un fino residuo blanco y suelto, propio de las biomineralizaciones de sílice. El

un aspecto muy particular (**Figuras 254-255**). Hasta el momento de enlazar el estudio experimental con el análisis de restos bioantropológicos –circunstancia poco común pero verdaderamente excepcional por sus resultados–, los elementos detectados fueron precisamente los entramados celulósicos y lignificados anteriormente citados, pero no las mencionadas silicificaciones<sup>11</sup>. Este fue el origen, del estudio concreto, de las silicificaciones existentes en la raíz rizomatosa de *Pteridium aquilinum*. La comprobación de su existencia, así como de sus principales características morfométricas solamente pudo llevarse a cabo tras someter a las dos partes básicas que componen dicha raíz, la cubierta externa (**Figura 308**, p. 408) y el tejido vascular interno (**Figura 309**, p. 480), a un tratamiento completo *Dry ashing*, empleando doble calcinación y eliminación de carbonatos y fosfatos mediante la conjunción de ácido clorhídrico y nítrico.

El resultado de este tratamiento presenta dos residuos diferenciados en color, uno más oscuro en la cubierta externa del rizoma, y otro, completamente blanco, en el tejido interno), en ambos pudieron determinarse la presencia de dichas silicificaciones en gran concentración.

En el caso de las localizadas en el residuo *Dry ashing*, de la cubierta del rizoma, se trata de silicificaciones de escaso grosor, con desarrollo dorsal que divide al morfotipo de forma asimétrica y probable sección triangular, con engrosamiento en su zona más ancha, tendencia angular y bordes muy marcados. La única ornamentación, si descartamos que se trata de un efecto producido por los reactivos ácidos<sup>12</sup> empleados, estaría formada por orificios circulares de forma cóncava (*cavate*, ICPN 1.0) y tamaño variable (**Figuras 256 y 257**), que pueden aparecer de forma aislada o cubriendo buena parte de la superficie del morfotipo, siendo por lo general su superficie de tipo extremadamente liso que puede definirse como pulimentada (*polish surface*).

Dado que en las biomineralizaciones de referencia (no tratadas con ácido) no aparece dicha ornamentación se asocia inicialmente a dicho proceso de disolución, que de ser cierto estaría relacionado con la densidad y morfología del sílice amorfo que integra estos morfotipos, siendo por ello de consistencia baja, de ahí el alto grado de fragmentación observado en las preparaciones de referencia, al menos en las que intervienen todos los pasos del tratamiento

---

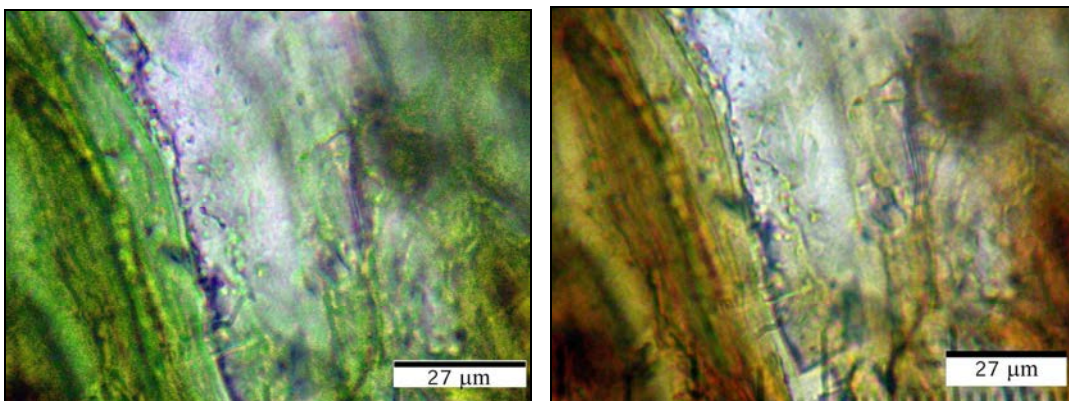
análisis microscópico ratificó la similitud de éstos con los presentes en el residuo arqueológico.

<sup>11</sup> Durante el estudio microscópico y de microfósiles realizado con el mencionado residuo se asociaron tales silicificaciones a un vegetal del que se desconocía su adscripción taxonómica. Únicamente se comprobó que sus principales rasgos distintivos no coincidían con el catálogo de formas silicofitolíticas detectadas y conocidas hasta el momento de dicho estudio.

<sup>12</sup> Si es que la derivación de la muestra con ácido clorhídrico y nítrico ha producido tal efecto, que junto con el sulfúrico pueden atacar tanto al silicio como a la sílice, estaríamos ante la evidencia de una silicificación muy somera y frágil. La digestión con estos ácidos es uno de los pasos comunes en la extracción de tal elemento y compuesto (SiO<sub>2</sub>) y no se han registrado afectaciones similares. Incluso en el caso de *Pteridium*, ante el desconocimiento de su contenido en este último se optó por no prolongar dicha digestión más allá de los pocos minutos que duró la reacción con las sales carbonatadas de las cenizas resultantes de la calcinación.



*Dry ashing*. En todo caso su superficie ofrece la apariencia de ser completamente lisa, sin rugosidades.



**Figura 254** (Izqda.) y **255** (Drcha.), Silicificaciones (color malva) detectadas entre el tejido del rizoma (color verde y amarillo) con anterioridad a la aplicación del tratamiento de doble calcinación y ataque ácido.

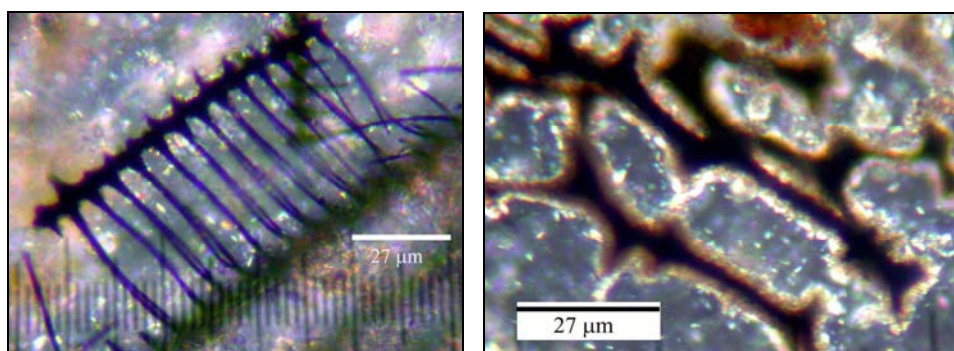


**Figura 256** (Izqda.), forma alargada y dorsal angular. **Figura 257** (Drcha.), forma alargada y triangular. Ambas aisladas desde la cubierta externa del rizoma, tras un ciclo «dry ashing» completo de 600x.

La observación conjunta de las otras muestras, también obtenidas por vía experimental, permitió confirmar como, en el mismo residuo calcinado donde ya no están casi presentes los tejidos celulósicos (**Figura 258-259**), sí pueden observarse —en posición original— los morfotipos silicificados angulosos, en este caso formando un entramado distinto a los anteriores, y muy probablemente también sirviendo de elemento de sostén a la raíz rizomatosa de *Pteridium aquilinum*. Pero éste último entramado ha resultado fragmentado y en parte afectado por el proceso de doble incineración y ataque ácido. No obstante, la mencionada conjunción de observaciones, sobre muestras patrones tratadas diferencialmente, es la que ha permitido apreciar la compleja configuración interna de esta parte de la planta, evidenciando la presencia dos entramados estructurales, uno lignificado y otro silicificado. Y en este último caso no sólo apreciar la disposición de las formas fitolíticas angulares de sección triangular, sino la estimación morfométrica en estado original. Algo muy complejo de realizar cuando se ha extraído la totalidad de

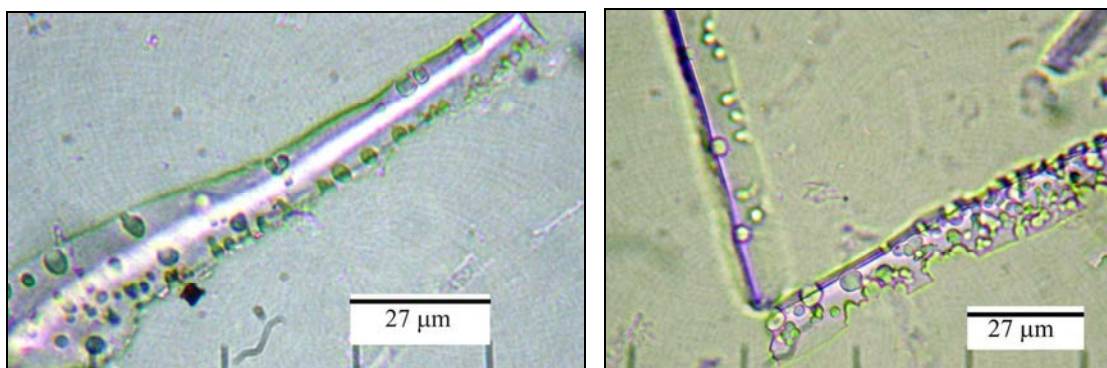
materia orgánica las muestras vegetales, propiciando —mediante el ya mencionado tratamiento *dry ashing*— la fragmentación y dispersión de tales elementos silicificados. En el caso del residuo del tejido interno obtenido con dicho tratamiento, los morfotipos son muy similares al de la cubierta externa, apreciándose un incremento de estos elementos con respecto a la misma. Se trata igualmente de morfotipos alargados, lisos y con dorsal hacia uno de los extremos, de bordes también lisos delgados y sección triangular (**Figuras 260-261**).

Los parámetros métricos distinguibles se han tomado de los fragmentos presentes en el mencionado residuo *Dry ashing*, y por tanto no corresponden a estos elementos observados en posición primaria. Oscilan entre un máximo en su eje longitudinal que supera ampliamente 100  $\mu\text{m}$  y un mínimo de 50  $\mu\text{m}$ . El eje transversal (ancho) oscila a su vez alrededor de las 20  $\mu\text{m}$ . Son siempre de bordes y dorsal muy marcados, lisos a no ser por el hollado circular que les puede afectar.



**Figura 258** (Izqda.), Restos carbonizados del entramado celulósico del rizoma. **Figura 259** (Drcha.), Entramado formado por elementos silicificados angulosos en posición original, a los que aun permanecen adheridos restos de materia vegetal no-silicificada. Ambos bajo luz polarizada y 600x.

En líneas generales debe destacarse que los tratamientos de laboratorio fragmentan en demasía estas morfologías, complicando la labor de obtener magnitudes morfométricas en las mismas.



**Figuras 260 y 261**, Aspecto de las silicificaciones presentes en el rizoma donde puede apreciarse el aspecto horadado y pulimentado de su superficie. Ambas: 600x. J.

### Gránulos de almidón en *P. aquilinum*.

Insertos dentro de la cubierta celulósica, de forma lenticular y en pocos casos esféricos, con predominio de gránulos de gran tamaño con máximo de 32,4  $\mu\text{m}$ . y mínimo de 8,1  $\mu\text{m}$ ., mientras que el promedio de 100 ejemplares sitúa su eje longitudinal en 20,7  $\mu\text{m}$ . (Gráfico 24). La varianza del cómputo se eleva a 23,75 puntos y la desviación estándar a 4,85, lo que indica una moderada variabilidad en las dimensiones de su eje más largo.

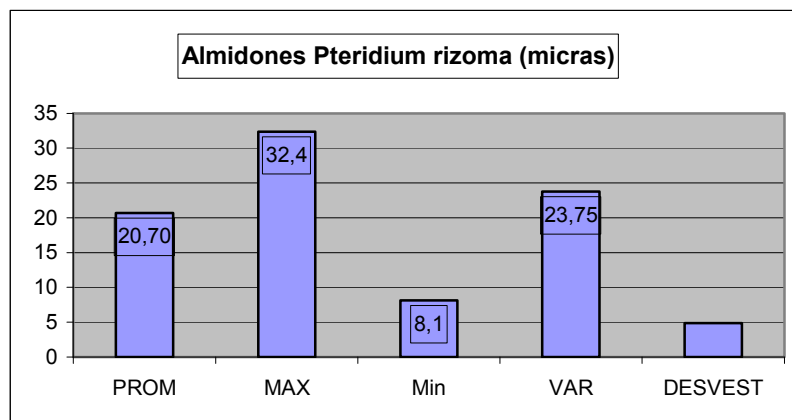
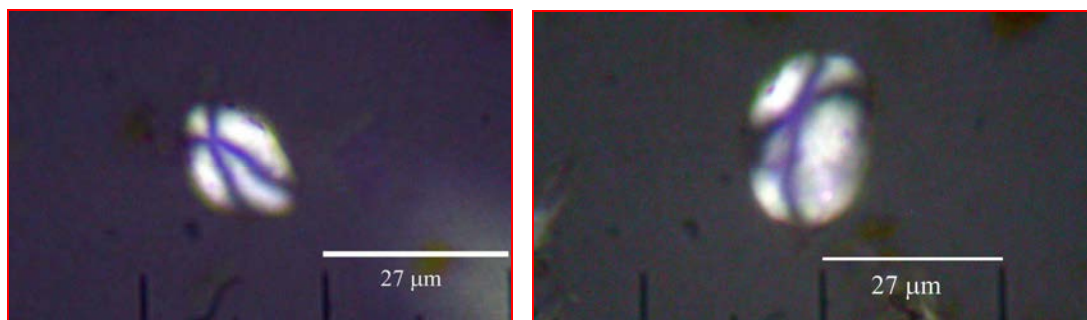


Gráfico 24, Cuantitativo sobre 100 ejemplares..



Figuras 262-263, Gránulos de almidón bajo luz polarizada.

### Conclusiones sobre el estudio de biomineralizaciones y almidones de *Pteridium aquilinum*.

La primera de estas conclusiones tiene que ver con el potencial biomineral silíceo que presenta esta planta, especialmente en su rizoma aunque sin desestimar las presentes en sus frondes. Carácter que se ve implementado por su importancia como vegetal vinculado a diferentes procesos naturales y antrópicos. Y es que tanto a nivel paleobotánico como arqueobotánico, la posibilidad de realizar lecturas sobre la presencia de *P. aquilinum* en suelos y sedimentos arqueológicos, es totalmente factible en vistas a la especificidad de las morfologías descritas. Aunque creo que es el caso de las silicificaciones, presentes en el exterior e interior del rizoma, donde mayores posibilidades de reconocimiento taxonómico se presentan, tal y como parecen atestiguar formas fitolíticas semejantes localizadas en muestras de Andisoles de la región de Anaga (Tenerife) y sedimentos arqueológicos de la zona de Arucas (Gran Canaria).



### *Hyparrhenia hirta* (L.) Stapf in Prain

**Familia y subfamilia:** *Poaceae*, *Panicoideae*

**Nombre común:** cerrillo.

**Morfología:** pequeña gramínea, inflorescencia dispuesta en pares de racimos frágiles y disimilares de espiguillas. La macolla de tallos enraiza bien en suelos arenosos y se eleva apretada y algo abierta en abanico. La arista presenta cierta angulosidad y se retuerce en la sequedad dando a la parte superior del vegetal un cierto aspecto piloso; la parte baja pronto torna el color verde por un característico dorado de agostamiento.

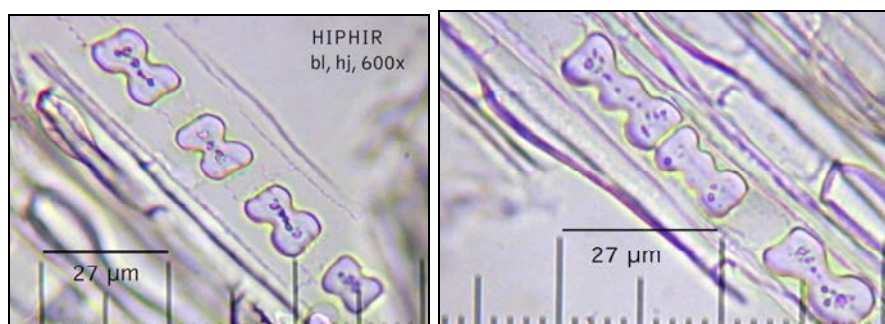
**Hábitat:** cosmopolita, propia de zonas secas a áridas, bordes de caminos.

**Muestras:** Macizo de Teno, carretera faro.

**Observaciones:** Se la considera nativa con seguridad en todas las islas del Archipiélago Canario (Aceves *et al.*, 2004) por lo que quizás sea una de las pocos representantes de la subfamilia *Panicoideae* que puedan ser empleados con fines paleobotánicos. Lo mismo ocurriría con otra especie como *H. sinaica* (Delile) Llauradó *ex* G López, a la que se considera igualmente *Nativa Seguro* dentro del mencionado inventario y que no ha sido posible localizar para su análisis. En todo caso muy probablemente se localicen en su interior fitolitos como los detectados en *H. hirta*, al menos en el caso de las células bilobuladas. Estudios futuros podrán determinar si se encuentran, entre ambas especies, diferencias sustanciales como para ser tenidas en cuenta como morfologías de diagnóstico a ese rango.

#### Fitolitos de las hojas

La forma más característica son los fitolitos de células cortas bilobulados (*bilobate short cells*, ICPN 1.0), aunque pueden adquirir morfologías de tres lóbulos, que podrían por ello denominarse como trilobuladas o polilobuladas (*polilobate cells*). Ya en el trabajo clásico de Twiss, Suess & Smith (1969) se clasificaba dichas morfologías dentro de la clase panicoide denominándolas como “mancuernas regulares complejas” (*Regular complex dumbbells*). Igualmente, en su estudio sobre las gramíneas argentinas, Gallego & Distel (2004) asumen el mismo criterio (**Figuras 264-265**).

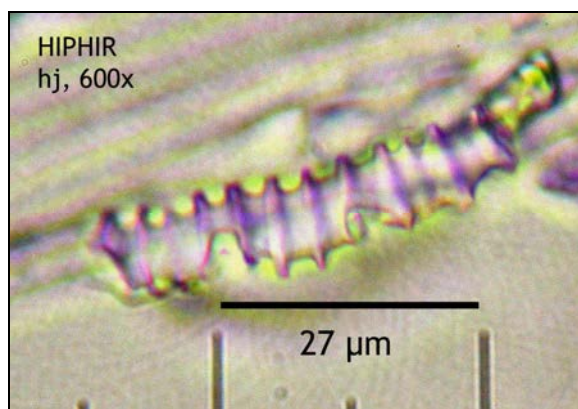


**Figura 264** Células bilobulados (Izqda.). **Figura 265** Células con más de dos lóbulos. Ambas 600x.

Dentro de las morfologías altamente silicificadas observadas en los tejidos foliares, se encuentran otras relevantes, como son elementos alargados con engrosamientos anulares a lo largo de toda su superficie, que corresponden a elementos traqueales del xilema o traqueidas (*tracheid*, ICPN 1.0), que pese a constituirse como formas comunes en numerosos grupos botánicos no han sido una morfología detectada de forma común en las plantas patrones analizadas pertenecientes a la familia *Poaceae*.

Dado a que bajo la denominación de elementos traqueales o traqueidas se engloban varias morfologías muy diferentes, conviene señalar que éstas son elementos no-perforados, de alta silicificación. Su localización anatómica se sitúa comúnmente a lo largo de las mismas zonas de los tejidos donde aparecen alineadas las células bilobuladas y polilobuladas.

En contraposición a las células cortas, la morfología y tamaño de los elementos traqueales del xilema, hacen referencia a su situación anatómica, en el interior de los tejidos vasculares (**Figura 266**).



**Figura 266**, Elemento traqueal del xilema con engrosamientos anulares.

#### Conclusiones sobre *Hyparrhenia hirta*.

Importancia por ser una de las pocas especies de gramíneas, de la subfamilia *Panicoideae*, que son consideradas nativas en el Archipiélago Canario. El hecho de pertenecer a una subfamilia propia de climas secos y cálidos le otorga rango de bioindicador de excepción, ratificado en el plano microscópico por su producción de fitolitos del complejo panicoide, con formas características bilobuladas a trilobuladas que permiten una identificación taxonómica básica casi inmediata.

Las zonas donde hemos detectado la presencia de *H. hirta* resultan claramente representativas de sus preferencias ecológicas, en costas o medianías secas, siempre con un aspecto seco general y cierto tono verde en sus tallos/hojas más jóvenes.



## *Cynodon dactylon* L. Pers.

Familia, subfamilia, tribu: *Poaceae*, *Chloridoideae*, *Eragrostidoideae*

Nombre popular: grama, hierba/pasto de Bermuda, entre otros.

**Morfología:** pequeña gramínea de hojas verdes a gris grisáceo en función de estrés hídrico, raramente hasta 30 cm., sistema radicular muy profundo. Inflorescencia con espigas (3) 4 a 6 distribuidas en un verticilo, usualmente radiadas.

**Hábitat:** cosmopolita.

**Muestras:** Jardín Botánico de La Orotava (ORT).

**Tratamientos:** calcinación 500° C, *dry ashing* con doble calcinación.

### Observaciones:

Resistente en extremo a la sequía, zonas pisoteadas como bordes de camino, etc. Gramínea rara y perenne, que desarrolla estolones largos y rizomas. Muy resistente al pisoteo, estabilizadora de la arena y resistente a la aridez. El rizoma incluso resiste las heladas. En lugares secos forma céspedes sobre suelos arenosos. Consumible como pasto por la mayoría de herbívoros.

Los rizomas se utilizan como medicamento (Klapp, 1987) siendo, la parte más utilizada, la raíz, compuesta por almidón, proteínas, azúcares y grasas, parte a la que se le atribuyen propiedades diuréticas y que parecen ser indicadas para mejorar la función renal, pues provocan la orina de una forma muy suave, sin producir ningún tipo de efecto secundario. También son astringentes y en ocasiones se utilizan como aperitivos. Además están indicadas para problemas de hígado y bazo. Antiguamente se preparaban con esta planta remedios caseros muy complicados, mezclándola con otras plantas como el cardo corredor, la gatuña, etc. Su consumo es totalmente inocuo, empleándose desde antiguo como remedio casero y en preparados farmacéuticos. Asimismo se usa como pasto para todo tipo de ganado (cabras, ovejas, etc.) formando parte de su alimento diario (Fuente: Web diccionario on-line de plantas medicinales). Muy apreciada en la India (sagrada para los hindúes).

**Biomínerezalizaciones silicificadas:** Una de las primeras en ser citadas, específicamente en el caso de las células buliformes (Sangster, 1970).

**Observaciones:** importante como especie representante de la subfamilia *Chloridoideae* en el Archipiélago canario.

**Bibliografía:** Klapp (1987); Rapp & Mullholland (1992); Houyuan *et al.* (1997).

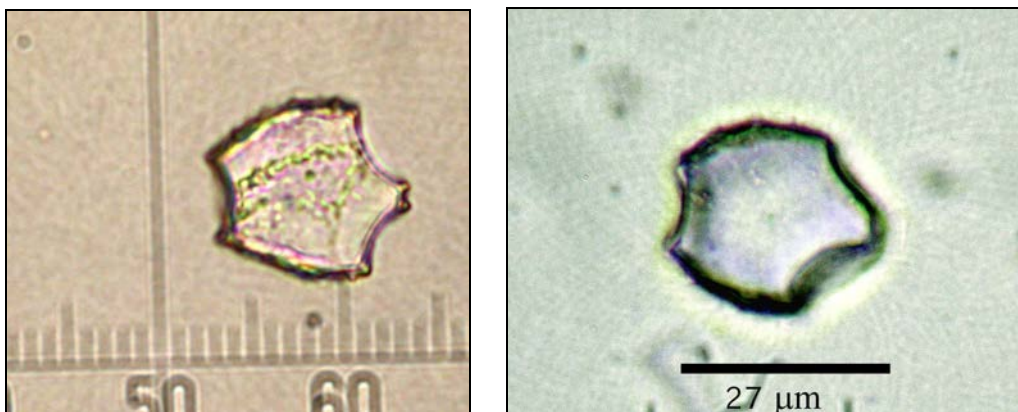
### Morfología y morfometría.

#### Hojas.

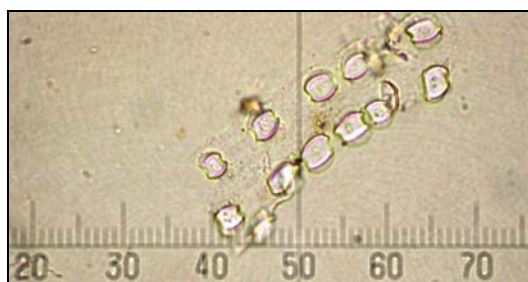
Abundantes células cortas tipo *silla de montar* (*saddle*, Fredluhg & Tieszen, 1994), (Figura 269) como las características de la subfamilia *Chloridoideae*, largas elongadas facetadas, escasas células buliformes con morfología *arc:tringle*, células largas dendriformes.

**Células buliformes:**

Morfología *arc:triangle* en la mayoría de ellas, caracterizadas por un escaso desarrollo del eje A, ejes B y C mayores que éste y similar longitud ambos. Parte posterior (*arc*) con talón entre dos salientes (**Figuras 267-268**). Se trata de uno de los tipos buliformes de menor tamaño con respecto a los de otras especies de la familia *Poaceae*, como también de los menos abundantes en las hojas de gramíneas con producción de este morfotipo.



**Figuras 267-268**, Células buliformes, 400 y 600x.



**Figura 269**, Células cortas trapeziformes o *tipo saddle*, la morfología característica de la subfamilia *Chloridoideae*. 400x

**Conclusiones sobre *Cynodon dactylon*.**

Se trata de una especie perteneciente a las gramíneas productoras de fitolitos de células buliformes cuneiformes, por lo tanto con alto valor a nivel de identificación taxonómica, lo cual permite aproximarnos concretamente a la subfamilia *Chloridoideae*, propia de ambientes húmedos y cálidos. Las dos morfologías de fitolitos que destacamos entre las silicificaciones que produce, representan claramente a las de diagnóstico, tanto las mencionadas células buliformes como las más pequeñas células cortas tipo *saddle*, que en este caso presentan una redundancia mayor con respecto a otras especies y subfamilias. Tal es el caso de la similitud, en forma y no tanto en tamaño, con las células cortas producidas en gramíneas *Arundinoideae* como *Phragmites australis*, pero cuyas células buliformes resultan tan opuestas en estructuración geométrica como para poder ser diferenciadas, tal y como muestran los estudios de Houyuan *et al.* (1997) y nuestras propias experiencias en materia de determinación morfométrica y estadística.



*Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P. Beauv.

Familia y subfamilia: *Poaceae*, *Pooideae*

**Características:**

Gramínea de porte medio, amacollada y perenne. En Europa se la localiza en zonas de bosques caducifolios, asociada a terrenos calizos y silíceos. En la Península Ibérica también es propia de bosques de ribera, pudiendo encontrarla asociada a un elenco botánico de especies arbóreas, herbáceas y pteridofitos de ambiente hidrófilo. Su único uso conocido es el consumo por el ganado en zonas de pastoreo de bosque

En Canarias se la cataloga como nativa probable (Acebes *et al.*, 2004) estando presente en todas las islas con excepción de Fuerteventura y Lanzarote.

**Muestras:** Las Cañadas del Teide, inmediaciones de la *Fuente de la Piedra* (Cañada de El Capricho).

**Tratamientos:** *Dry ashing* (500° C + HCL+HNO3 + 500° C).

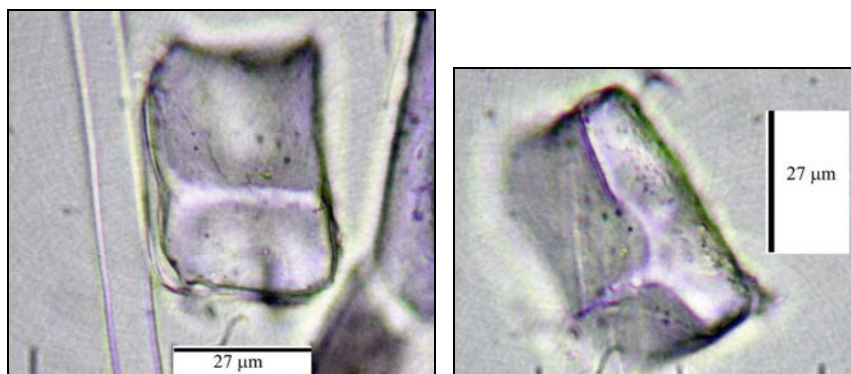
**Bibliografía:** Acebes *et al.* 2004, Klapp, 1987

**Morfométrico biomineralizaciones.**

**En las Hojas:**

**Células buliformes.**

Masivas, de gran tamaño (media del eje longitudinal mayor >50 µm), morfología no-cuneiforme y no-*arc:triangle* (matizable<sup>13</sup>), con 6-7 planos, abundantes con respecto a otras especies, tendencia rectangular con resalte no-simétrico cercano a uno de sus extremos (**Figuras 270-271**).



**Figura 270**, (Izqda.), Célula buliforme (vista frontal). **Figura 271** (Drcha.), Vista lateral.

<sup>13</sup> Existe la posibilidad de que se trate de una célula buliforme *Arc:triangle* pero con un esquema mucho más específico. Si se observa detenidamente, lo que para otras buliformes sería el perfil (vista lateral) aquí sería un eje de la zona triangular con un mínimo desarrollo, para después ampliarse hacia una zona "de arco" que sería la mayoría del cuerpo silíceo. De confirmarse este supuesto —en futuros estudios— estaríamos ante uno de los fitolitos de células buliformes con mayor espesor de los conocidos hasta el momento. Lo cual lo haría inconfundible con el resto de células del mismo tipo existentes en la naturaleza.



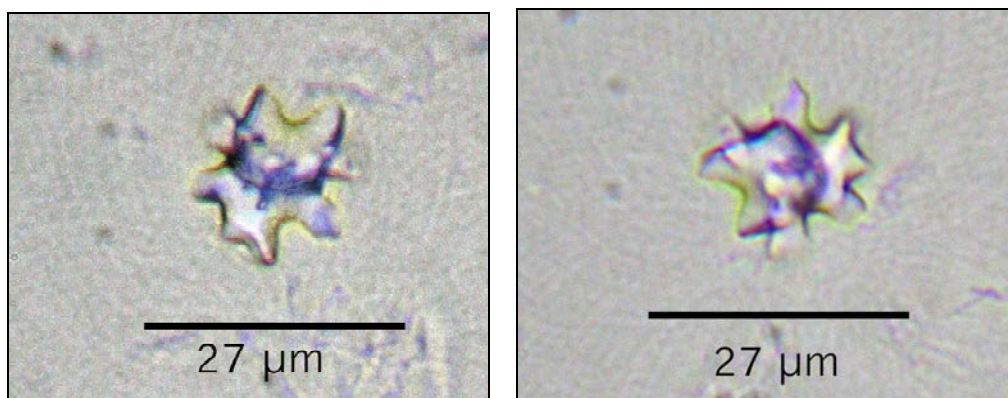
Presentan gran tamaño, promedio de 50  $\mu\text{m}$  eje longitudinal y 30  $\mu\text{m}$  en el eje transversal. El grosor del ejemplar tendría igualmente unas 30  $\mu\text{m}$ . Por lo que estamos ante fitolitos muy masivos.

#### Células cortas, sección circular y extremos polilobulados.

Células cortas de compleja morfología, con una sección aparentemente circular y ornamentación de salientes discontinuos tipo *pilate* (con pequeñas depresiones) en ambos extremos, a la que hemos denominado de “doble corona”. En su trabajo que retoma los postulados de 1969 (Twiss, Suess & Smith), P. Twiss (1992) describe una morfología como *double outlines* (doble contorno) como algunas de las formas básicas dentro de las propuestas para la subfamilia *Pooideae*, dentro de la clasificación de células cortas que permiten discriminar éstas entre otras pertenecientes a *Chloridoideae* y *Panicoideae*. Pero desconocemos si en realidad se refiere a las células que aquí intentamos describir y clasificar.

Sus dimensiones no superan las 20  $\mu\text{m}$  (eje longitudinal), aunque aun deben definirse los parámetros morfométricos de su compleja morfología (**Figuras 272-273**).

Se trata en todo caso de un morfotipo con gran originalidad morfológica, con probables características de diagnóstico a nivel de género, sobre el que convendría establecer un estudio para comprobar si también lo es a nivel de especie.



**Figuras 272 y 273**, Morfotipo de “doble corona” desde dos perspectivas. 600x.

Las similitudes con otras células cortas únicamente se han detectado en dos especies. Una de ellas en hojas de *Zea mays*, pero con variaciones sustanciales y que en todo caso siempre toman como base morfológica el tipo bilobulado (*bilobate*, ICPN 1.0). Pero son siempre variaciones, ornamentales y morfométricas, sobre la misma base bilobulada, que en el caso de *Brachypodium sylvaticum* no parece darse.

La otra especie donde aparecen células cortas, con una complejidad similar, es la citada e ilustrada como dentro de la familia *Bambusoideae* por Piperno (2006) pero que probablemente igualmente deben adscribirse al grupo de células bilobuladas (*bilobate*, ICPN 1.0). Y además la presencia de esta familia en el Archipiélago está claramente vinculada a una introducción actual, así como reducida a algunas variedades de *Bambusa vulgaris* Schrad, más conocido como “bambú” (Aceves *et al.*, 2004).

En todo caso se trata de morfologías muy originales y por ello muy fáciles de detectar en cualquier tipo de contexto, edáfico y arqueológico.

### Tricomas

Presenta al menos dos tipos de tricomas, uno de apariencia masiva, de fuerte silicificación, tanto en la base como en su prolongación, y otro de longitud claramente superior pero hueco central entre paredes silicificadas.



### *Bromus* (posb. *tectorum* L.)

**Familia y subfamilia:** *Poaceae*, *Pooideae*

**Morfología:** amacollada.

**Hábitat:** Zona de Las Cañadas; sobre taludes y graveras.

**Muestras:** Barranco del Riachuelo, Jardín Botánico El Portillo.

**Tratamientos:** calcinación 500 °C, Dry ashing.

**Observaciones:** Silicificadas. Abundantes apéndices epidérmicos de gran tamaño y masiva base silicificada, células largas trapezoidales polilobuladas, células cortas trapezoidales, células largas lisas.

**Bibliografía:** Klapp (1987); Wildpret y Martín (2000); Rapp & Mullholland (1992).

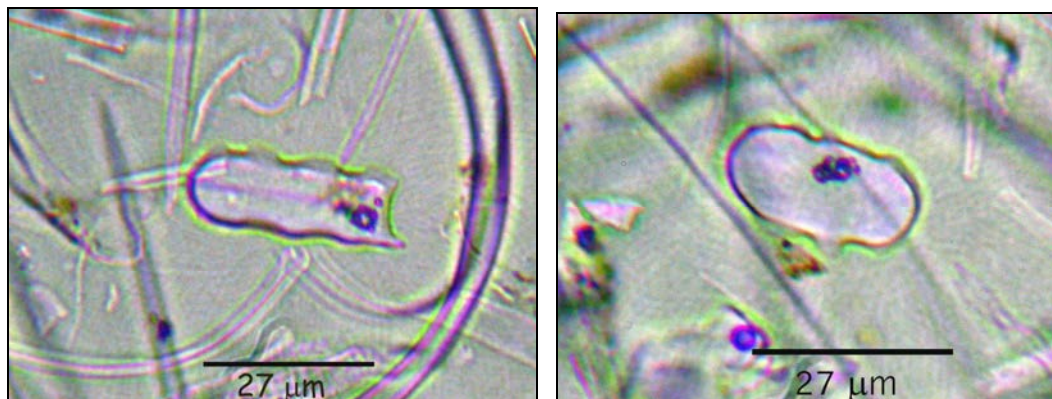
**Morfométrico.**

**Hojas.**

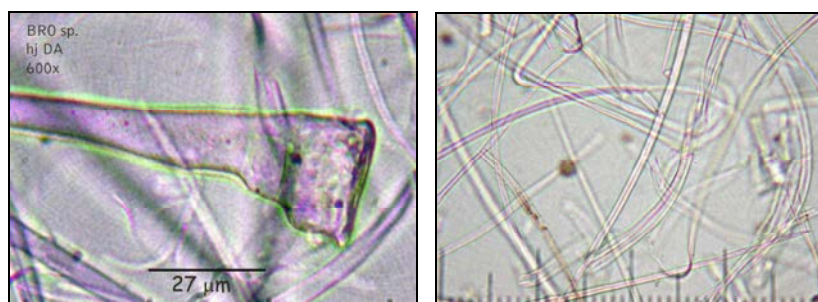
**Tricomas/apéndices epidérmicos:** huecos y estrechos que pueden superar las 700  $\mu\text{m}$  de largo, mínimo de 150  $\mu\text{m}$ . Se observan en su mayoría separados de sus bases.

**Bases de tricomas:** Masivas, alta silicificación, troncocónicas, podrían en algunos casos confundirse con células buliformes al tender a separarse del tricoma (Figuras 276-277).

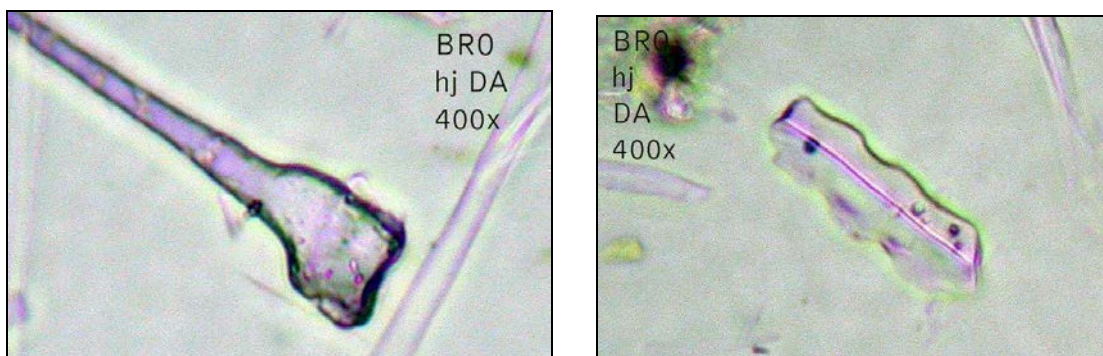
**Células largas trapezoidales sinuosas:** Entre 29 y 56  $\mu\text{m}$  de largo y 16  $\mu\text{m}$  de ancho (Figuras 274-275).



**Figura 274-275,** Células trapezoidales sinuosas.



**Figura 276**, Base de tricoma (600x). **Figura 277**, Tricomas (300x).



**Figura 278**, Detalle de la base de tricoma (400x). **Figura 279**, Célula larga trapezoidal sinuosa mostrando planos lateral e inferior y borde entre ambos.

**Notas de interés:**

Se trata de una gramínea que produce silicificaciones masivas, como el caso de las bases de sus tricomas, que se constituyen —junto con las células largas trapezoidales y sinuosas— como la biomineralización dominante en sus hojas.



*Spartocytisus supranubius* (L.) Webb & Berth.

**Familia:** Fabaceae/Leguminosae

**Nombre popular:** *Retama del Teide*, o del Pico.

**Hábitat:** zona de Las Cañadas, límite 1400 m.s.n.m (norte), amplio desarrollo en torno a los 2000 m.s.n.m. y límite superior hacia los 3250 m.s.n.m.

**Observaciones:** endemismo compartido entre Las Cañadas del Teide y Cumbre de La Palma. Melífera.

**Procedencia muestras:** Cañada El Capricho, El Riachuelo, El Portillo (Jardín Botánico Parque Nacional).

**Tratamientos:** calcinación 400 y 500 °C, *dry ashing*, oxidación H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

**Bibliografía:** Bramwell y Bramwell, 2001, Wildpret & Martín, 2000.

**Antecedentes sobre biomineralizaciones:** No descritos. Sí aspectos microscópicos de la epidermis vegetal (Arnay *et al.*, 1985b).

**Morfología y morfometría biomineral.**

**Tallos fotosintéticos.** Escasa presencia de silicificaciones. Dos tipologías: Formas alargadas (elongate), muy estrechas, con apariencia de fibras (**Figura 280**) y otras propias de los elementos traquéales del xilema, perforadas, estructuradas en forma de hélice, diferenciables de las presentes en los tejidos de la raíz.



**Figura 280**, Fibras silicificadas, 400x

**Biomíneralizaciones en los frutos de *S. supranubius*.**

**Esclereidas:** De gran tamaño y que se configuran como cuerpos de tendencia elipsoidal, color amarillo y comportamiento anisótropo (**Figuras 281 y 282**).

**Troncos y raíz**

La raíz, como el resto de tejidos vasculares con apariencia leñosa, presenta elementos traqueales del xilema perforados que –junto a un conjunto de silicificaciones muy ligeras –difícilmente distinguibles– se constituyen como una de las morfologías biominerales más características de esta especie. Su estudio ha conllevado numerosas pruebas analíticas, descartándose desde un principio (2002) la presencia de morfotipos fitolíticos destacables y de diagnóstico. Sólo tras llevar a cabo tratamientos de digestión en seco y húmedo (*Dry ashing*) se pudo comprobar la presencia –siempre baja a juzgar por la cantidad de muestra bruta empleada– de los morfotipos descritos. No obstante, aunque se ha puesto de manifiesto que éstas existen –también en los tallos fotosintéticos–, su escasa concentración por gramo de muestra y su densidad silíceas son tan reducidas como para dificultar su identificación en contextos de depósito natural o antropizado.



**Figuras 281 y 282.** 400x.

**Silicofitolitos:** Escasos, de tendencia alargada, muy estrechos y apariencia de fibras silicificadas, como los descritos para los tallos fotosintéticos.

Los elementos traqueales del xilema —como ocurre en otras especies de la familia *Fabaceae*— parecen ofrecer una oportunidad específica de identificación fitolítica, aunque debe ampliarse con el fin de obtener datos morfométricos y bioestadísticos más completos. A pesar de la somera descripción que aquí se ofrece, parece poder contribuir no obstante, al conocimiento de esta emblemática planta, que desde el principio defraudó un tanto las expectativas paleobotánicas depositadas en su estudio fitolítico (**Figura 280**).

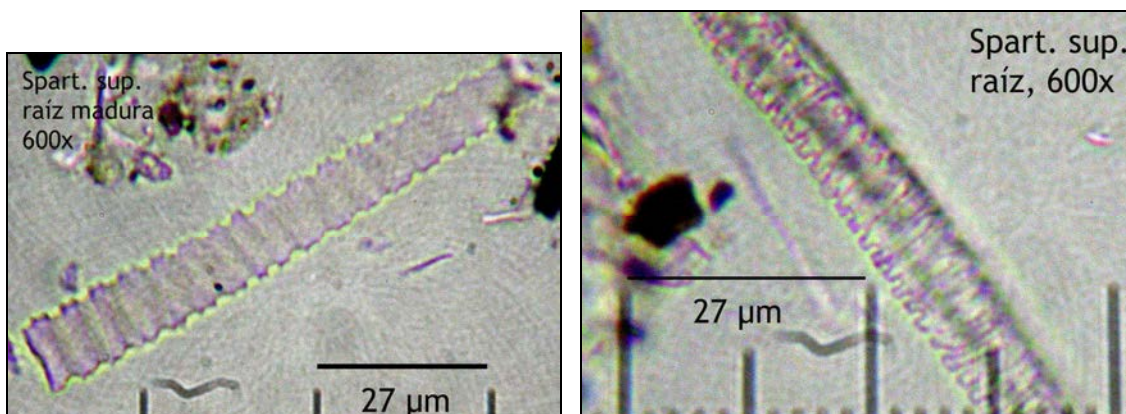
Se trata en este caso de traqueidas con engrosamientos anulares, que concuerdan con la nominación propuesta en el ICPN 1.0 como *cylindric sulcate tracheid*. Presentan los márgenes de dichos engrosamientos con ornamentación que puede designarse entre *pilate* (**Figura 283-284**) y *castelate* o *crenate* del segundo descriptor de dicha propuesta, referente en este caso a la textura y ornamentación. El tamaño de estas morfologías supera siempre las 50  $\mu\text{m}$  en su eje longitudinal (A), llegando a ser  $>80 \mu\text{m}$ , frente a aproximadamente 10  $\mu\text{m}$  que puede presentar su eje transversal (B).

#### **Biomíneralizaciones de oxalato de calcio.**

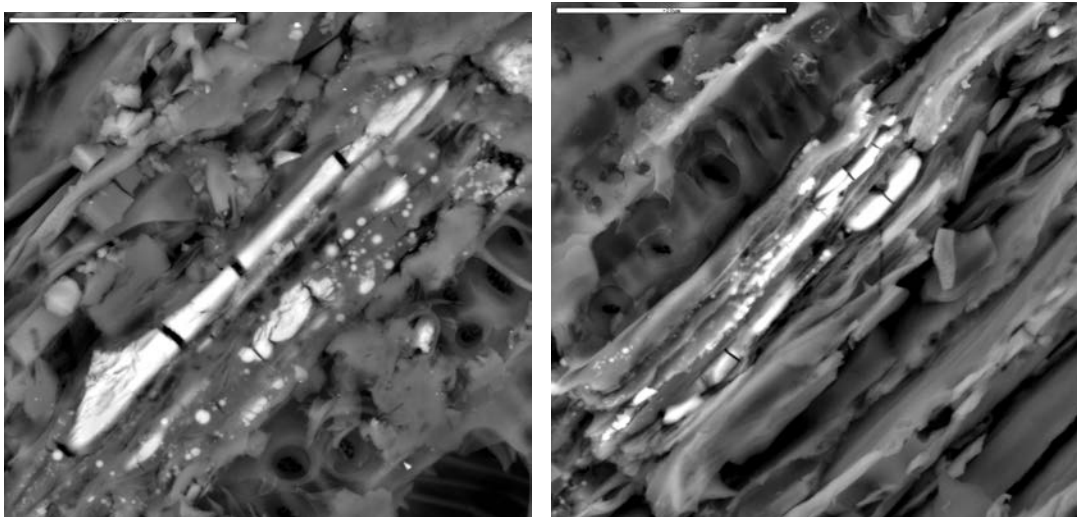
No se detectan formas consistentes más allá de la tipología descrita como “arena de cristales” (*crystal sand*, Franceschi & Horner, 1990), siendo puestas de manifiesto por el semicuantitativo (**Figura 286**) realizado mediante la sonda de rayos X de un equipo SEM (CCMA, CSIC, Madrid).

#### **Biomíneralizaciones de carbonato y fosfato cálcico (tallos fotosintéticos).**

Detectadas durante la primera inspección realizada, mediante microscopía electrónica de barrido y SEM (CCMA, CSIC, Madrid) en 2002. Esta inspección se llevó a cabo tras comprobar —mediante el tratamiento básico de calcinación— que los tallos fotosintéticos de *Spartocytisus supranubius* no contenían biomíneralizaciones silíceas apreciables. Dada la entidad biológica, ambiental y arqueológica de esta planta, se inició un estudio pormenorizado, que concluyó con la detección de formas alargadas constituidas por fosfato cálcico (**Figuras 284-285**) y en otros casos muy escasas y “ligeras” silicificaciones en el interior de los tejidos maduros de sus troncos y raíces (**Figuras 283-284**).



**Figuras 283-284**, traqueidas con engrosamientos anulares. 600x.

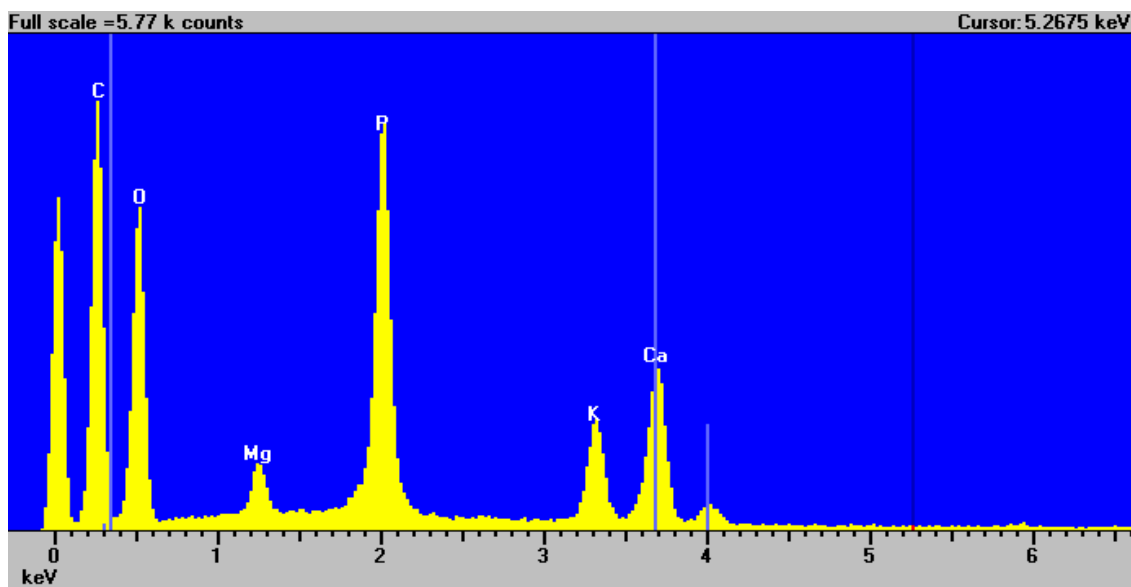


**Figuras 284-285**, Morfologías biominerales basadas en fosfato cálcico (en blanco) en los tallos fotosintéticos de *Spartocytisus supranubius*. SEM (CCMA, CSIC, Madrid).

Se trata de formas alargadas, fragmentadas, de entre 48-50  $\mu\text{m}$  en su eje longitudinal. El empleo de la sonda de rayos X determinó —desde un análisis semicuantitativo— una composición basada en carbono, fósforo, oxígeno, calcio, potasio y magnesio (**Figura 286**), que además descartó la presencia de sílice amorfo, al menos en la zona de la planta analizada. Desde dichos datos puede concluirse que en los tejidos de la planta pueden acumularse diversas formas de iones de calcio, en este caso bajo la de biomineralizaciones de fosfato y probablemente de carbonatos.

La entidad de este descubrimiento radica en la confirmación de varios aspectos, primeramente que la *Retama del Teide* no produce silicificaciones significativas, salvo las ya descritas para troncos y raíces. Pero además se confirma la existencia de biomineralizaciones de fosfatos, que sin duda tienen mucho que ver con el peculiar metabolismo de esta planta, perfectamente adaptada a las rigurosas condiciones del medio donde se desarrolla (por encima de los 2000 m.s.n.m.). La presencia de biomineralizaciones, de similar composición, sólo ha sido citada para un limitado número de especies vegetales, pertenecientes por un lado a la división *Bryophyta* y otras al grupo de las Angiospermas. Pero, por lo general, las biomineralizaciones de fosfato cálcico aparecen asociadas más al reino *Protoctista* (escaso) y sobre todo al reino *Animalia*, con especial presencia en *Mollusca*, *Amelida*, entre otros (Simkiss & Wilbur, 1989).

Queda pendiente —desde otro tipo de estudios bioquímicos— acometer el proceso y significado de tal producción biomineral en *Spartocytisus supranubius*, y sobre todo si existe relación con el metabolismo simbiótico que se produce en las raíces de esta planta y donde interviene ... . Igualmente, la alta concentración de fosfatos es tomada —en una analítica de suelos y sedimentos— como evidencia directa de actividad antrópica y/o animal, por lo que cabría insertar, en estos resultados, lecturas históricas y arqueológicas relacionadas con la explotación ganadera de Las Cañadas en distintas secuencias espaciotemporales.



**Figura 286**, Semicuantitativo SEM de las biomineralizaciones detectadas en *Spartocytisus supranubius*. Análisis: Fernando Pinto (CSIC, Madrid).

### Contenidos en SiO<sub>2</sub>

Tal y como se plantea en el semicuantitativo SEM, el rastro de sílice es muy bajo, pero sin duda cierto. Una prueba de ello es la estimación de %SiO<sub>2</sub> realizada mediante el intento de obtener el residuo silíceo neto desde la destrucción de la materia orgánica existente en los tejidos analizados (Tabla 17). Para ello se procedió, mediante el ya mencionado método *Dry ashing*, sometiendo un volumen considerable de sus tejidos aéreos (entre 6 y 12 grs.) a procesos de calcinación y descarbonatación en presencia de HCl+HNO<sub>3</sub>. Una de las primeras impresiones es precisamente la alta efervescencia producida por éstos sobre la ceniza resultante, confirmando el alto contenido en sales carbonatadas o fosfatadas.

<i>Spartocytisus supranubius</i>	Ps. In.	Ps. Fn (DA)	%SiO <sub>2</sub>
Tallos fotosintéticos	6,839	0,0172	0,25%
Troncos	12,2618	0,05	0,41%

**Tabla 17**, Estimación de % SiO<sub>2</sub> en tejidos de *S. supranubius* (taxón de El Riachuelo).

Los resultados de la primera analítica motivaron una segunda, con el fin de comprobar posibles diferencias de contenido en SiO<sub>2</sub> entre los tejidos correspondientes a la corteza y al tronco interior. Los resultados indican que efectivamente que las concentraciones de SiO<sub>2</sub> se encuentran precisamente en la corteza, siendo notablemente más bajos en el tronco desprovisto de la misma (Tabla 18). El estudio microscópico de los residuos resultantes confirmó la presencia de partículas contaminantes de suelo, aunque no en concentraciones significativas. Pero a la luz de las cuales deben matizarse, a la baja, las estimaciones de SiO<sub>2</sub> presentes en los tejidos.

<i>Spartocytisus supranubius</i>	Ps. In.	Ps. Fn. (DA)	%SiO <sub>2</sub>
Tr. Sin corteza	31,0809	0,0227	0,07%
Corteza	4,9355	0,0232	0,47%

**Tabla 18**, Resultados analíticos diferenciales sobre los tejidos de los troncos de *Spartocytisus supranubius*.

### Conclusiones:

Escasez generalizada de silicificaciones. Solamente parecen relevantes las morfologías basadas en el esquema propio de traqueidas con engrosamientos anulares y sus terminaciones, aunque se trata de morfologías ampliamente representadas en el mundo vegetal, no pudiéndoselas considerar, tampoco en este caso, como de diagnóstico taxonómico. No obstante, cabría tener en cuenta el estudio de sus terminaciones, que con respecto a similares presentes en otras plantas presentan algunas diferencias significativas.



### *Ficus carica* L.

Familia, subfamilia: *Moraceae*

Nombre común/popular: higuera

Hábitat: Costa a medianías.

**Muestras:** taxón de La Esperanza (Tenerife.), 2 taxones diferentes de Valle de Jiménez (Tenerife.), 1 taxón de Ajanedo (Cantabria), taxón de Bahía de Santander (Cantabria), Berducido (Pontevedra, Galicia), Luxor (Egipto), Cartago (Túnez).

**Observaciones:** La higuera, uno de los árboles frutales más explotados y cultivados desde la Prehistoria. Nativa de Asia occidental pero profusamente extendida hacia las regiones templadas cálidas y subtropicales, siendo la cuenca mediterránea una de las de mayor implantación. En Canarias muy probablemente de introducción antes de la Era por poblaciones aborígenes y explotación silvícola como frutal. Luego como cultivo de consumo interno experimenta un notable desarrollo desde época moderna, cultivándose numerosas variedades en casi todas las Islas. Por todo ello ha sido una de las especies con mayor número de muestras recogidas para llevar a cabo las tareas analíticas y de inspección microscópica.

**Morfotipos:** pelos/tricomas ligeramente encurvados o *unciformes* (*unciform hair* ICPN) altamente silicificados. Bases de tricomas en forma de células silicificadas poligonales con protuberancia esférica/oval en el centro. Cistolitos. Cristales de oxalato de calcio.



**Datos morfométricos:****Hojas.****Tricomas/Pelos unciformes (*unciform hair*, ICPN 1.0)**

Morfología con alto grado de variación en su curvatura, de casi inexistente a  $\pm 90^\circ$ , por lo general sólo ligeramente ondulados (**Figura 287-288**). Los datos morfométricos<sup>14</sup> de la variedad de higuera común (higos negros) indican un eje longitudinal máximo de 312  $\mu\text{m}$ , medio de 187,78  $\mu\text{m}$  y mínimo de 109  $\mu\text{m}$ . La zona más ancha del tricoma, que conecta con la base de los mismos, presenta un ancho máximo de 46,8  $\mu\text{m}$ , un valor medio de 25,80  $\mu\text{m}$  y mínimo de 12,48  $\mu\text{m}$ . El tricoma presenta en esta zona una abertura que se prolonga aproximadamente hasta la zona central o final del mismo, donde adquiere mayor silicificación. Las paredes de las zonas laterales presentan un grosor mínimo de 1,08  $\mu\text{m}$ , máximo de 8,1  $\mu\text{m}$  y promedio de 3,88  $\mu\text{m}$ , observándose sus máximos entre la zona más ancha y/o central del tricoma, siendo por lo general sensiblemente menor en la zona más estrecha del mismo.

Este tipo de tricomas/pelos son citados tanto para las hojas como para los frutos por Tsartsidou *et al.* (2007), planteando lo limitado de su valor taxonómico ya que son formas muy comunes en monocotiledóneas como dicotiledóneas. No obstante, según citan dichos autores, Theobald *et al.* (1979) sugieren que dichos tricomas/pelos podrían ser de diagnóstico. Desde las observaciones realizadas durante el desarrollo de esta Tesis, con taxones de *Ficus carica* de varias localizaciones, creo que efectivamente algunos de los parámetros morfométricos que presentan dichos tricomas/pelos, poseen valor diagnóstico de especie.



**Figuras 287-288**, Varios ejemplos de los tricomas presentes en los tejidos foliares de *F. carica*. Ambas 300x.

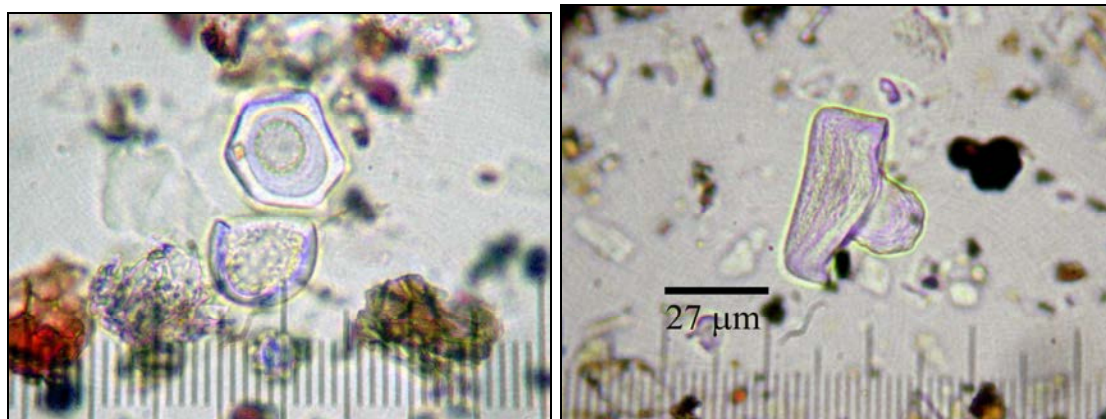
**Bases de tricomas (*trichome base*, ICPN 1.0).**

Células epidérmicas poliédricas silicificadas de entre 4 y 6 lados, con resalte de terminación roma en el centro que coincide con el hueco central que presentan los tricomas en su zona más ancha (**Figuras 289-290**).

**Células epidérmicas poliédricas**

De tamaño igual o superior a 50  $\mu\text{m}$  (**Figura 292**).

<sup>14</sup> Datos obtenidos sobre 100 ejemplares no fragmentados de ejemplar de *Ficus carica* recolectado en La Esperanza (Calle El Sol).

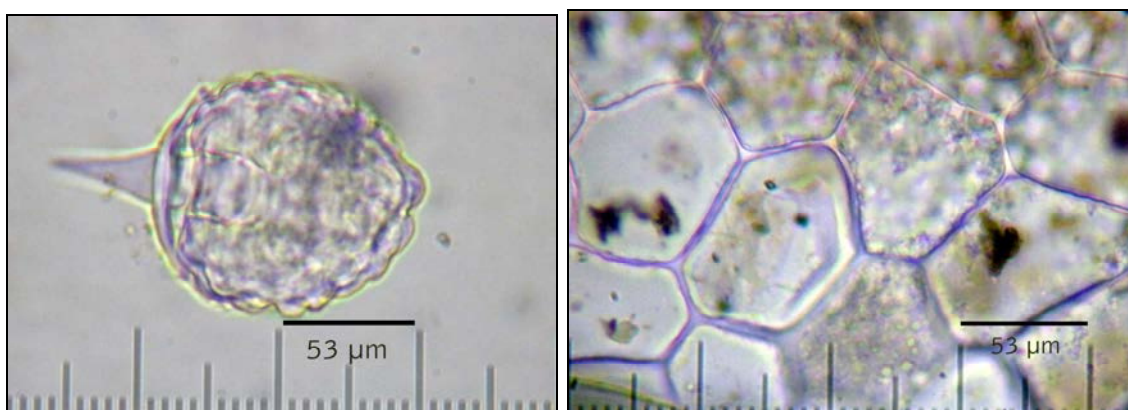


**Figura 289**, Base de tricoma en vista frontal inferior (desde abajo). **Figura 290** (Drcha.) el mismo tipo de fitolito en vista lateral, donde puede apreciarse el saliente que conecta con la base del tricoma hueco. Ambas 600x.

### Cistolitos (*Cystoliths*).

De base silicificada, en contraposición con lo observado por Thomas-Domenech (1976) en la descripción de cuerpos formados por carbonato calcio en las Cucurbitáceas. No obstante, podrían poseer un contenido mixto sílice-oxalato, como ya ocurre en otro tipo de plantas, en concreto de las especies pertenecientes al género *Echium*.

Pueden distinguirse varias partes en el mismo, entre ellas el apéndice que los une a la membrana celular vegetal (**Figura 291**). Morfología globular no esférica, presentando un eje de simetría largo (A) y ancho (B) cuya diferencia promedia es de  $\pm 10 \mu\text{m}$ . Los valores morfométricos aproximados para el longitudinal (A) son: máximo de  $75,6 \mu\text{m}$ , mínimo de  $51,3 \mu\text{m}$  y promedio de  $63,18 \mu\text{m}$ . Eje transversal/corto con máximo de  $62,1 \mu\text{m}$ , mínimo de  $43,2 \mu\text{m}$  y promedio de  $53,2 \mu\text{m}$ . Ornamentación granulada por lo que puede adscribirse al morfotipo *globular granulate* propuesto en el ICPN 1.0 (Madella *et al.*, 2005).



**Figura 291** (Izqda.), Cistolito. **Figura 292** (Drcha.), Células epidérmicas poliédricas. Ambas 300x. J.A.

### Fruto y apéndice.

Contenidos biominerales netamente diferentes a los de las hojas. El fruto contiene –tras un tratamiento de calcinación– una combinación (concentraciones similares) nada usual de oxalatos y sílice. Mientras que los primeros adoptan formas redondeadas que recuerdan a drusas romas (sin salientes), los segundos pueden adquirir mayor tamaño, presentando igualmente formas globulares que podrían responder a la descripción de los cistolitos, su composición es silíceo.

En el apéndice del fruto no se encuentran presentes ninguna de las biomineralizaciones anteriores, tampoco los de las hojas, exceptuando ejemplares de tricomas aislados (contaminantes). Se observan pequeñas biomineralizaciones birrefringentes, formas alargadas como pequeños tricomas o fibras, hasta algo más de 10  $\mu\text{m}$ .

### Aspectos estadísticos y morfométricos.

Indican una gran varianza en el eje longitudinal de los tricomas, siendo menor en el de su eje transversal, pero igualmente alto<sup>15</sup>. Estas estimaciones no hacen sino confirmar la alta variabilidad de formas adquiridas –desde mínimas variaciones morfométricas– y observadas en las muestras analizadas, dentro de un mismo taxón. Y que por tanto debe incorporarse al criterio de multiplicidad también en un mismo morfotipo. De los aspectos más relevantes debe destacarse la gran longitud de los tricomas, cuyo mínimo ronda las 100  $\mu\text{m}$ ., así como la relación entre los ejes A-B, que les otorgan un claro predominio del largo sobre el ancho (Tabla 19).

De los valores obtenidos es el del grosor de las paredes silicificadas (Tabla 20) el que presenta una varianza y desviación estándar más bajas, aunque se constituya como un parámetro complementario, especialmente frente a la configuración morfológica de éstos tricomas, donde sobresale las formas de su zona más ancha y la estrecha (apical) así como el hueco dejado entre sus fuertes paredes silicificadas.

<i>Ficus carica</i> (tricomas)	Eje A (long.) $\mu\text{m}$	Eje B (transv.) $\mu\text{m}$
Máx.	312	46,8
Mín.	109,2	12,48
Prom.	187,79	25,8
Var.	1541	73,91
Prom.	39	8,55

**Tabla 19,** Morfométrico tricomas en hojas de *Ficus carica*

Con todos esos detalles, que perfectamente permiten un reconocimiento inmediato con respecto a otros tricomas semejantes, podemos hablar de un morfotipo de diagnóstico únicamente a nivel de familias botánicas, ya que es compartido con otras como *Ulmaceae* (Piperno, 2006). Aunque para el caso de la flora de Canarias no parecen existir –hasta el momento de analizar la totalidad de las plantas de referencia– morfotipos que puedan ser confundidos con estos, aspecto que por lo demás sí debe tenerse en cuenta a la hora de clasificarlos en contextos arqueológicos, en previsión de estar ante

<sup>15</sup> Estimaciones realizadas desde la medición de 100 ejemplares de tricomas en residuo *Dry ashing* de hojas de una misma planta, P.M. N° 127 a 400x.

tricomas de especies pertenecientes al grupo de las angiospermas dicotiledóneas y no contemplados en los catálogos de flora actual.

En iguales condiciones debemos ratificarnos con respecto a las células poliédricas y cistolitos, también presentes en otras familias botánicas del grupo mencionado (Bozarth, 1992).

<i>Ficus carica</i> (grosor tricomas)	µm a 1500x
Máx.	8,1
Mín.	1,08
Prom.	3,88
Var.	2,74
Desv.Est.	1,64

**Tabla 20**, Valores de medidas de la pared de los tricomas de *Ficus carica*.

A nivel morfométrico se trata, dentro de la aparente fragilidad de una forma hueca, de una tipología resistente, que viene dada por la solidez de sus paredes, con un promedio cercano a las 4 µm. y su probable sección circular o cónica, a medida que se llega al eje apical.

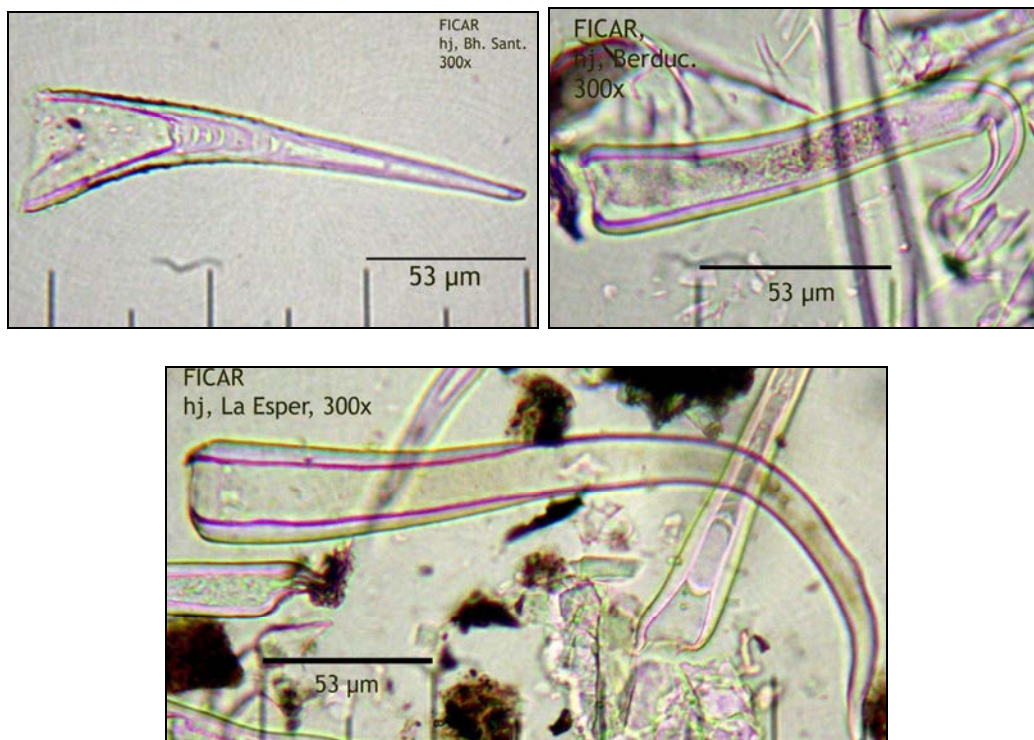
#### **Diferencias morfométricas de taxones de muestreo biogeográfico.**

Las muestras, principalmente de hojas, procedentes de taxones de un conjunto biogeográfico en ocasiones externo a Canarias ha permitido valorar la variabilidad existente entre los morfotipos detectados y el taxón analizado con criterios morfométricos, procedente de la localización de Tenerife. Se constata que los morfotipos fitolíticos más abundantes en los tejidos foliares son, en todos los taxones analizados, los tricomas unciformes. No obstante igualmente debe señalarse la enorme variabilidad dimensional en tales morfotipos, especialmente en lo que atañe a su eje longitudinal (A), a su grado de ondulación con respecto a la línea recta, así como a la configuración morfológica del eje transversal máximo, que coincide con la abertura que presentan los tricomas y que funciona como extremo de conexión con las respectivas bases de la epidermis foliar.

Las diferencias más significativas, con un grado de multiplicidad extremadamente alto, se localizan en la zona de conexión con la base del tricoma y que coincide con la de mayor dimensión transversal (B), la configuración a lo largo del propio tricoma (A) que puede presentarse hueco en su práctica totalidad (**Figuras 294 y 295**) o bien alternando capas silicificadas y huecas (**Figura 293**). Ambos tipos de tricomas y configuración pueden darse, con una pauta aun por cuantificar, en la misma hoja de la misma variedad.

Tomando en consideración dichos aspectos, deben señalarse que tales diferencias se repiten en cada uno de los taxones de *Ficus carica* analizados, confirmado la manifiesta dificultad para establecer criterios de identificación taxonómica, al menos antes de llevar a cabo análisis discriminantes basados en series de datos morfométricos suficientemente amplias. No obstante, pese a las limitaciones propias de las identificaciones microscópicas no respaldadas por sólidos parámetros estadísticos, la originalidad de una parte de los tricomas ya permite al menos adscribirlos a varias familias botánicas pertenecientes al grupo de las angiospermas dicotiledóneas, lo cual en

función del conocimiento existente a nivel de flora local y zonal puede permitir llevar a cabo un reconocimiento aproximado, en este caso, de *Ficus carica*.



**Figura 293** (arriba Izqda.), Tricoma del taxón de Bahía de Santander (Cantabria). **Figura 294** (arriba Drcha.), Tricoma del taxón de Berducido (Pontevedra). **Figura 295** (abajo centro), Tricoma del taxón de La Esperanza (Tenerife). Todos en tejidos foliares de *Ficus carica* L., 300x.

#### Estimaciones de SiO<sub>2</sub> en tejidos foliares.

El porcentaje de contenido neto en SiO<sub>2</sub> de los tejidos foliares de *Ficus carica* puede estimarse, en función de las analíticas realizadas, entre 2,0585 y 2,8409%, lo cual tratándose de una dicotiledónea puede considerarse como alto. La observación microscópica, realizada sobre el residuo resultante de los tratamientos térmicos y químicos, revela que está formado de forma íntegra por silicificaciones, que adquieren morfologías concretas como las ya enunciadas, siendo las más numerosas las de apéndices epidérmicos o tricomas así como las bases poliédricas de éstos.

Este contenido en sílice puede equipararse e incluso ser superior, por gramo de muestra, al existente en los tejidos de las gramíneas.

#### Variaciones asociadas a la diversidad botánica analizada.

Únicamente empleando el potencial explicativo de los tricomas presentes en las hojas de esta planta, las primeras impresiones sobre la posible variabilidad, entre variedades de la misma especie, solamente hace incrementar la multiplicidad evidenciada por los datos morfométricos. Aunque se mantiene cierto grado de certidumbre si se atiende a los parámetros internos y externos de la estructura de los tricomas, que los hace —al menos bajo la inspección microscópica de rutina— aparentemente diferenciables de

otros tipos de fitolitos similares. En todo caso, pese a que parece completamente factible —al menos *De visu*— distinguir los tricomas, sus bases y los cistolitos de *Ficus carica* con respecto a otros, de otras especies, habrá que esperar estudios morfométricos más amplios para conocer hasta dónde llega la manifiesta multiplicidad observada, en especial de los mencionados y singulares tricomas unciformes.



### *Arrhenatherum calderae* A. Hans

**Familia y subfamilia:** *Poaceae*, *Pooideae*

**Nombre popular:** “mazorrilla del Teide”.

**Morfología:** Hierba perenne, densamente cespitosa, de hasta 1 m. de altura, base de los tallos no engrosada. Produce una pequeña semilla de color oscuro.

**Hábitat:** Caldera de Las Cañadas del Teide, en la actualidad localmente abundante.

**Muestras:** Jardín Botánico del Parque Nacional del Teide (El Portillo); altos de la Cañada de Pedro Méndez.

**Observaciones:**

El género *Arrhenatherum* está integrado por hierbas perennes, gramíneas de tierras altas y zonas de alta montaña (Klapp, 1987). *Arrhenatherum calderae* es habitual en pedregales de Las Cañadas del Teide, donde también se la observa desarrollándose en zonas con actividad humana, actual o relictas (enclaves arqueológicos). *Arrhenatherum calderae* se considera un endemismo de Tenerife, aunque se ha identificado también en zonas altas de La Palma (Corolario III, A. Santos, 1996, Com. Pers). El epíteto geográfico «*calderae*» hace referencia a la caldera del Teide, lugar donde fue descubierta como especie ([www.floradecanarias.com](http://www.floradecanarias.com)).

La importancia de la especie y su estudio radica en ser una de las pocas gramíneas de porte medio presentes de forma nativa en Las Cañadas, y en su presencia, asociada a antiguos entornos antropizados, posiblemente también prehistóricos. Igualmente presenta flores que desarrollan un pequeño grano, aun en estudio experimental en cuanto a posibilidades alimenticias. Igualmente se ha seguido la hipótesis de que la especie haya tenido una extensión mucho mayor que en la actualidad —cuando se observa una marcada recuperación— por haber sido consumida intensamente por el ganado de la población prehispánica y posterior, hasta el punto de casi desaparecer. Quizás por ello en los inventarios de vegetación realizados por Martínez y Quirantes en 1981 no se la contempla dentro del paisaje vegetal de Las Cañadas.

**Bibliografía:** Wildpret & Martín, (2000); Martínez y Quirantes (1981).

**Silicificaciones:**

Alta silicificación en tejidos aéreos, tanto en hojas como tallos, donde la diversidad y concentración de morfotipos es muy notable. Los fitolitos más diversos corresponden a los de células largas, de tendencia rectangular y varios tipos de textura y ornamentación.

**Datos morfométricos más destacables:**

**Fitolitos de células largas, sección elíptica, engrosamientos anulares parciales y ornamentación dendriforme terminal** (*elongate with elliptical section and dendriform ornamentation long cell phytolith*, ICPN 1.0). Tamaño cercano o superior a 100  $\mu\text{m}$  (eje longitudinal). El espesor máximo estimado en el corte de su sección puede rondar las 16  $\mu\text{m}$ , lo cual le otorga gran solidez (**Figura 298**, indicador blanco).

En posición anatómica forman esqueletos silíceos, con un patrón de circunvoluciones característico (**Figura 299**). Muy abundantes en los tallos de la planta.

**Fitolitos de células largas y ornamentación de tipo *pilate***, formando parte de los tejidos de la epidermis vegetal con estomas y células cortas (**Figura 300**).

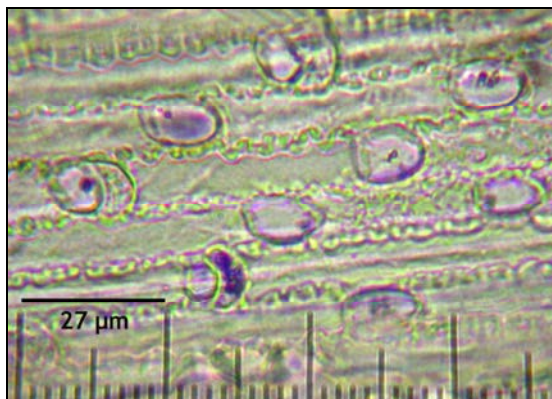
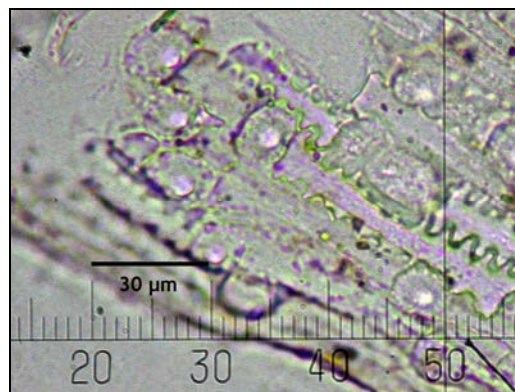
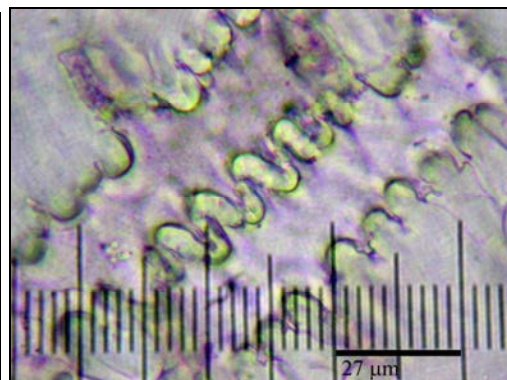
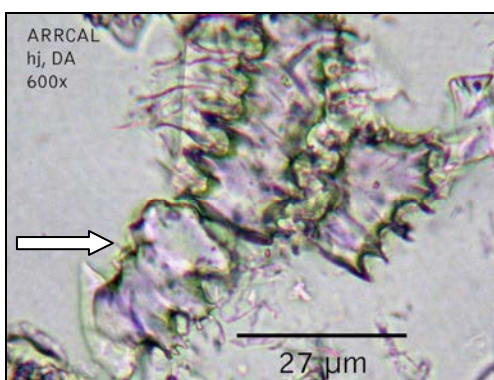
**Fitolitos de células cortas: (*short cells phytoliths*).**

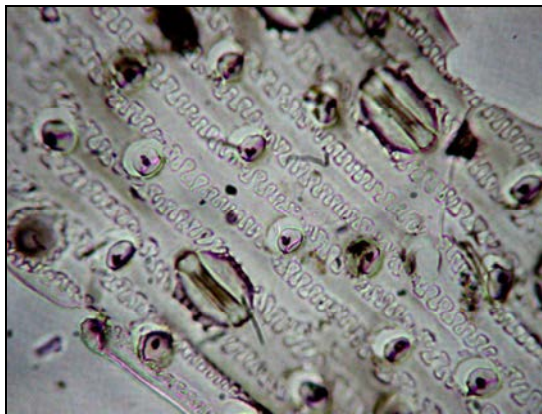
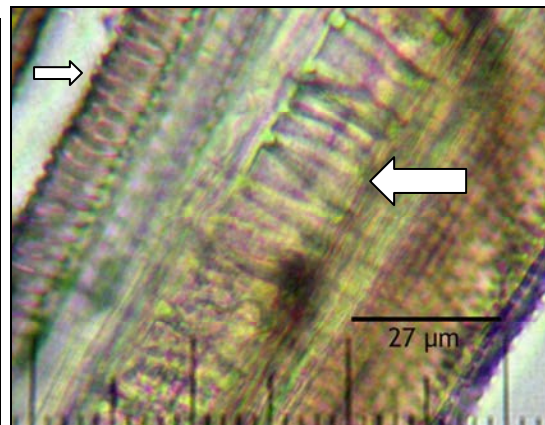
Elípticas que pueden corresponderse con la tipología enunciada por Gallego & Distel (**Figura 296**) como propias de la subfamilia *Pooideae*.

**Papilas (*papillae*)**, células pertenecientes a la epidermis, tamaño que ronda las 20  $\mu\text{m}$ , dispuestas entre células largas equinadas (**Figura 297**).

**Elementos traqueales del xilema.**

Observados en las silicificaciones de los tallos, con al menos dos morfologías, de traqueidas con engrosamientos anulares (que podría corresponderse con la denominación *sulcate tracheid*, ICPN 1.0). Destacando una de ellas por su consistencia (**Figura 301**).

**Figura 296****Figura 297**

**Figura 298****Figura 300****Figura 299****Figura 301****Conclusiones:**

La tipología de célula larga, con engrosamientos anulares parciales, sección elíptica y ornamentación dendriforme puede presentar características de diagnóstico de género, al menos para su reconocimiento en contextos edáficos y arqueológicos de Las Cañadas del Teide. Las morfologías similares, localizadas en ambos tipos de materiales, parece indicar que se trata de los mismos, aunque apreciándose que la ornamentación dendriforme, al menos en sus zonas más frágiles, ha desaparecido. Pero conservándose tanto la extensión casi total de los ejemplares como el resto de atributos mencionados, en especial los engrosamientos anulares parciales, su sólida sección elíptica y cierto grado de disimetría, en cuanto a los salientes de la ornamentación equinada residual que resta de la de tipo dendriforme original.

***Viola cheiranthifolia* H.B.& K.**

**Familia y subfamilia:** *Violaceae, Viola*

**Nombre popular:** *Violeta del Teide*

**Morfología:** Hierba perenne de pequeño tamaño, hojas densamente pubescentes, ovadas a espatuladas, flores tricolores con predominio malva.

**Hábitat:** Zona subalpina de Las Cañadas, Montaña Blanca, Laderas Pico Viejo, Montaña Guajara.

**Muestras:** Montaña Blanca.

**Tratamientos:** calcinación, *Dry ashing*.

**Observaciones:** el contenido silicificado es muy escaso, pese a que se partió de muy escasa cantidad de muestra. Pero las morfologías que presenta podrían tener calidad de diagnóstico.



**Aspectos analíticos:**

El mayor grupo de muestras, recolectadas en Montaña Blanca<sup>16</sup>, presentó pesos entre 0,3324 y 0,0992 grs. para las hojas y 0,0585 grs. para las flores, después de ser lavados y secados a 105°C. La pérdida de peso tras la primera calcinación (500°C) es muy acusada y lo es aun más tras el tratamiento ácido (HCL+HNO<sub>3</sub>), reduciéndose finalmente a prácticamente inexistente residuo (entre 0,00%-1,26%) y en el segundo a 0,0020 grs. En el caso de las flores no se aplicó tratamiento ácido en previsión de perder el escaso residuo obtenido tras la calcinación, que permitió obtener 0,0015 grs. Con todo ello puede asumirse que el %SiO<sub>2</sub> de las muestras es muy bajo, y en algunos casos irre recuperable siguiendo la metodología empleada.

**Aspectos biominerales destacables.**

La observación microscópica de los residuos muestra, en el caso de las hojas, la presencia de silicificaciones muy poco consistentes en cuanto a espesor y morfología, pero claramente presentes en el residuo. Del conjunto detectado cabe señalar la presencia de epidermis silicificadas, formadas por células rectangulares a poliédricas y especialmente lo que podrían constituirse como tricomas huecos, de paredes externas rugosas y terminaciones sesgadas y engrosadas, para los cuales únicamente parece posible proponer una morfología de tipo faloide (*faloid trichome/hair*).

Las dimensiones de estos tricomas huecos presentan unas 70 µm en su eje longitudinal y aproximadamente 20 µm en sección. Se trata no obstante de silicificaciones muy ligeras, de fácil desestructuración al menos cuando median tratamientos de laboratorio, que sin duda han tendido a fragmentarlos. De hecho se ha requerido de varias inspecciones de las preparaciones realizadas con los residuos para llegar a detectar lo que parecen ser morfologías con características de diagnóstico (**Figura 302**). Sus fragmentos constatan el mencionado proceso de afectación tafonómica inducido por el tratamiento de laboratorio (**Figura 303**).

Otras silicificaciones que pueden destacarse son las de tipo epidermis silicificadas, formadas por células poligonales irregulares (**Figura 304**), que superan igualmente 20 µm en algunas de sus caras. Sus paredes presentan un grosor de pocas micras y ciertas divisiones transversales.

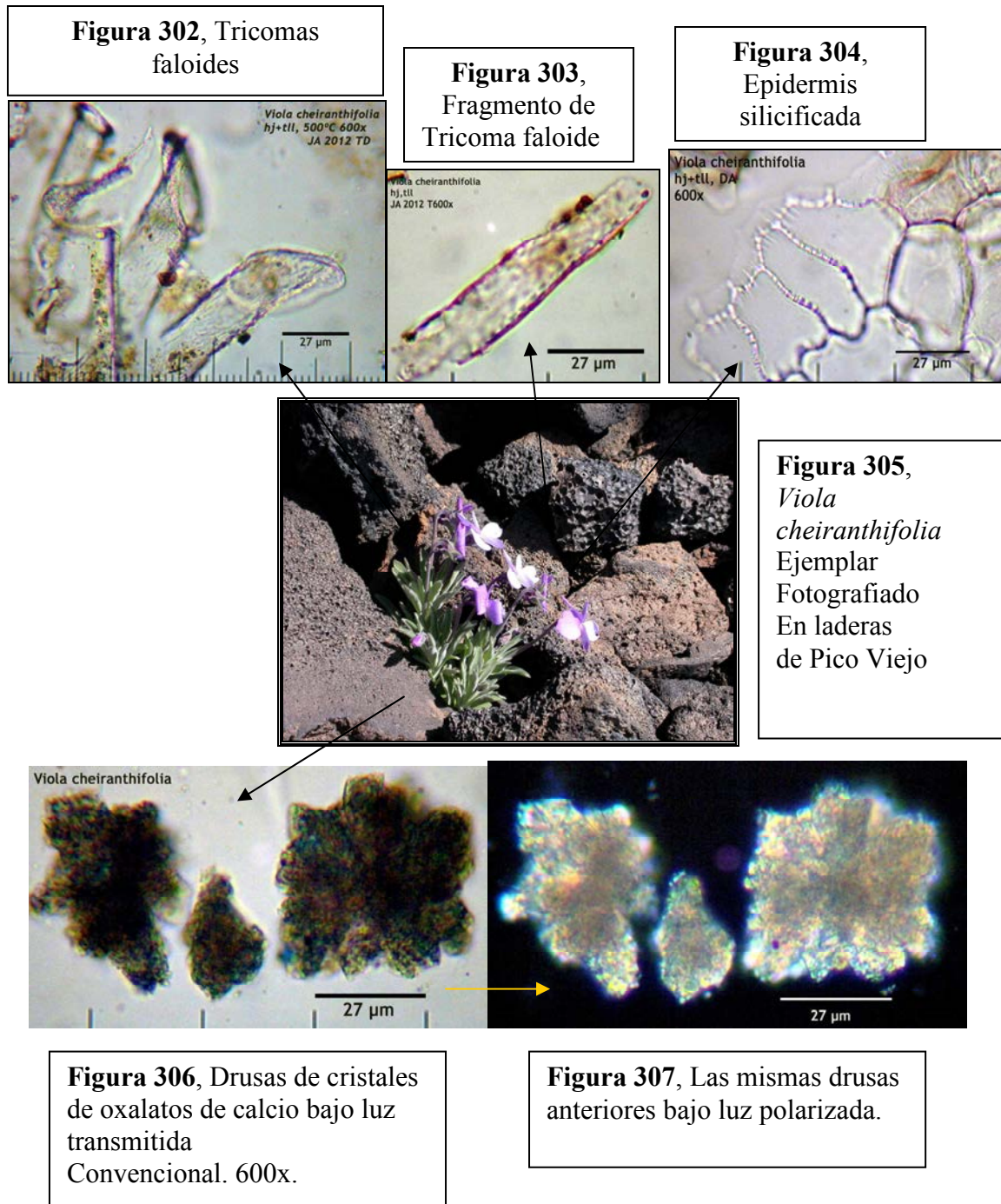
Otro apartado lo constituyen las biomineralizaciones de oxalatos de calcio, únicamente detectables en los residuos que no han sido sometidos a ácido. Se trata en este caso de cristales agrupados bajo la forma de drusas de unas 50 µm de diámetro, igualmente vulnerables a los tratamientos de laboratorio, ya que no son pocas las que se presentan de forma desestructurada (**Figuras 306 y 307**).

Durante las inspecciones microscópicas se detectaron otros tipos de silicificaciones que en general presentan un valor de diagnóstico en cuanto a su disposición en tal escaso porcentaje de silicificación. De hecho, a pesar de las tareas de descontaminación por ultrasonidos y lavados se detectan algunos casos de vidrio volcánico, que llega a confundirse con las biomineralizaciones igualmente basadas en altos porcentajes de SiO<sub>2</sub>. Sin embargo, ésta no es sino

---

<sup>16</sup> Gracias a la colaboración de D. Eduardo Carqué y su equipo, Sección de Rescate Genético del Parque Nacional del Teide.

una característica más de las que presenta esta planta, plenamente adaptada a desarrollarse sobre sustratos pumíticos o de escorias volcánicas ácidas.



**Conclusiones sobre las fichas de análisis biomineral.**

Indudablemente queda mucho trabajo por realizar, puesto que como se ha expuesto, se trata de abordar la complejidad de las biomineralizaciones en el seno de las plantas que, a diferencia de otros elementos microscópicos como el polen –su más cercano antecedente paleobotánico y arqueobotánico–, adquieren multiplicidad de formas que además pueden ser redundantes entre especies diferentes. En virtud de la experiencia adquirida con las plantas presentadas, más la de muchas otras que no lo han sido, solamente el estudio

pormenorizado de fitolitos (en sentido general) sobre elevados números de ejemplares podrá permitirnos aproximaciones taxonómicas más fiables. En todo caso, pese a que no se muestran resultados estadísticos completos, las observaciones que han permitido ofrecer cada tipología de fitolito presente en una determinada planta, han sido sobre significativas cantidades de muestra. Por ello los resultados mostrados son, en este caso, claramente representativos.

Como puede observarse la variabilidad es restringida a determinadas formas, que tienden a ser comunes en plantas como las gramíneas, que quizás no sólo sean las que presentan mayor tasa de silicificación sino también de diversidad morfológica en una misma parte de sus tejidos aéreos. No obstante, salvo algunos casos, parece posible distinguir fitolitos de gramíneas de forma relativamente fácil, aunque en algunos casos la redundancia entre plantas de diferentes grupos vegetales también las involucra, es el caso de las traqueidas con engrosamientos anulares, que tanto podemos encontrar en *Spartocytisus supranubius* como en *Hipparrhenia hirta*, y con ciertas diferencias morfométricas en una dicotiledónea como *Laurus novocanariensis*.

En todo caso, la exposición de los contenidos biominerales en la selección realizada ejemplifica todos los parámetros que será necesario someter a análisis estadístico, aunque sin duda algunos de ellos nos permitirán ya reconocer restos de una planta en contextos antiguos. Para el abordaje de cuestiones concretas del pasado humano veremos, a continuación, como se puede proceder para abordar un tema también vinculado a las plantas como es la alimentación.



## Experimentación con alimentos actuales: buscando referentes para el estudio de la alimentación del pasado.

*“...y entonces también la vida tendrá forma de pan,  
será simple y profunda, innumerable y pura.”*

Pablo Neruda. *Oda al pan*.

Como bien refleja la experiencia que Arthur Hassall<sup>17</sup> llevará a cabo en 1876, enfrentándose con un problema metodológico como verificar la adulteración del café en el Londres victoriano, el camino para lograr identificar un alimento a través de sus restos microscópicos no es sencillo, pero tampoco imposible. Efectivamente Hasall planteó que era posible identificar las características implícitas de un determinado alimento con la ayuda de un microscopio óptico, haciéndose necesario para ello estudiar los productos en bruto con los que se confeccionaban. Así lo demostró en su trabajo sobre el café (*Coffea arabica*) y la achicoria (*Cichorium intybus*), una

<sup>17</sup> Citado por O. Flint (1996), quién lo describe como una experiencia pionera en el mundo de la Microscopía de los Alimentos.

herbácea de la familia *Asteraceae* profusamente empleada desde el siglo XVII para sustituir al primero o adulterarlo. Contando con la referencia de ambas plantas pudo disponer con elementos microscópicos de diagnóstico y así detectar la mezcla de una planta con la otra.

Pero si bien esa experiencia pudo realizarse analizando productos coetáneos al problema analítico planteado, el de hacerlo desde muestras arqueológicas históricas o prehistóricas incrementa la dificultad de éste, pero sólo en apariencia. Mientras se trate de elementos naturales que aun encuentran disponibles en la naturaleza, la posibilidad de emplearlos como material de referencia abre la puerta a su detección en contextos del pasado.

Lo cual no quiere decir que siguiendo criterios similares a los empleados por Hasall podamos fácilmente identificar un antiguo alimento, de cualquier época, en cualquier material. No, pero sí que puede configurarse un método de actuación al respecto, teniendo claro lo que se busca, porque esa será la base para comenzar a experimentar, sin duda la puerta de entrada al problema afrontado. Este obvio y básico planteamiento guarda no obstante la realidad de poder asumir el estudio de la alimentación del pasado mediante la búsqueda de respuestas desde los materiales que se encuentran a nuestra disposición.

Resulta también obvio que en función de los productos que queramos estudiar, o reconocer, tendremos mayores o menores dificultades dependiendo, entre otras cosas, de la disponibilidad de un producto o material similar actual. En todo caso, partimos de la premisa ya mencionada –y no original por nuestra parte– de *conocer para reconocer*<sup>18</sup>, algo que su simpleza guarda la clave de al menos la primera parte de una investigación semejante: la de conocer los alimentos que queremos buscar en el pasado. Y eso no es difícil si prestamos atención a aquellos que pueden ser muy similares, estableciendo una serie de parámetros sólidos de búsqueda e intentando detectar elementos similares en el pasado, definiendo cuales son similares y cuales los que no.

Los alimentos elaborados con cereales son uno de esos paradigmas etnobotánicos que habitualmente nos acercaban a la prehistoria más reciente, aquella donde comienzan a cultivarse las gramíneas que darán paso a las de tipo comestible: los cereales. A nivel histórico este dominio del medio vegetal –junto con el animal– será interpretado para la fundamental secuencia de cambio hacia asentamientos estables y una mayor complejidad socioeconómica propia de las sociedades productoras de Prehistoria. Un espacio de tiempo que se ha denominado Neolítico, acompañado a nivel material por un conjunto material propio, que definen –entre ambos– una fundamental etapa temporal de cambio con el modelo anterior, el de sociedades eminentemente cazadoras-recolectoras (Martí, 1998; entre otros).

En el plano microscópico que nos ocupa son los vegetales y en especial los que vendrán a denominarse cereales aquellos que permiten abordar el mundo de los alimentos domesticados, existentes inicialmente a corta distancia de los asentamientos. Un recurso alimenticio que debe ser cuidado en extremo si

---

<sup>18</sup> Como se sabe esta premisa guarda la clave de cualquier tipo de estudio experimental donde se pretenda reproducir un elemento (existente en la naturaleza o de factura antrópica) generando/recreando las condiciones originales de formación.

se le quiere emplear como base, gradualmente ampliada, de una sociedad estable en tiempo y espacio. Desde entonces, junto con las legumbres, puede decirse que comienza a cambiar la nutrición humana, sustituyendo gradualmente el aporte proteico de origen animal (caza) por otro más vinculado a los hidratos (cereales) y proteínas vegetales (legumbres). En ese sentido se establecerá una línea divisoria<sup>19</sup> con aquel pasado donde la alimentación no los contemplaba. En concreto con la de los cazadores-recolectores, donde aun existen aspectos dietéticos que deben abordarse y que sin duda –como bien enuncia Perlès (2004)– no se explican en su totalidad planteando una monótona y poco diversificada dieta, basada en proteínas y grasas animales, aunque ello sea lo que indican rotundamente los registros faunísticos (restos óseos e industria lítica asociada). Evidencias que resultan las más evidentes en contextos arqueológicos, como en el caso de Canarias ejemplifican también los concheros de época aborígen.

Los límites de los registros bioantropológicos juegan aquí otro límite que aun no parece posible franquear de forma directa sino indirecta, es decir asumiendo como informaciones fidedignas el registro arqueológico relacionado con la explotación y consumo del recurso cárnico, incluyendo mamíferos, peces y aves. Sin embargo, la rápida diversificación y especialización de los estudios arqueológicos permite plantear ya que algunas poblaciones prehistóricas, anteriores a la especie actual, ya consumían plantas que dejaron almidones y fitolitos en su dentición (Henry *et al.*, 2010).

La posibilidad de reconocer elementos microscópicos, propios de antiguos productos utilizados como alimentos, parte primeramente de la inquietud de científicos históricos que, aprovechando las ventajas de la observación microscópica, sentaron las bases de lo que Flint (1996) describe como Historia de la *Microscopía de los Alimentos*. En una escasa pero intensa secuencia de desarrollo, investigadores como Arthur Hasall asumirán la diferenciación de determinados productos vegetales alimenticios, basándose únicamente en la observación microscópica de ambos. Cuando Hasall toma como un reto profesional el informe gubernativo inglés, de mediados del siglo XIX, donde se descartaba la imposibilidad de identificar, por medios químicos ni de otra naturaleza, el café adulterado con achicoria<sup>20</sup>, su primera tarea consistirá en analizar todos los materiales –involucrados en el consumo de la época–, como todas las variedades de grano de café que pudo adquirir. Sentaba así las bases, a mi entender, de lo que será una colección de muestras patrones o de referencia, primer paso para adquirir experiencia empírica, en este caso microscópica, sobre determinados alimentos, de consumo humano, que debían ser conocidos primeramente al microscopio, para posteriormente poder afirmar que correspondían al producto vegetal con el que, se decía y se comercializaba, estaban realizados. Podemos tomar el trabajo de Hasall como ejemplo de estudio microscópico dirigido a un objetivo concreto, pese a que

---

<sup>19</sup> Una línea que, como ocurre en el espacio geológico pero a escala humana, es más un enorme espacio-tiempo cuyos límites seguimos modificando en función de la continua renovación de la información obtenida por la investigación arqueológica.

<sup>20</sup> Según cita Olga Flint (1996:1-2), las adulteraciones de café era un tema de relevancia parlamentaria, tanto como para promover una investigación al respecto. Como posteriormente demostrará Arthur Hasall, la extensión del fraude superaba en mucho al de este producto, involucrando también a otros de primera necesidad.

el suyo no coincida con el nuestro, lo importante aquí es la puesta en marcha de un protocolo capaz de identificar –mediante técnicas experimentales y estudios comparativos– aquellas evidencias con capacidad informativa y explicativa. Y que nos permitan ofrecer una respuesta interpretativa basada en datos y parámetros concretos.

Con tales referentes, y su aplicación práctica en contextos arqueológicos de la Península Ibérica, la labor desarrollada por Juan Tresserras (1997; entre otros) ejemplifica perfectamente los objetivos buscados en nuestra investigación, el conocimiento de antiguos alimentos, en concreto de filiación prehistórica, motivó el estudio experimental de materiales actuales. Se trata de una de las primeras vías de investigación abiertas en el ámbito de Arqueología de los Alimentos en la Península Ibérica. Siguiendo dichos trabajos, y tal y como se planteó en nuestra investigación previa a esta Tesis (Afonso, 2004a), existen antecedentes claros en el estudio de la paleodieta de diversas etapas históricas desde este tipo de evidencias. Al igual que ocurre con otros tipos de materiales, como suelos y sedimentos, la experimentación permite conocer los elementos portadores de información –en este caso aquellos de origen vegetal y tamaño microscópico– para rastrear su presencia en materiales del pasado. Desde esta perspectiva el estudio garantiza el valor de sus resultados, aunque deban ajustarse sus inferencias a las particularidades de una evidencia arqueológica, cuya entidad puede guardar distinto significado al actual. Igualmente se garantiza la posibilidad de acometer nuevas facetas históricas –de diverso signo– al ritmo de los avances técnicos y metodológicos que la ciencia desarrolla. Y en este sentido, como ha venido afirmándose, el esfuerzo investigador se ve recompensado con el aprovechamiento del mismo también para fines para los que no iba encaminado.

Para el análisis de alimentos actuales se han empleado las técnicas descritas en varios trabajos, que describen las características de los elementos tomados como referencia, caso de gránulos de almidón y tejidos vegetales (Wallis, 1968; Flint, 1996), y también los procesos que pueden afectarles (Korstanje, 2006). Al igual que ocurre con los fitolitos, la experimentación con alimentos actuales permite conocer cómo pueden aparecer almidones en residuos prehistóricos; pero el paso del tiempo –pleno de sucesos naturales y antrópicos que nos son parcialmente desconocidos– suele operar cambios que ponen a prueba la idoneidad del método experimental. No obstante, aunque los resultados suelen confirmar su validez, ya que el estudio de una muestra, con siglos de antigüedad, siempre aportará aspectos originales sobre el momento histórico que estamos abordando; reportando valiosas informaciones que trascienden la humilde integridad de un grano de almidón o de un fitolito.

El hecho de que la mayoría de alimentos actuales estén confeccionados con productos vegetales muy refinados y transformados, limita la identificación de estos a nivel microscópico, al haberse operado una fuerte alteración de sus características originales. Otra cosa sería la aplicación de técnicas químicas y espectrográficas, que permitirían detectar determinadas sustancias presentes en determinados productos con los que se confeccionan alimentos. Dado que nuestro trabajo se centra en la identificación de partículas vegetales concretas, se ha debido acotar el estudio experimental a

los productos que podrían contenerlas, y que se encontraban tanto en el pasado, especialmente desde época neolítica, hasta la actualidad. Los cereales, junto con las leguminosas y numerosos frutos, son los que presentan mayor representatividad, aunque actualmente su uso pasa previamente por complejos métodos de limpieza y refinado, que pueden transformar casi completamente su estructura microscópica y las características de sus partículas más pequeñas.

Obviamente el estudio de tales productos, a nivel microscópico, comienza a perder capacidad de resolución —pero no por ello de importancia—, a medida que aumenta la profundidad cronológica. Pero ello no es problema si aceptamos el reto, porque en la actualidad existen otros métodos para indagar en ello. De forma que, la gradual adopción de economías de producción en grupos humanos de la prehistoria, la distanciamos, en este nuestro apartado, de las sociedades cazadoras-recolectoras. No obstante, el hecho de que en Canarias las sociedades prehistóricas presentaran un eminente pero no rígido esquema agropecuario<sup>21</sup>, nos obliga a ofrecer una opción experimental que no se circunscribiese totalmente al binomio cereales-leguminosas. No obstante, la investigación es posible siempre que se disponga de elementos materiales donde rastrear la presencia de partículas vegetales, como el trinomio silicofitolitos-oxalatos-almidones, como industrias líticas, cuando dependiendo de la secuencia cultural y tecnológica no existiera aun ningún tipo de recipiente donde identificar residuos alimenticios. Tal es el caso de industrias líticas asociadas a obtención, tratamiento o almacenamiento de vegetales, y que siguiendo el ejemplo aportado por Juan-Tresserras *et al.* (1997) permitieron afrontar los primeros estudios al respecto en secuencias del paleolítico inferior de África oriental (Domínguez-Rodrigo *et al.*, 2001).

Por ello, y una vez asumidas las informaciones etnohistóricas, el ejemplo tomado para ilustrar un esquema alimenticio —no propio de poblaciones únicamente productoras—, ha sido el estudio del helecho común/macho (*Pteridium aquilinum*). De esta planta, y en concreto del consumo de su raíz rizomatosa (Figuras 308 y 309), se tiene constancia a nivel etnohistórico y etnográfico, contando además con su primera identificación, a nivel arqueobotánico, en el trabajo de Mathiesen (1960). Los parámetros establecidos en este caso fueron también microscópicos, empleando materiales de referencia, que permitieron identificar residuos de harina del rizoma de *P. aquilinum*, sin descartar la participación de otras especies, en este caso del género *Pteris*, como *P. angusta* y *P. longifolia*. Esta identificación supuso la posibilidad de ofrecer respuestas conjuntas, sobre las características de la alimentación, entre otros aspectos socioeconómicos, de grupos concretos de aborígenes de Tenerife<sup>22</sup>, dentro de lo que constituye uno

---

<sup>21</sup> Aunque como se sabe ampliamente complementado por la recolección vegetal, marina, la pesca y en menor medida la caza de pequeños animales.

<sup>22</sup> En ese mismo trabajo el profesor Serra Rafols planteaba la precariedad alimenticia de los aborígenes representados en el enterramiento de Roque Blanco, propia de hambrientos y desequilibrios en la dieta que no encajaban en una sociedad pastoralista con recursos frumentarios. Aunque puede llegarse a tal conclusión ratificando el consumo de un producto vegetal que a nuestro parecer puede resultar “de subsistencia”, lo cierto es que, al contrario que lo planteado por Serra como un indicio

de los primeros ejemplos de equipos multidisciplinares en la arqueología de Canarias (Diego *et al.*, 1960).

En base pues a objetivos y antecedentes, la tarea de analizar evidencias directas de la alimentación prehistórica, que podemos designar como de complementación, pasaba por designar materiales y métodos, dado que se trataba en parte de elementos microscópicos concretos en el segundo caso, y en el primero una serie de materiales que debían responder al objetivo buscado. Para ello se analizaron dos muestras de residuos intestinales, de las cuales una confirmó que la ruta, ya tomada por Mathiesen, podía ser seguida mediante el análisis de fitolitos, caso de “la momia” de la Colección del Cabrera Pinto<sup>23</sup>, como se expone con mayor detalle más adelante (Resultados 5-IV).



**Figura 308** (Izqda.), Cubierta externa de la raíz rizomatosa de *Pteridium aquilinum*. **Figura 309** (Drecha.), tejido interno en la misma parte de la planta. Fotografiado previo a los tratamientos de laboratorio, tras llevar a cabo la separación y lavado exhaustivo de ambas muestras. Escala: divisiones de 1 cm. J.A.

Por ello se han escogido –al menos para las sociedades con adopción de prácticas agrícolas– los productos derivados de los cereales, por la posibilidad de localizar en ellos células fitolíticas producidas en los intersticios de las vainas de las semillas. Para el caso de las leguminosas la cuestión es más compleja, ya que su consumo se realiza de forma general cocinándolas, realizando en todo caso purés y cremas que no suelen comercializarse, sino a nivel doméstico. Con las frutas existe el mismo problema pero en este caso, dado que su procesado solamente suele incluir una breve molturación –salvo

---

de control demográfico y extrema carestía alimenticia, creemos que hace referencia a la explotación de una planta más dentro del esquema económico de los aborígenes tinerfeños y por tanto entendida como fruto de la diversificación dietética. No por ello debe descartarse, como bien atestiguan épocas posteriores e incluso posibles lecturas sobre restricciones de acceso a productos de producción, que determinadas coyunturas socioeconómicas influyeran en que la explotación del rizoma de este helecho se volviera más intensiva.

<sup>23</sup> Sorprendentemente, la muestra obtenida de la cavidad anal de individuo en cuestión, tras ser procesada, evidenció la presencia de varias morfologías, tanto silicificadas como de oxalatos calcio, cuyos detalles se expresan en el Capítulo de Resultados, Sección de Restos Bioantropológicos, Resultados 5-IV.



en el caso de los zumos/jugos— y la adicción, como en el caso de confituras y mermeladas, de otros productos que no dañan la estructura microscópica de los tejidos vegetales.

Las primeras prácticas se realizaron sobre productos elaborados con cereales, ya que éstos han sido una fuente de nutrientes con mayor tradición de consumo humano, al menos desde la implantación de las economías de producción (Perlés, 2004; entre otros). Y dentro de ellos los alimentos confeccionados con harinas que, como el pan a nivel europeo —o el gofio dentro de la órbita cultural de Canarias— han supuesto un buen ejemplo de lo que la experimentación y análisis de almidones y fitolitos pueden dar de sí. Básicamente el estudio se ha realizado con distintos tipos de pan elaborados en la actualidad, pero también se ha trabajado con otros productos derivados de harinas de cereal que, como el gofio, están profundamente arraigados en la alimentación canaria tradicional. Los primeros análisis realizados sobre el pan de consumo habitual —la tradicional barra de pan— indicaron que no era el producto más adecuado para una investigación con objetivos basados en estudios de paleodieta. El contenido de este producto es, a nivel de elementos microscópicos vegetales —que pudieran servirnos como evidencias arqueológicas— muy escaso, casi descartable. Los únicos elementos que pueden preservarse, si las condiciones de conservación son las adecuadas (baja humedad, temperatura moderada, oscuridad, etc.), son algunos gránulos aislados de almidón, y más probablemente masas amorfas formadas por la gelatinización casi total de estos. A nivel de contenidos biominerales silíceos este producto carece de los mismos, o al menos es muy difícil su identificación ya que los procesos de refinado, además de estar ejecutados sobre granos de cereales desnudos, la mayoría de las ocasiones, se limitan a detectar su preesencia. Ni que decir tiene que este producto, a pesar de estar inserto en una codificación alimenticia que arranca en época antigua, en la actualidad presenta escaso nivel de nutrientes; y todas las lecturas nutricionales que ello conlleva. Por ello el denominado *pan blanco* ha sido un producto que, aunque escasamente útil en cuanto a lo que son referentes microscópicos de interés arqueológico, nos ha permitido orientar la labor hacia productos más parecidos a los del pasado. Paradojas del tiempo y las culturas, el pan integral actual<sup>24</sup> —hoy considerado un producto de masas refinadas— es el que mejor puede introducirnos en el estudio de la paleodieta, aunque únicamente en lo que respecta a la detección de productos elaborados con harinas de cereal y la presencia en los mismos de silicofitolitos.

En la prehistoria de Canarias se atestigua la presencia de cereales y sus productos tanto en las fuentes etnohistóricas (Espinosa, 1980; Torriani, 1978; entre otros) como arqueológicas (Diego, 1968; entre otros). En éstas, los dos tipos de evidencias se manifiestan bajo la forma de abundantes elementos de molturación asociados a varios tipos de yacimientos, especialmente los de habitación; pero también en zonas de canteras y taller (Diego, 1968; Arnay, 2000; entre otros). E igualmente importantes, aunque menos abundantes en

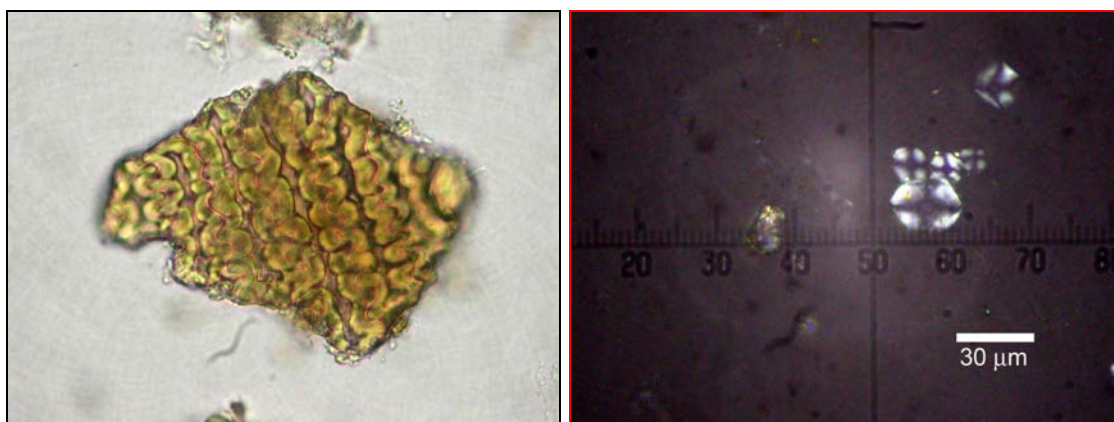
---

<sup>24</sup> Debemos entender como tal el pan elaborado con harina integral procedente de granos completos, y no del elaborado con harina refinada a la que se añade una cantidad variable de salvado de cereales. El resultado, tanto a nivel dietético como de análisis microscópico no es el mismo.

cuantía que los primeros, son los restos vegetales bajo la forma de semillas, en diferente estado de conservación (Arco, 1990; Morales, 2009). Pero a nivel microscópico no existe ningún trabajo anterior que asuma la identificación de restos derivados de cereales, pudiéndose considerarse los primeros los que hemos desarrollado de forma previa a esta tesis doctoral (Afonso, 2004a, 2007a). Lo cierto es que es posible —mediante el empleo de las técnicas de identificación de silicofitolitos y almidones— rastrear también su presencia a nivel microscópico.

Los materiales donde pueden rastrearse dicha presencia son molinos y residuos de molturación alojados en otras industrias, como cerámicas, donde pueden buscarse elementos microscópicos de este tipo (Juan-Tresserras, 1997; Portillo, 2006). Aunque también de forma paralela pueden localizarse —mediante protocolos específicos— en el interior de cálculos dentales (Juan-Tresserras, Lalueza, Afonso, 2007a; entre otros) y paleoheces fecales (Juan-Tresserras, 1997; Afonso, 2004a; Callen, 1980; Heizer, 1980). En concreto los silicofitolitos desarrollados en las cubiertas externas de los granos de cereal (células largas de ornamentación dendriforme y equinate, así como células cortas trapezoidales) han sido detectados en casi todos los materiales señalados —pertenecientes a varios fondos patrimoniales de Canarias— a los que se ha tenido acceso para el desarrollo de esta tesis (**Figura 310**), también en los de tipo experimental (**Figura 311**).

Las muestras, procedentes de panes y productos actuales, se seleccionaron en función del objetivo de identificar en ellos, en forma y concentración, elementos que pudieran sobrevivir al paso del tiempo, especialmente silicofitolitos, y al tracto digestivo, cuando se tratase —las muestras arqueológicas por analizar—, de residuos detectados en aquellas zonas que, como los de tipo intestinal, derivan del proceso de digestión. Cuando se comenzó a percibir que no todos los productos vegetales iban a permitirnos obtener algún tipo de resultado analítico —y por derivación lecturas e inferencias sobre el fundamental capítulo de la alimentación en el pasado—, como ocurrirá con el estudio de diversas variedades de cereales y leguminosas, el objetivo se centrará en determinadas especies vegetales y productos confeccionados con ellas, concretamente en los cereales de grano vestido.



**Figura 310** (Izqda.), esqueleto silíceo en residuos intestinales de época aborigen (Las Cañadas, Tenerife); **Figura 311** (Drcha.), gránulos de almidón en cálculo dental humano actual. Ambas 400x.

La identificación de gránulos de almidón ha sido igualmente positiva, aunque no en la concentración numérica que se observa en las muestras patrones de referencia, especialmente en harinas y productos elaborados con las mismas (gofio, galletas, *chapati*, pasta). Sin embargo, debe tenerse en cuenta que hasta la fecha de cierre de esta Tesis (2012), suelen localizarse gránulos de almidón preferentemente en restos que ofrecen una información paleodietética directa, como los residuos de molturación y las muestras de sarro dental mineralizado (cálculos dentales).

#### **Pan integral de trigo común (*Triticum aestivum* sp.)**

Los morfotipos presentes están mayoritariamente representados por esqueletos silíceos de patrón interno claramente distinguible (**Figura 312**). La inexistencia de estos en la mayoría de los granos pertenecientes al género *Triticum*, analizados como muestras patrones, permite suponer que se trata, en este caso, de pan elaborado con una variedad de grano de vestido –algo muy poco común en la actualidad– que podría ser el trigo espelta (*Triticum aestivum* subs. *spelta*), una de las variedades del género que sí presenta cubiertas externas adheridas a la semilla, incluso tras los procesos de trilla<sup>25</sup>.

Los morfotipos detectados están compuestos por células largas con terminaciones laterales dendriformes o equinadas (*echinate*, ICPN-1.0) cuya longitud oscila entre 60-70  $\mu\text{m}$ . Entre ellos se sitúan células cortas del tipo *papillae* en los que pueden apreciarse puntuaciones, pero no de forma nítida. El patrón de la circunvalación creado entre las células largas tiene en algunos casos gran desarrollo a lo ancho presentando un aspecto de aplastamiento entre las mismas (**Figura 312**).

#### **Pan integral de trigo espelta/escanda.**

La primera salvedad a realizar con este tipo de trigos es que si bien la espelta es una escanda<sup>26</sup>, no todas las escandas son espelta (García, 2005), entendiéndose siempre que tanto uno como otro son términos comunes que, en el primer caso hacen referencia a la especie *Triticum aestivum* (L.) Thell L. subs. *spelta*, una variedad muy antigua de trigo de grano vestido. Por su parte las escandas hacen referencia, al menos en el Principado de Asturias, a todos los trigos de este tipo. Efectivamente en algunas zonas de esta comunidad es donde aun se confecciona pan empleando semillas del trigo denominado escanda, que es como se denomina allí a todos los trigos de grano vestido (**Figuras 313-314**).

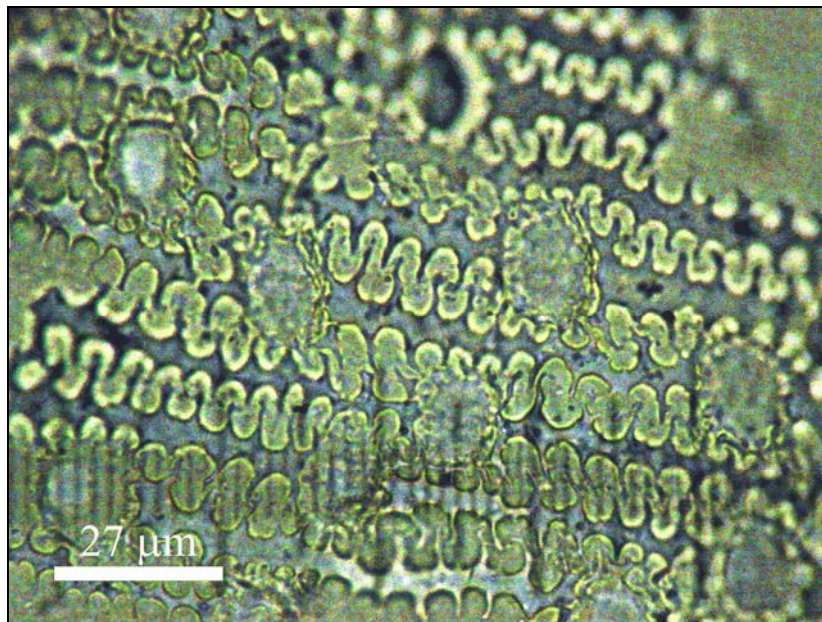
Sin embargo, no se trata de una cuestión fácil la de estudiar este tipo de trigos en Asturias –como describe García (2005)– ya que dentro de las especies cultivadas en la actualidad también se encuentra, además de la especie ya mencionada, la de *Triticum turgidum*, ssp. *Dicocum*, conocida en la región como “Povia” (García, 2005), y que parece otro resultado del cruce con *Triticum aestivum* (L.) Thell L. subs. *spelta*, y que igualmente presenta grano vestido. En todo caso la difusión por Asturias de este tipo de trigos es

---

<sup>25</sup> Existen estudios que contemplan, dentro de los trigos de grano vestido, la diferenciación entre esprilla, la propia espelta y la escanda (Juan-Tresserras, 1997).

<sup>26</sup> Denominación popular dada en Asturias a los trigos de grano vestido, incluido el trigo espelta.

muy antigua, retrotrayéndose a época prerromana, ya que se han documentado al menos tres castros donde se localizan estos cereales.



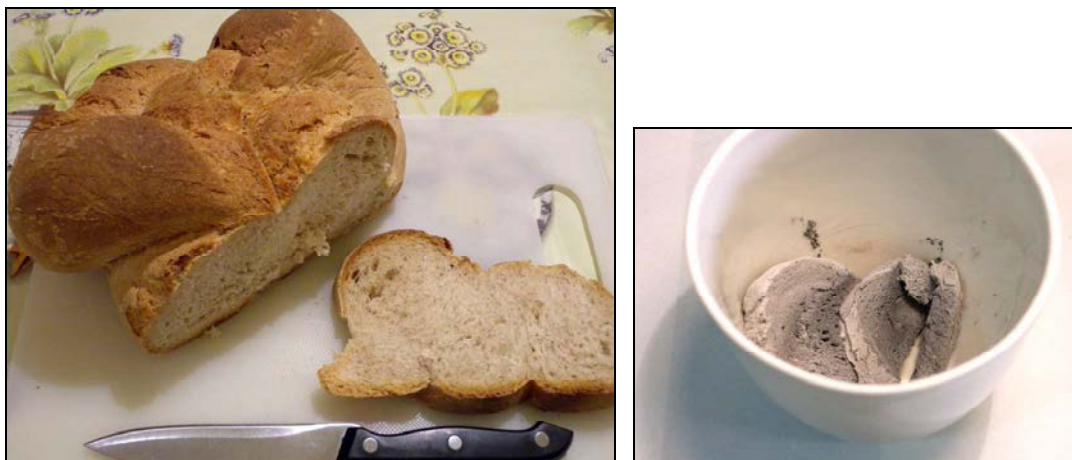
**Figura 312**, Esqueleto silíceo en pan integral de trigo. 600x.

En este sentido García (2005) cita que según algunos autores la escanda en su variedad de povia, es decir de la especie *Triticum turgidum*, ssp. *dicoccum* habría sido introducida por poblaciones celtas o germanas como la semilla más antigua, mientras que la espelta, posteriormente conocida como escanda entre los asturianos y a la que los romanos llamaba “Fisga”, lo sería posteriormente por estos últimos. Se trata en todo caso de una compleja investigación que afortunadamente está siendo abordada al compás del interés actual en el Principado por reactivar la producción y consumo de las antiguas variedades de trigos vestidos en el mismo.

Para Canarias, como debe entenderse en función de la importancia de haberse producido un cultivo y consumo de trigos vestidos, la localización de este tipo de especies podría realizarse en función de la conservación de las envueltas cereales de los mismos, así como su relativa facilidad para ser detectados en contextos arqueológicos prehistóricos. En términos generales, de haber existido éstos su localización sería factible, tanto en sedimentos como residuos en industrias o restos bioantropológicos.

Lamentablemente en el caso de Canarias, aunque existe el punto de partida etnográfico, parece que nos encontramos ante una mayor complejidad, incluso documental, a pesar de la gran diversidad de información contenida en las fuentes etnohistóricas modernas. Dado que en algunos casos se ha planteado la existencia de una variedad/es de trigo introducida/s por los aborígenes de la cual, por varias causas, llegó a “perderse la semilla”. Si ello fue así, la información que nos queda, aun la arqueológica, solamente representa una parte de la realidad. Desde luego que en el plano de los fitolitos producidos por este tipo de trigos, como ocurre y veremos con el pan de escanda, su existencia como cultivar y sobre todo como producto alimenticio dejaría una huella clara que seguir a nivel

microscópico. Sin embargo, no parece ser así y sólo la suma de trabajos al respecto permitirá, en un futuro, evaluar si verdaderamente ese/os trigo/s tuvieron relevancia o no en las estructuras económico-sociales aborígenes.



**Figura 313** (Izqda.), Hogaza y corte de pan de escanda no-integral.  
**Figura 314**, Crisol con restos calcinados de la muestra anterior.

Muestra	Ps. In.	Ps. D.A.	% SiO <sub>2</sub>
Pan no-integral escanda (Pola)	15,2922	0,0048	<0,03%

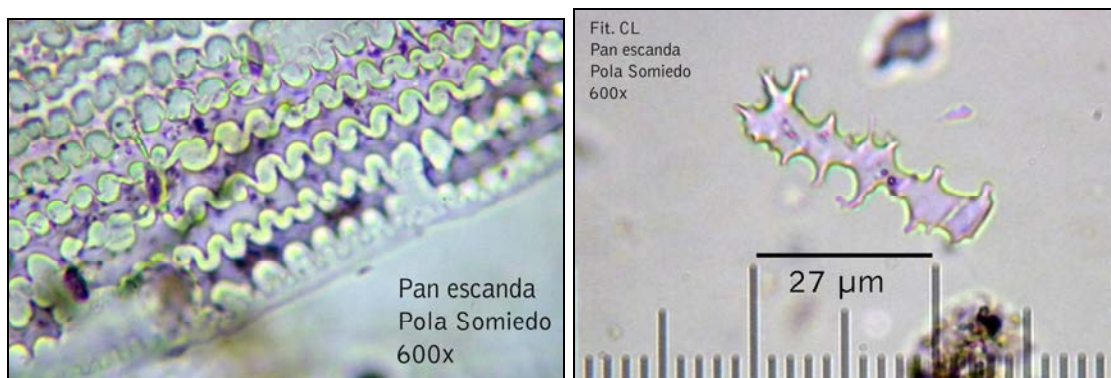
**Tabla 21**, Estimación de % SiO<sub>2</sub> en pan de escanda.

Una de las localidades asturianas donde aun puede degustarse el pan de escanda es Pola de Somiedo, localidad inmediata a la reserva de la biosfera de Somiedo y donde aun puede percibirse la transición entre un ambiente rural de montaña húmeda y los nuevos criterios culturales y económicos<sup>27</sup>. Que obviamente funciona como punto de partida para el conocimiento de esta singular zona de Asturias, En esa localidad aun funciona al menos una panadería que confecciona pan con harina de escanda, pero de la que desconocemos su origen, aunque al parecer podría provenir de la cercana provincia de León, donde igualmente parece cultivarse aun alguna variedad de este tipo de trigo.

Los morfotipos fitolíticos que nos permiten identificar el trigo escanda en el residuo de pan elaborado con el mismo son al menos tres, aunque debe mencionarse que su grado de afectación por los procesos de elaboración y tratamiento del grano en laboratorio es moderado a alto. Esta alteración se observa principalmente en la alta fragmentación de las células largas equinadas/dendriformes, que se constituye como el morfotipo más abundante y claramente relacionado con las envueltas florales de granos vestidos (**Figuras 315-316**). Dicho grado de afectación –donde también

<sup>27</sup> E igualmente forzando un equilibrio, difícilmente sostenible, con nuevos preceptos económicos donde “lo rural” y “lo natural” son bienes de consumo para poblaciones urbanas ávidas de aquellos modos de vida considerados ancestrales, definitivamente desaparecidos en amplias zonas del país y que resultan temporal y rápidamente accesibles mediante la oferta del denominado “turismo rural”. Que en algunos casos solamente enmascara nuevas fórmulas de explotación del medio que había escapado a la industrialización y urbanización desmedidas.

podemos hablar de cierto grado de disolución— es especialmente intenso en las secciones silicificadas originales de donde proceden dichas células largas, también conocidas por esqueletos silíceos<sup>28</sup>. Muy probablemente el tratamiento con ultrasonidos, tendente a eliminar la presencia de partículas de arcilla, que se detectaron en lo que debía ser netamente un residuo formado por silicificaciones, afectó también negativamente al registro original de fitolitos remanentes en dicho residuo, el que en función de los agresivos tratamientos realizados (doble calcinación más oxidación en HCL+HNO<sub>3</sub>) únicamente debía estar formado por elementos silicificados (Tabla 21).



**Figura 315** (Izqda.), Esqueleto silíceo. **Figura 316** (Dcha.), Fitolito de célula larga dendriforme aislado. Ambas en residuo *Dry ashing* de pan de escanda (espelta) actual (Pola de Somiedo). 600x. J.A.

La tercera morfología que indica la presencia de elementos silicificados, propios de las envueltas florales, son la denominadas “papilas” (*papillae*, Miller, 1992; Parry & Smithson, 1964, 1966; *papillae cell*, ICPN 1.0; entre otros) que en opinión de Rosen (Miller) (1992) son el tipo de fitolitos en forma de cono denominados “papilas”, cuando son observados en su contexto anatómico. Su importancia radica en que conjuntamente con las características observadas en los fitolitos de células largas, de eje transversal más o menos delgado y siempre ornamentación equinada (*echinate*), que —por lo general— bajo el microscopio electrónico adquieren formas dendriformes, permiten —al menos en teoría, como plantea Miller— la identificación taxonómica a través de las características de ambas morfologías, especialmente cuando éstas se conservan en posición anatómica, dentro de una sección completa de tejido vegetal silicificado o esqueleto silíceo.

En el caso del pan confeccionado con escanda tanto las papilas como las células largas son perfectamente identificables, siendo más sensiblemente más numerosas las primeras que las segundas. Por el contrario los esqueletos silíceos se hacen más escasos a medida de que el tratamiento de laboratorio se vuelve más agresivo, como ha sucedido con los encaminados —y

<sup>28</sup> Ver Capítulo 3, Elementos microscópicos de intervención.

resultantes del proceso *Dry ashing*— a la eliminación de las partículas de arcilla contaminantes, que fueron detectados tras tal procedimiento<sup>29</sup>.

### Pan integral de centeno

Con origen en una panadería del norte de Tenerife, las muestras de este pan se dejaron —por motivos experimentales— verse afectados por coleópteros polípagos del tipo de los gorgojos, que obviamente no se hicieron esperar. Se buscaba con ello detectar posibles rastros microscópicos de su presencia, cosa que en las observaciones preliminares no se produjo.

Siguiendo el mismo protocolo que en el caso anterior, los resultados indicaron un contenido en SiO<sub>2</sub> muy similar, que introduciendo el factor de error correspondiente en este caso, por la manifiesta presencia de partículas contaminantes (arcillas) introducidas en el residuo final, arrojan un %SiO<sub>2</sub> <0,04 (Tabla 22).

Muestra	Ps. In.	Ps. D.A.	% SiO <sub>2</sub>
Pan integral de <i>Secale cereale</i>	11,2817	0,0045	0,04%

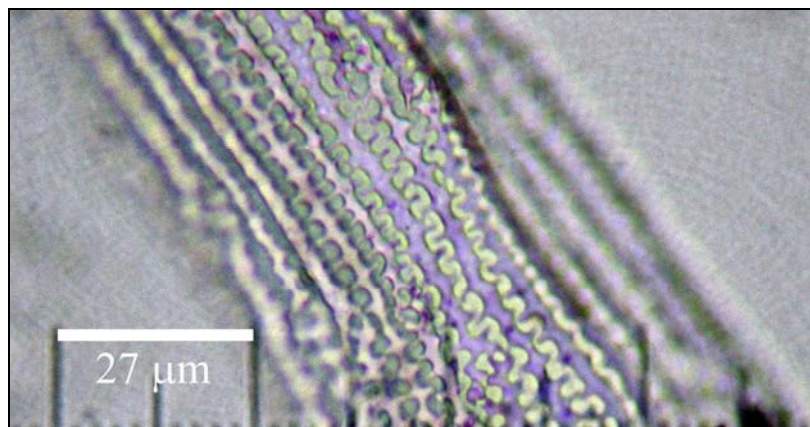
**Tabla 22**, estimación de % SiO<sub>2</sub> en Pan integral de centeno

Los morfotipos silicofitolíticos presentes en este producto son, por orden de concentración, apéndices epidérmicos estrechos donde se aprecian dos zonas de diferente silicificación, ésta se hace más densa y gruesa en la zona apical; mientras, hacia los extremos aparenta menor densidad. Igualmente se detectan formas alargadas de extremos apuntados (*equinate*) y en otros casos dendriformes. Los morfotipos menos representados son los esqueletos silíceos formados por los morfotipos anteriores, en este caso alcanzan grandes dimensiones (470 µm) y es de suponer la posibilidad de que se encuentren incluso de tamaños superiores. El patrón de sus circunvoluciones es inferior en tamaño al del trigo, lo que deriva en que los silicofitolitos alargados que lo conforman posean un menor desarrollo en el eje largo de su ornamentación, que presenta una tendencia *echinate* y no dendriforme. El peculiar diseño interno de las circunvoluciones del centeno dibuja en ellos una ornamentación menos pronunciada que en la cebada y el trigo, a la par que se diferencia igualmente de la avena. Igualmente es patente el menor desarrollo, en ejes de simetría, del esqueleto silíceo presente en las glumas de *Secale cereale* (Figura 317).

### Análisis microscópico de gofio: ¿el pan de los antiguos canarios?

Obviamente el gofio supone un producto de profunda significación en la tradición y cultura canarias, con una amplia secuencia histórica que comienza con los primeros pobladores de las Islas y se constituirá, hasta épocas relativamente recientes, como un alimento de primera necesidad (Alzola, 1984).

<sup>29</sup> La contaminación con arcillas en este caso se produjo por causas relacionadas con una fortuita y no-parcial descontaminación de los recipientes empleados en los tratamientos de laboratorio, y no tanto con un posible contenido en este tipo de partículas en el pan. Particular que ha sido completamente descartado.



**Figura 317**, Esqueleto silíceo en pan integral de centeno. 600x.

La gradual introducción del pan, desde época moderna, determinará que hacia el siglo XVIII vaya siendo sustituido por este otro producto, que en Canarias se confeccionará siguiendo patrones europeos<sup>30</sup>. Sin duda del arraigo que tenía el gofio entre la mayor parte de la población de las Islas, da cumplida cuenta el relato de Verneau (1981) para el caso de Gran Canaria, cuando comenta que éste suponía el alimento básico de sus habitantes, incluso en la segunda mitad del siglo XIX. Siendo sintomático lo que cuenta al respecto:

*“...Hoy en todos los pueblos importantes se puede comprar pan, pero los panaderos no tienen una clientela numerosa. Los campesinos lo consideran mucho menos nutritivo que el gofio y es raro que ellos lo utilicen”.*

Lamentablemente evidencias directas del gofio prehistórico no parecen existir, pero a nivel microscópico sería muy similar al actual, aunque menos refinado, con posibles inclusiones minerales procedentes de los elementos de molturación, todo ello planteado de forma supuesta atendiendo a lo sofisticado de los medios de producción y refinado actual<sup>31</sup>.

Pero en todo caso presentaría parámetros como los detectados en el actual: gran cantidad de gránulos de almidón diferencialmente afectados por pérdida de sus atributos de diagnóstico, fragmentos de la capa de aleurona, con su contenido intacto o no y en todo caso posibles fitolitos del tipo conjunto de los esqueletos silíceos, o bien las células largas y cortas que los constituyen. Desconocemos si en su elaboración se empleaba un solo cereal o varios e incluso si se añadían otros productos vegetales. Siendo muy probable que en ocasiones se llevara a cabo una mezcla de cereales con productos como el rizoma del helecho *Pteridium aquilinum*, fragmentando éste e introduciéndolo en el elemento de molturación. Una práctica que llevamos a cabo, de forma experimental, en un moderno molino mecánico de ágata, comprobando que se obtiene una harina algo más rica en fibra, diferente en

<sup>30</sup> Es decir un modelo de pan de hogaza, mezcla de harina de trigo, levadura, agua y sal.

<sup>31</sup> Se trata en todo caso de una apreciación que no debe desmerecer el celo empleado por los antiguos habitantes de Canarias en lo que suponía uno de sus alimentos básicos.



color, sobre todo a la de trigo, pero completamente factible de ser amasada con agua y ser calentada al fuego<sup>32</sup>.

En todo caso, tal y como atestiguan las numerosas evidencias arqueológicas relacionadas con el tratamiento de cereales, como elementos de molturación e incluso restos carpológicos hallados en varios yacimientos de las Islas (Del Arco *et al.*, 1990; Rodríguez, 2009; Morales, 2009; entre otros) debe hablarse sin reservas de su gran importancia para las culturas prehistóricas de Canarias.

Pudiendo afirmarse que se trataba de un producto de primera necesidad, consumido de forma similar al pan existente en otras culturas, aunque no llegase a añadirsele levadura y ser como aquél, sometido a cocción. Tal y como se plantea por parte de R. Verneau a nivel histórico (s. XIX) serían varias las formas de consumirlo, solo, ligeramente amasado, o mezclándolo con productos lácteos, cárnicos o vegetales. En todo caso se trataba del alimento más parecido al que se emplea como pan actual, aunque con apreciables diferencias, y sin duda el que se ha mantenido como reminiscencia gastronómica hasta nuestros días. El hecho de que al menos una parte del gofio estuviese elaborado con cebada le otorga además el valor de ser un alimento que emplea un cereal quizás más interesante, a nivel microscópico, que el trigo, dado que su rastro es menos complejo de seguir.

En la actualidad no se confecciona pan exclusivamente con cebada<sup>33</sup>, al menos esta es la conclusión a la que llegamos después de indagar en este emblemático cereal que, a diferencia de lo que ocurre en otros contextos culturales de la Prehistoria, llegará a ocupar un papel fundamental en la de las Islas Canarias. Tampoco es fácil localizar cultivares de cebada, ni siquiera en aquellas islas donde llegaron a ser un cultivo de exportación, como Lanzarote, gracias a la intensa implantación de la cebada de la denominada variedad *blanca* (Gil, 2005). Este investigador relata igualmente los usos dados a la cebada, obviamente haciéndose eco de las comunicaciones orales que alababan las excelencias de otra variedad, conocida como *romana* que, a diferencia de la primera, no mantenía las envueltas florales tras la trilla. En todo caso parece que ambas se consumían como gofio, caldos, *tafeñas* y tortas entre los habitantes de Lanzarote, siendo su paja empleada con diversos fines agrícolas y ganaderos.

Pese a que pudimos finalmente localizar cultivares de cebada en la zona del Camino de La Milagrosa (La Esperanza, Tenerife) y llevar a cabo con ella numerosas pruebas, los productos elaborados con ella se limitaban hasta hace algunas décadas al gofio. Pero hoy los molinos que lo elaboran lo hacen con granos importados, de la Península Ibérica y resto de Europa.

---

<sup>32</sup> Aunque no llevamos la práctica experimental hasta el final, es decir el amasado de la harina resultante y su cocido al fuego, entre otras cosas porque la harina de rizoma no resulta tan apetecible (apariencia y olor principalmente) como las de cereales. En todo caso sí que se obtuvo una fina harina, de color amarillento, rica en fibras. Harina que fue analizada al microscopio y a la que pertenecen las imágenes mostradas en este apartado.

<sup>33</sup> Disponemos de alguna referencia sobre ciertas tortas dulces elaboradas en la Isla de La Gomera con este cereal pero desconocemos si responden a una tradición en la misma.

Por ello el producto experimental al que se tuvo acceso<sup>34</sup>, y que se mantiene aun hoy, pese a la drástica modificación de los hábitos culinarios de la población canaria actual, fue el gofio de cebada, confeccionado en la actualidad por molinos modernos<sup>35</sup>. Obviamente lo emblemático del estudio aconsejaba que, al adquirir este producto en un lugar donde también se elabora el mismo producto pero con trigo, se aprovechara la ocasión para analizar también éste, permitiendo la comparación —del registro microscópico de ambos— para evidenciar diferencias y similitudes.

La primera inspección sobre ambos tipos gofio, confirma que están formado básicamente por gránulos de almidón, en su gran mayoría con alto grado de alteración, provocado por el calor del tostado y la molienda aunque aun se observan algunos gránulos aislados que mantienen intactos sus caracteres de diagnóstico (color, forma, tamaño, cruz de extinción de luz, etc.).

Si bien los almidones de ambos cereales son prácticamente iguales<sup>36</sup> y su grado de alteración es similar en el gofio, se detectan algunas diferencias dignas de mención, siempre entendiendo que se restringen en nuestro caso a dos variedades que desconocemos de trigo y cebada, pero entendiendo que se trata, en el primer caso, de una variedad de grano desnudo.

### Gofio de trigo

Con respecto al gofio de trigo cabe destacar, además de los numerosos ejemplos de gránulos de almidón alterados y agrupados en masas más o menos amorfas (**Figura 318**), la presencia de fragmentos de la capa subepidérmica de aleurona (**Figura 320**), en cuyo interior se observan sus gránulos aleurona y adheridos a los mismos, bajo dicha capa, los de almidón dispuestos aun en posición anatómica (**Figura 319**). Una “figura microscópica” fundamental para el reconocimiento de la zona del tejido epidérmico que alberga la reserva de hidratos bajo la forma de almidones.

Cabe destacar que en la muestra de gofio de trigo analizada no se observan esqueletos silíceos ni ningún tipo de silicificación, de las morfologías asociadas a las cubiertas florales (glumas) de los granos de cereal, como células largas dendriformes o cortas trapezoidales. Aspecto que debe vincularse a que la variedad de trigo empleado no es de grano vestido y que lo diferencia, aunque varié ostensiblemente la temperatura de tratamiento (del gofio con respecto al pan), con el registro microscópico de panes

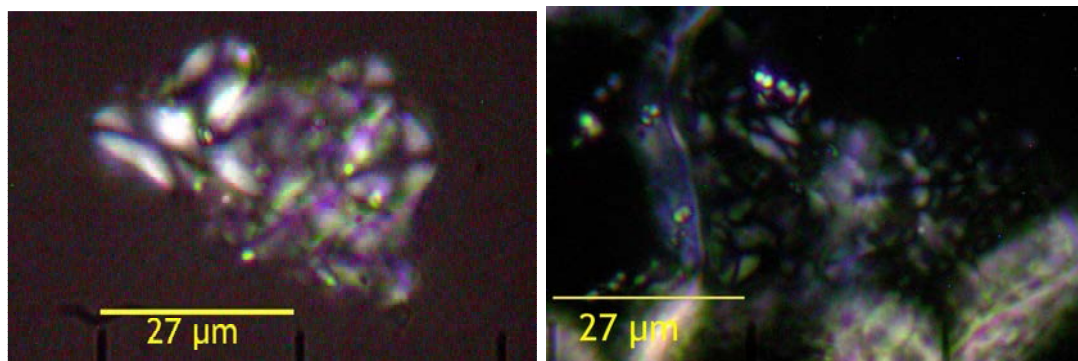
---

<sup>34</sup> Aunque obviamente obtuvimos harina de cebada experimental, de diversa textura, empleado un molino de ágata mecánico. Al emplear una de las variedades vestidas, la harina presentó un aspecto menos blanco que la de trigo (habitual de grano desnudo) con un cierto pero sin duda apetecible color ligeramente ocre, otorgado precisamente por el contenido en fibra vegetal de las cubiertas, no separadas de forma natural ni mecánica, de los granos.

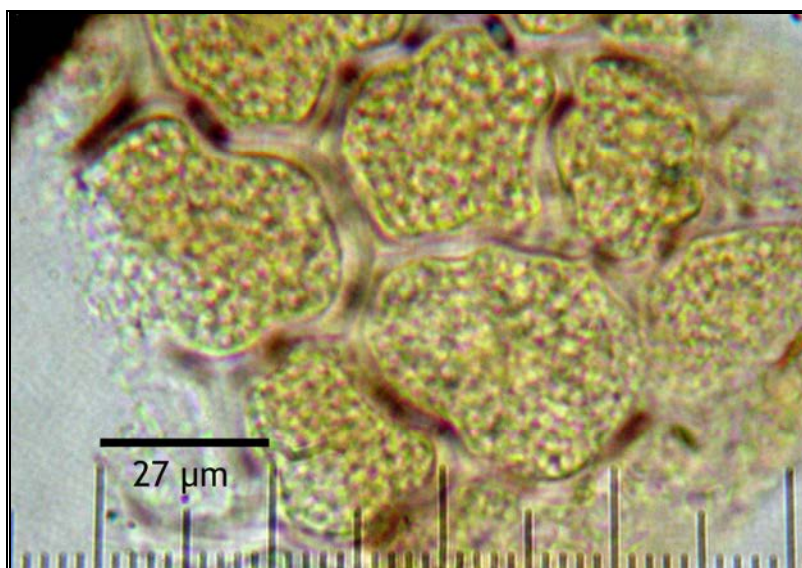
<sup>35</sup> Adquirido en uno de los molinos que aun producen este producto en la ciudad de La Laguna (Tenerife), y que se remontan a la tradición de la zona, ya que el nombre de la calle en cuestión alude a la presencia histórica de este tipo de establecimiento industrial, de producción y venta directa a la vez (*Calle de Los Molinos*).

<sup>36</sup> No obstante, existen diferencias como las expuestas por Wallis (1963) con respecto a los almidones de la cebada, que presentan un contorno irregular con respecto a los del trigo, siendo ligeramente más pequeños, no observándose —como en aquél— granos de más de 40  $\mu\text{m}$ .

elaborados con harinas de trigos vestidos, como ocurre con el de espelta/escanda en la zona interior de Asturias central.



**Figura 318** (Izqda.), gránulos de almidón donde aun es posible distinguir caracteres de diagnóstico, tanto en vista polar como de perfil. **Figura 319** (Drcha.), gránulos de almidón en diferente estado de alteración bajo la capa de aleurona, en vista frontal. Ambas 600x.



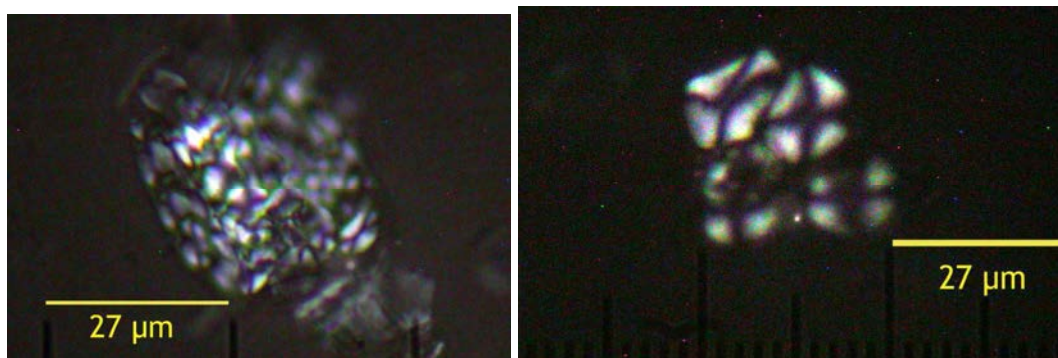
**Figura 320**, Capa tisular de aleurona en vista frontal, en la zona amarilla se contienen los granos de aleurona, bajo ellos los gránulos de almidón, únicamente visibles bajo luz polarizada. 600x.

### Gofio de cebada

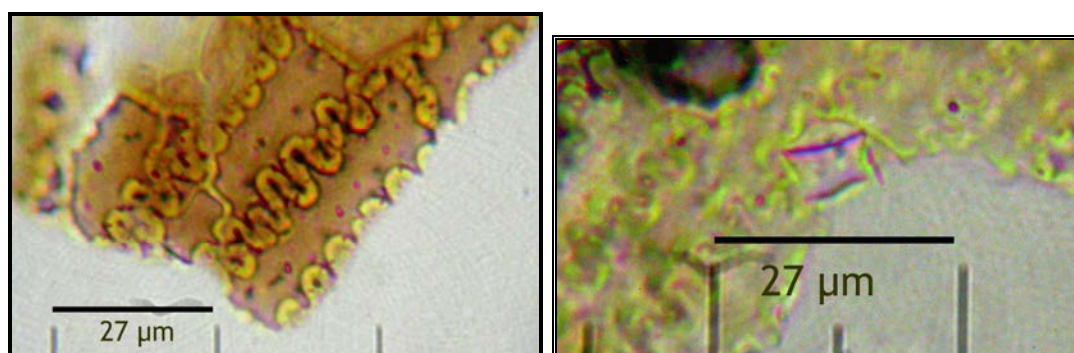
Por su parte el gofio de cebada presenta algunas diferencias con respecto al de trigo, las cuales se encuentran directamente relacionadas con las características del grano de la cebada, por lo general más rico en SiO<sub>2</sub>. Si bien se detecta el mismo predominio de gránulos de almidón muy alterados, en muchos casos sin que pueda ser visible la cruz de extinción de luz aunque sí su contorno, agrupándose dentro de las capas de aleurona pero con evidencias claras de alteración (**Figura 321**). En estos casos adquieren una apariencia significativamente similar a la presentada por los oxalatos de calcio, al menos de aquellos con la tipología denominada arena de cristales (*crystal sand*, Franceschi & Horner, 1980), lo cual creemos debe ser una puntualización muy a tener en cuenta cuando se analizan residuos de

industrias que hayan podido ser empleados en procesar granos de cereal. Aunque en otros sí es posible apreciar algunos de los parámetros propios de los gránulos de almidón (**Figura 322**).

Sin embargo, como cabía esperar, el rasgo principal del gofio de cebada viene dado por la presencia de elementos silicificados del tipo de los esqueletos silíceos, secciones completas de tejido altamente silicificado –propio de las inflorescencias y cubiertas de los granos de cereal– que no son eliminadas con la trilla (**Figura 323-325**). En este caso también son claramente perceptibles, dado que presentan una típica estructura interna, traslúcida al microscopio, formada por fitolitos de células largas dendriformes o equinadas y de células cortas de tendencia trapeziforme o de cono truncado (**Figura 324**). Entre las cuales queda delimitada una franja no-silíceica que adquiere formas de circunvoluciones, que tienen la particularidad de poseer rasgos de diagnóstico (Rosen, 1992; entre otros). Como ya se ha indicado<sup>37</sup>, la relevancia de este tipo de fitolitos viene derivada de su relación directa con los granos de cereales, especialmente de la tribu *Triticeae*, a la que pertenecen los trigos, cebadas, avena y centeno.



**Figura 321** (Izqda.), gránulos de almidón parcialmente modificados bajo la capa de aleurona. **Figura 322** (Drcha.), gránulos de almidón que conservan parcialmente sus caracteres de diagnóstico. Ambas tomadas en muestras de gofio de cebada a 600x.



**Figura 323** (Izqda.), Fragmento de esqueleto silíceo, mostrando un fitolito de célula larga equinada fragmentado. **Figura 324** (Drcha.), Fitolito de célula corta trapezoidal, desconectado del esqueleto silíceo del que proviene. Ambas tomadas en muestras de gofio de cebada a 600x.

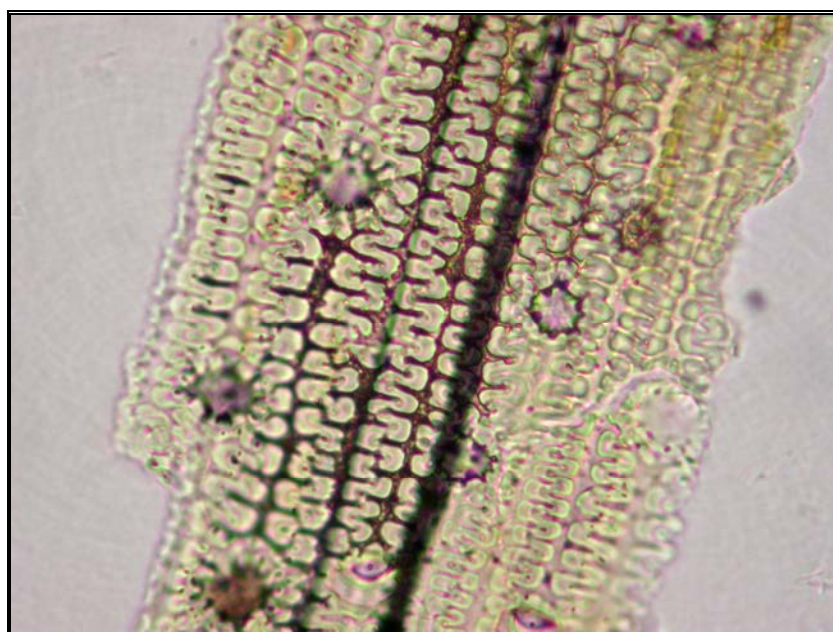
<sup>37</sup> Capítulo 3, Elementos Microscópicos de Intervención, Fitólitos.

En algunos casos, como puede apreciarse en la **Figura 324**, se observan fitolitos de células cortas desconectados de tales formaciones, e incluso algunas de éstas de pequeño tamaño que han resultado fragmentadas durante el proceso de elaboración del gofio, que como ya se conoce involucra una fase de tostado y otra de molturación en grandes piedras de molino.

#### **Pan de trigo convencional (blanco).**

Salvo en aquellos casos donde el trigo empleado pertenezca a especies de grano vestido, como ejemplificamos con la escanda (trigo espelta) en Asturias, el contenido en silicificaciones presentes en el pan convencional actual es prácticamente nulo, si exceptuamos las de tipo amorfo que no permiten una aproximación válida al tipo de alimento analizado.

Efectivamente el grado de refinamiento de la harina con la que se elabora el pan de mayor consumo en el mundo occidental, no deja mucho lugar para un estudio microscópico, dado que el refinado elimina prácticamente toda la fibra contenida en la cáscara del trigo y altera drásticamente los caracteres de diagnóstico de los gránulos de almidón. La vía de indagación entonces puede volverse hacia los análisis químicos, buscando la reacción de los hidratos restantes en presencia de reactivos como la tinción yodada. Un método que igualmente funciona con la pasta alimenticia, donde los almidones ya han resultado gelatinizados en el procedimiento habitual de cocido en agua/caldo.



**Figura 325**, Gran sección de tejido vegetal silicificado o *esqueleto silíceo* en gofio de cebada. 400x

#### **Harina cruda de raíz de helecho común (*Pteridium aquilinum*).**

La abundante información que existe al respecto del empleo de helechos, y en concreto con el helecho común, involucra su explotación con el consumo de algunas de sus partes, en especial frondes y raíz rizomatosa, como alimento. Esto no sólo ocurre con la Historia de Canarias, sino con amplias zonas del planeta, dado que se trata de una planta de amplia distribución (Beltrán, 1995; Mauseth, 2004). Las citas concretas sobre el consumo de este

helecho en las Islas datan del siglo XVIII (Humboldt, 1975), mientras que la primera constatación arqueológica del mismo parece ser la aportada por Mathiesen (1960), en su estudio del paquete intestinal de la momia infantil de Roque Blanco (Tenerife), que colaborará en plantear las primeras lecturas multidisciplinarias, también acerca de la alimentación aborígen, por parte del equipo reunido, en torno a dicho yacimiento funerario, por L. Diego Cuscoy (1960).

Sin embargo, en base a las descripciones de Mathiesen<sup>38</sup>, creemos que su identificación de elementos microscópicos, propios del rizoma de *P. aquilinum*, se restringe a los de tipo lignificado, ya de por sí suficientemente esclarecedores a nivel de afinidad biológica vegetal. Pero sin llegar a detectar los de tipo silicificado, más complejos de identificar entre los tejidos vegetales, pero sin embargo más consistentes que los anteriores, junto con los cuales conforman la totalidad de biomineralizaciones producidas en el rizoma de esta planta y que de hecho parecen ser los tejidos que aportan solidez a la misma, dándole apariencia fibrosa así como más que probable capacidad lesiva para sus consumidores, tanto en la dentición como aparato digestivo. De hecho para llegar a aislarlos debe someterse el rizoma a tratamientos químicos y térmicos muy agresivos, cuya aplicación sobre materiales arqueológicos, muchas veces escasos y siempre únicos, plantearía lógicas cuestiones de recelo por cualquier investigador<sup>39</sup>.

Tal y como se muestra en el apartado referente al análisis de *Pteridium aquilinum* (Capítulo resultados 5-1), el contenido biomineral y de almidones de su rizoma puede considerarse de alto valor arqueobotánico. Primeramente porque las silicificaciones que presentan los tejidos interno y externo del rizoma se diferencian netamente de la mayoría de plantas analizadas hasta el momento y luego porque el contenido en almidones en el residuo, aun no atacado con ácidos y calor, deja patente su potencial también en ese campo (Figuras 326-327).

Toda la práctica llevada a cabo con el rizoma de esta planta, después de descartar que sus frondes no puedan ser empleados como alimento en base a su alto contenido en sílice (Alonso, 1999; Iler, 1979) pero atendiendo a la alta producción en formas de diagnóstico de ambos, resultó de fundamental importancia. Se pretendía con ello acudir directamente a estas partes de la planta para someterlas a varios estudios específicos. Obviamente el rizoma resultó ser clave para entender su aprovechamiento como alimento en Canarias, tanto en época aborígen como hasta fechas recientes (Santos & Reyes-Betancort, 2009).

---

<sup>38</sup> En Diego *et al.* (1960), pp. 43-46.

<sup>39</sup> El protocolo empleado por Mathiesen, para llevar a cabo su estudio microscópico sobre los residuos de Roque Blanco, consistió en lavado de la muestra, fraccionamiento en dos partes y aplicación, a ambas, de hipoclorito sódico ( $\text{NaClO}$ ) diluido para lograr la decoloración de las muestras, que presentaban previamente un aspecto *de sustancia heterogénea, aspecto pulvurulento y carbonoso*. Dada la capacidad oxidante de este reactivo creemos que fue empleado precisamente para eliminar parte de la materia orgánica del residuo, logrando con ello hacerlo traslúcido, como para permitir una inspección microscópica mediante luz transmitida convencional.

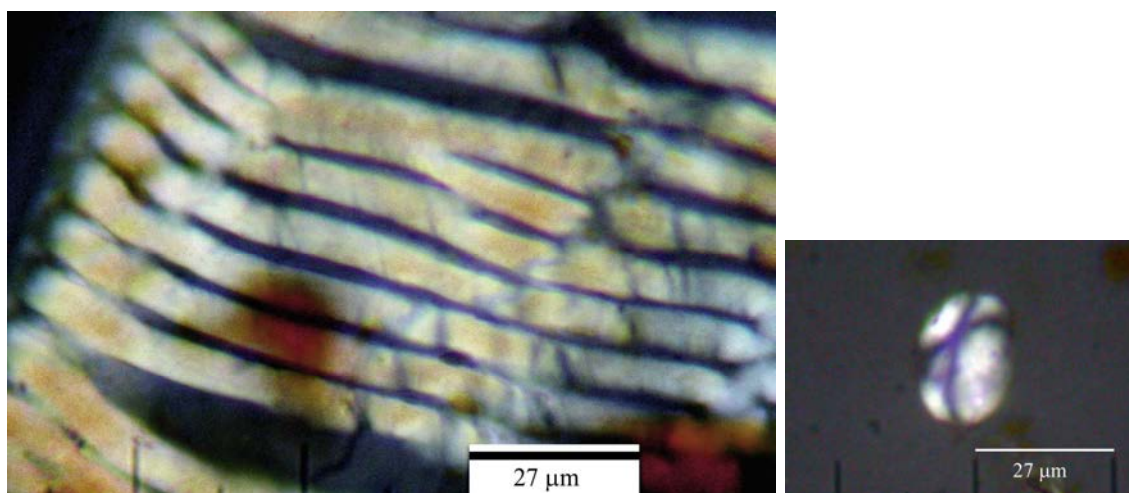


**Figura 326**, Elemento microscópico altamente silicificado en el interior del tejido molturado de *P. aquilinum*. **Figura 327** (Drcha.), Elemento similar aislado del tejido envolvente mediante un tratamiento *Dry ashing*. Ambas 600x.

A nivel microscópico, como se especifica en el apartado referente al estudio microscópico de la planta, fueron varios los elementos detectados que pueden ser empleados para rastrear su presencia en materiales arqueológicos. De todos ellos, además del almidón que como se especifica para los casos anteriores, supone un tipo de partícula especialmente relevante en análisis de restos bioantropológicos (cálculos dentales y residuos intestinales), las morfologías silicificadas desarrolladas en el tejido del rizoma, tratado mediante *Dry ashing*, son las que presentan —a nuestro entender— mayores posibilidades arqueobotánicas. Obviamente su consistencia, otorgada por su alto contenido en  $\text{SiO}_2$ , permite que la desintegración o alteración tafonómica del resto de tejidos y partículas no les afecte. Mientras que la concentración de tales silicificaciones, por gramo de muestra vegetal puede considerarse alta (>4%), con lo cual se trata de elementos microscópicos que pueden ser comunes en cualquier material donde se procesaran rizomas de *Pteridium*.

La harina experimental elaborada con el rizoma molturado, que da como resultado un polvo de color amarillento y cierto olor característico, resultó contener varios tipos de partículas microscópicas, como elementos en forma de “costillas” o armazón de elementos birrefringentes, compuestos probablemente por celulosa, así como gránulos de almidón y finalmente los mencionados elementos silicificados, alargados, de sección triangular y superficie de apariencia pulimentada o con hoyuelos (**Figuras 326-327**). Que en este caso solamente son ligeramente perceptibles en el interior de las partículas de tejidos molturados, y que sólo llevando a cabo un tratamiento químico-térmico, del tipo *Dry ashing*, se hacen perfectamente visibles<sup>40</sup>.

<sup>40</sup> En su estudio del residuo intestinal infantil de Roque Blanco, Mathiesen (1960) describe *grupos escleroides, lignificados, de rizomas de helechos*, que suponemos se refieren a las estructuras birrefringentes que hemos definido, pero que no concuerdan en cuanto a terminología (el autor no ofrece imágenes de tales grupos), ya que por “esclereidas” entendemos otro tipo de elementos microscópicos, ciertamente lignificados pero que suelen presentar diferentes características morfológicas y de comportamiento óptico (aunque también comparten anisotropía). En todo caso, dado



**Figura 328** (Izqda.), Armazón microscópico de elementos alargados y probable composición celulósica desarrollado por *P. aquilinum* en su rizoma. **Figura 329** (Drcha.), Gránulo de almidón aislado en la misma zona de la planta. Ambos 600x.

El color amarillento de la harina del rizoma se traduce en una tonalidad similar bajo el microscopio, que en parte debe corresponder a los tejidos ya ilustrados y a una gran parte de otros, que sin duda constituyen la matriz del propio rizoma (**Figura 330**). La cual presentaría un alto componente lignificado, tal y como se observa en los tejidos internos y externos de esta parte de la planta, cuando ya ha sido adecuadamente lavada para su tratamiento térmico-químico (**Figuras 308-309**). Igualmente dichos tejidos podrían contener cantidades significativas de celulosa, que parece configurarse bajo las formas mencionadas y que se asemejan a las descritas por Carlquist & Schneider (2007), para *Blechnum brasiliense*, dentro de lo que consideran elementos traqueales propios de los helechos.

En definitiva se trata de una serie de elementos con alta capacidad informativa, pues responden a concretas particularidades de cada grupo de vegetales que pueden, también en este caso, haber formado parte de la alimentación humana desde hace milenios.

#### **Desde la información microscópica hacia la Arqueología de Los Alimentos y la Historia de la Alimentación.**

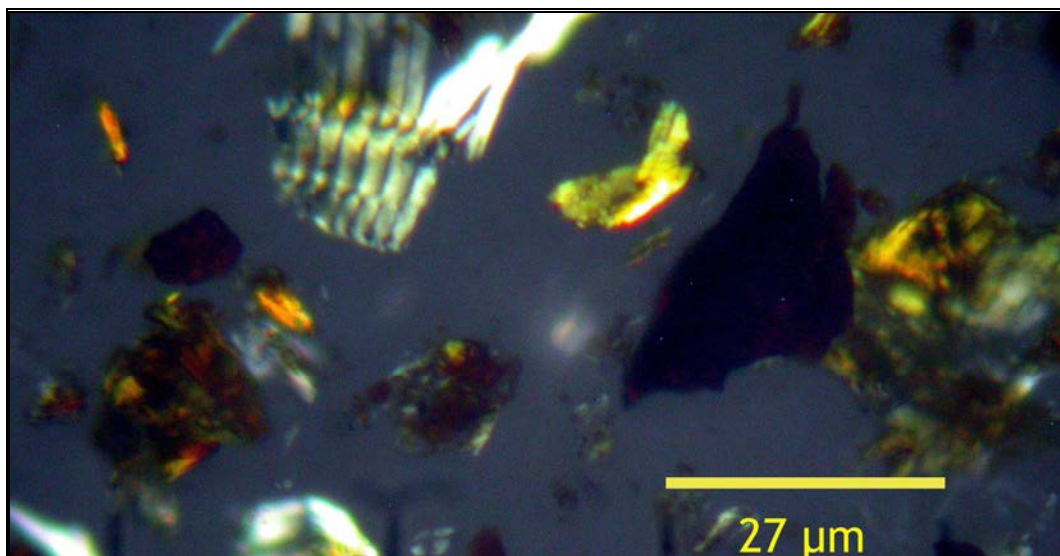
Pero en esa fase de experimentación no debe olvidarse que sus resultados no sólo pueden emplearse con puros fines de identificación microscópica, que ya en sí suponen un paso importante en la investigación arqueobotánica, sino que pueden orientarse hacia la propia repercusión de la ingesta de este tipo de partículas, que como se presupondrá son ingeridas por millones en cada gramo de tejido vegetal por una persona en el transcurso de una comida. Ello es lo que ocurre con los gránulos de almidón, más o menos modificados, que son ingeridos con el gofio, el pan o productos similares. Al igual que las partículas silicificadas (con o sin morfología definida) pasan por el sistema digestivo, pudiendo dejar rastros inequívocos en aquellas partes del organismo

---

que creemos haber procesado el rizoma de la misma especie, parece posible plantear la observación del mismo tipo de elementos microscópicos.



involucrados, especialmente en la masticación (piezas dentarias), transformación y gestión de los residuos (aparato digestivo)<sup>41</sup>.



**Figura 330**, Aspecto de parte de una preparación confeccionada con harina del rizoma de *Pteridium aquilinum*. 600x.

Es en esas zonas es donde se centra la búsqueda de los elementos señalados, en la matriz de cálculos formados como consecuencia de acumulaciones de sarro dental o en los residuos intestinales de una persona que falleció hace miles de años. Criterios de conservación, muestreo e investigación que pueden aportarnos información directa, relacionada con hábitos alimenticios, que nos ha llevado a detectar almidones y fitolitos en piezas dentarias de poblaciones históricas y prehistóricas de Tenerife (Afonso, 2007a), fitolitos y parásitos intestinales vinculados a una alimentación con carencias higiénicas (Gijón *et al.*, 2010), desde el análisis de coprolitos del siglo XVIII y hasta esporas fúngicas, vinculadas al mismo proceso y a un concreto patrón de alimentación histórica (Afonso *et al.*, 2008a).

E incluso, como ocurre con los aspectos dietéticos vinculados al consumo de cereales, proveedores principalmente de hidratos de carbono, que en el caso del consumo de rizoma de *P. aquilinum* puede hacernos formular preguntas con respuestas plausibles, como la del porqué del recurso de esta planta, cuya extracción requiere de una sustancial inversión de tiempo y esfuerzo. E igualmente hacia la repercusión que tienen nuestras evidencias de tamaño microscópico, una vez éstas son ingeridas. Efectivamente, en el caso del rizoma del helecho de esta especie, existen evidencias que relacionan su ingesta con patologías del aparato digestivo, patologías que no sólo creemos se asocian a determinadas sustancias nocivas, contenidas en ese producto, (Alonso, 1999) sino también con el elevado número de silicificaciones que son introducidas en el aparato digestivo, y que como se sabe determina —en

<sup>41</sup> En este caso también se ha planteado el efecto patológico del consumo, de la masticación, de tejidos del rizoma de *Pteridium aquilinum*, en la dentición humana (García, 1979), lo cual obviamente ponemos en relación con el alto contenido en biomineralizaciones silíceas que presentan ambas partes de rizoma de la planta, externa e interna.

función de la cantidad ingerida— una afectación allí donde se depositan (Iler, 1979). Sobre este particular, tomado como ejemplo pues creemos haber localizado un caso concreto que someter a estudio y discusión en esta Tesis, se exponen sus pormenores en la sección de Materiales Bioantropológicos<sup>42</sup>.

Con todo ello y vinculando la *Microscopía Analítica* —que maestros como Wallis (1963) nos dejaron como enseñanza multipropósito— al mundo de la compleja y extensa *Historia de la Alimentación* (Flandrin & Montanari, 2004) y ésta a la *Arqueología de los Alimentos* que ya propusiera Juan-Tresserras (1997) en su Tesis doctoral, creo que la práctica experimental supone un requisito previo incuestionable. Que aunque en la presente Tesis únicamente adquiera, como otros apartados de la misma, una forma de práctica metodológica de aproximación, revierte en permitirnos comenzar a *buscar la complejidad* del mundo microscópico y *ordenarla*, buscando vincularla a la existente en determinados procesos históricos.

El paso siguiente consistirá en conocer cómo las partículas que pertenecían a antiguos alimentos, o a las plantas que los desarrollaban, pueden ofrecernos información y sobre todo cómo los sustratos de acogida conservan, concentran o dispersan lo que suponen evidencias de una antigua planta, alimenticia o no. Como se verá, el mejor ejemplo de ello lo es el estudio de los sedimentos arqueológicos de La Cerera, donde las evidencias de restos vegetales y en concreto las correspondientes a los granos de cereal son tan relevantes como para volver efectiva la aplicación de las prácticas experimentales que aquí hemos mencionado. Hasta el momento de centrarnos en el estudio de tales evidencias, lo haremos en otro referente vegetal de excepción, en este caso de una planta cuyo valor dietético prehistórico aun debe confirmarse a nivel arqueológico<sup>43</sup>, como es la palmera canaria (*Phoenix canariensis*), ella será nuestro siguiente punto de intervención experimental.



## RELACIONANDO SUELOS Y FITOLITOS DE PLANTAS CON APROVECHAMIENTO ANTRÓPICO: EL EJEMPLO DE *Phoenix canariensis*.

### Criterios de elección de suelos.

Partimos del conocimiento adquirido, a nivel experimental y analítico, con el estudio de los fitolitos más característicos y numerosos producidos por la especie *Phoenix canariensis*, que podemos describir como globulares con ornamentación de pequeños conos apuntados o equinados (*globular echinate phytolith*, ICPN 1.0), ya descritos para otras palmáceas como *P. dactylifera* (Scott, 1992; entre otros). Pese a que no se trata de un morfotipo original de

<sup>42</sup> Capítulo Resultados 5-IV.

<sup>43</sup> Si bien es cierto que existen algunas citas sobre el aprovechamiento que los aborígenes hacían de esta planta, lo cierto es que descocemos si existe alguna evidencia arqueológica que pueda vincularse a la explotación o consumo de sus productos, que como se sabe en la actualidad siguen obteniéndose también con fines alimenticios, caso de la miel de palma, confeccionada a partir de su savia o *guarapo*.

la especie, ya que lo comparte —con algunas diferencias morfométricas y de ornamentación— con otros géneros de palmáceas<sup>44</sup>, su reconocimiento microscópico en suelos y sedimentos arqueológicos ha sido una constante en las muestras procedentes de las Islas Canarias, con excepción de las zonas de pinar y alta montaña<sup>45</sup>. Otro tanto podría ocurrir con sustratos del Norte de África con desarrollo de palmeras, donde hemos podido comprobar —con en el caso de Egipto— que las concentraciones son similares<sup>46</sup>, siempre mayores cuando las muestras proceden del entorno inmediato a ejemplares de la planta, aunque en este caso los morfotipos localizados pertenecen a la palmera datilera (*P. dactylifera*) o incluso a otros géneros de las mismas, como *Hyphaene thebaica* L.<sup>47</sup>.

Para la evaluación de la presencia y concentración de fitolitos de *Phoenix canariensis*, en los suelos donde se desarrolla, se optó por diferenciar la misma en sustratos donde se podía producir una deposición selectiva de sus tejidos de desecho, de este modo se determinaron aquellos que reciben la acumulación de frutos, de los que principalmente lo hacen de otros tejidos aéreos. Esta medida se debe a la dificultad actual —en Canarias— de localizar zonas donde se desarrollen ejemplares de palmera canaria que no estén afectados por algún tipo de actividad antrópica, ya sea como ajardinados, retiradas de material de desecho natural y/o aportes de otros elementos de origen vegetal, como los que ocurren en la limpieza de huertas, jardines o acumulaciones de detritos modernos.<sup>48</sup>

Como hemos comprobado los ciclos naturales tienden a completarse a pesar de las restricciones del mundo urbano, en este caso haciendo prosperar sus semillas en entornos muy agresivos. Efectivamente, a pesar de las dificultades asociadas al manejo agrícola (ajardinado en este caso), las plántulas derivadas de dátiles de *Phoenix canariensis* prosperan, pese a que finalmente

---

<sup>44</sup> Scott-Cummings (1992), entre otros autores, citan características similares para *Phoenix dactylifera* y otros tipos de palmeras.

<sup>45</sup> Como ya se ha expuesto incluso en este ámbito, al menos cuando se han analizado muestras superficiales de sedimentos arqueológicos históricos, los fitolitos de palmeras han estado sorprendentemente presentes, en muestras donde obviamente no existían expectativas de localizarlos. Lo cual aconteció durante el estudio de yacimientos históricos de Las Cañadas del Teide, tanto a nivel macroscópico (Afonso, 2007b) como microscópico (Inventario Arqueológico del Parque Nacional del Teide, 2003-2007, Informe de Análisis Microfósil, inédito). En este caso asociados a procesos de explotación del medio natural de Las Cañadas del Teide y probablemente con pocos siglos de antigüedad. No obstante, el hecho está ahí, confirmando que el estudio de los fitolitos de la palmera canaria, al menos en los contextos naturales donde se ha desarrollado como especie tras miles de años de adaptación siempre resultará de especial interés, tanto para la reconstrucción arqueológica como paleoambiental, cuestión esta última que ya es, como creemos podemos expresar adecuadamente en esta tesis, totalmente factible.

<sup>46</sup> En el caso de sedimentos de canal de la zona de Luxor. Muestras tomadas y traídas a la Universidad de La Laguna gracias a la amable colaboración del Dr. M.A. Molinero y su equipo.

<sup>47</sup> Conocida como *palmera Doum*, M.A. Molinero (2005, Com. Pers.).

<sup>48</sup> Haciendo prosperar sus semillas en entornos muy agresivos, vinculados en este caso al celo propio de una conducta profundamente restrictiva hacia toda manifestación de un medio ambiente que no sea el controlado antrópicamente.

la perspectiva actual hacia el mundo vegetal<sup>49</sup> “no-controlado” terminen con cualquier posibilidad de arraigo de nuevos ejemplares.

Sin embargo, este tipo de plantas —como ocurre con otras de alta producción de silicofitolitos— aun dejan un sólido rastro de su presencia, que podría calificarse ciertamente como indeleble, si nos atenemos en una secuencia cronológica que supera en mucho a la de varias generaciones humanas. En este caso, dicha presencia se traduce en múltiples fitolitos que una vez libres de los tejidos donde se han desarrollado, se dispersan por el suelo pasando a formar parte de la matriz del mismo, situándose entre las partículas de similar tamaño pero naturaleza mineral. Como puede observarse en las figuras empleadas como ejemplo, las diferencias entre los morfotipos fitolíticos y las partículas minerales (limos y arenas hasta  $\pm 700 \mu\text{m}$ ) es tan notable que permite una clara distinción entre unos y otras (**Figuras 332-333**).

Como ya se menciona, y propone a menudo en esta tesis doctoral, la estimación de la relación porcentual y cuantitativa, entre ambos tipos de partículas (minerales y biominerales), nos permite evaluar el grado en el que los componentes de un suelo, en este caso con presencia actual o relictas de palmeras, revelan su carácter biogénico. O aquel que nos ofrece la perspectiva de fracciones granulométricas acompañadas por partículas biominerales, que pese a tener un comportamiento asociado a cada tamaño de las primeras no tiene un origen mineral. Aunque los procesos vinculados a las formaciones vegetales, desarrolladas durante la génesis de cada horizonte, de cada paquete edáfico, le confieren —a suelos y microfósiles— una íntima relación espaciotemporal con escasísima mención en trabajos de investigación. Y que sin embargo, si se toma en consideración el significado de esa estrecha simbiosis mineral-biomineral, ésta puede ser la clave —a mi entender— para comprender los procesos formativos de cada nivel de sedimentación arqueológica y edáfica. Puesto que partículas minerales (y consecuentemente su matriz edáfica si la hay) y biominerales se han desarrollado al compás de la deposición de plantas que, crecían en un momento dado de un suelo, de forma natural o catastrófica, o un sedimento arqueológico donde existió un patrón de ocupación determinado y no otro. Conteniendo, en forma y concentración, partículas de uno u otro origen que caracterizan cada momento, habitado o deshabitado de un lugar.

---

<sup>49</sup> Lo que parece una inofensiva planta no lo es tal para una mentalidad que considera una intromisión cualquier manifestación no-planificada del medio natural, sea esta de vital importancia, como ocurre con un cultivar o en estos casos una plántula generada por el propio ciclo vital de la palmera. La historia de las mentalidades podría aquí mostrarnos como se han configurado las percepciones a lo largo de secuencias muy largas de nuestra historia evolutiva, donde quizá hemos pasado de ver un uso en cada planta para verlas —cuando éste no se contempla en la globalización cosmopolita actual— como algo incómodo, fútil, innecesario. Desconocemos cual sería la percepción de mujeres y hombres de la Prehistoria de Canarias hacia los ciclos fenológicos de las plantas, muy probablemente nunca lo sabremos, o quizás aun el mundo de la investigación arqueobotánica confirme efectivamente que los logros y los costes sociales están también vinculados a una u otra percepción de la naturaleza, en este caso vegetal.

Existen limitaciones en esa detección, como bien ejemplifica el trabajo experimental realizado con *Phoenix canariensis*, que son directamente proporcionales al grado de culminación del proceso de desintegración de los tejidos vegetales en el seno de un sustrato edáfico dado. El cual tiende a completarse en contextos naturales –o de bajo impacto antrópico– y no tanto cuando es limitado por el manejo agrícola<sup>50</sup> o de jardín, pasando a depender de la presión ejercida, con mayor o menor grado de celo profesional o particular, sobre espacios cultivados o ajardinados, públicos y privados.

Asumiendo tales limitaciones, los suelos, la tierra de jardines y parques pueden pasar a contener un registro microscópico de los procesos naturales y antrópicos acontecidos en su secuencia de formación. Funcionando como materiales donde se conserva la memoria biomineral de plantas como la palmera canaria, incluso tras la desaparición de estas en el tiempo<sup>51</sup>. Hecho que, atendiendo a la dinámica actual, especialmente la de factura antrópica, con la introducción de especies exóticas de palmáceas e incluso con graves plagas que las acompañan, hacen que su desarrollo se vea comprometido por la competencia con sus congéneres ornamentales.

El estudio de esos registros, tanto los contenidos en suelos como en tierras ajardinadas o cultivadas, pasa a convertirse en aquellos que pueden ser interrogados de forma microscópica y en concreto con fines de detección de microfósiles, lo cual puede definir el rango que pasan a obtener los fitolitos. Ya que en este caso permite conocer cuando un sustrato pasó de sufrir únicamente procesos asociados a la naturaleza de la zona, a hacerlo frente a determinadas prácticas humanas. De este modo y ciñéndonos al caso de las palmeras, podríamos observar y definir como un día, atrás en el tiempo, ejemplares de estas plantas prosperaron dando cobijo a otras especies vegetales, formando suelos en los terrenos volcánicos donde pocas aun medraban con facilidad. Y donde hoy son limitadas a zonas que no comprometan cimientos, aceras y viviendas con su rápido y complejo desarrollo. Por ello los suelos donde hoy “se las deja vivir” con cierta soltura, se consolidan como registros potenciales de su presencia, lo cual ocurre cada vez que algún gramo de su tejido aéreo se descompone *in situ*. No sabemos si en algún momento futuro existirá un cambio medioambiental tan drástico como para hacer desaparecer a la palmera canaria de sus ámbitos actuales de crecimiento, pero si ello ocurriera los fitolitos de todos estos milenios quedarían en las estratigrafías de suelos, como nítidos testigos de la flora de nuestro cálido presente.

#### **Localizaciones para el muestreo de suelos con *Phoenix canariensis*.**

Quizá un buen ejemplo de esos lugares donde sigue aumentando la “memoria oculta” de las palmeras, sea el palmeral artificial situado, a ambos lados, del paseo conocido como *Camino Largo* (San Cristóbal de La Laguna), donde la concentración de frutos a los pies de estas plantas es a veces espectacular,

---

<sup>50</sup> Entendemos que en contextos prehistóricos el papel de los residuos vegetales era mucho más relevante, ya que el que involucraba a tejidos de desecho, como hojas y tallos de plantas de cereal, de la misma palmera y otras especies de la flora local serían empleados para diferentes usos, entre ellos el sostenimiento de las estructuras de combustión.

<sup>51</sup> Bertoldi de Pomar (1975) ya cita dicho proceso en su trabajo de síntesis sobre las obras existentes hasta ese momento en la investigación de fitolitos.

reflejo de la existente en las ramas (**Figura 331**). Hecho que en realidad no es sino un reflejo de la alta producción de estos en determinadas épocas del año (**Figura 332-333**).

Por otra parte es menos frecuente poder observar acumulaciones de tejidos foliares, ya que estos son retirados como parte del mantenimiento y ajardinado de la zona. Lo cual no ocurre en palmerales naturales como los existentes en los valles de El Ingenio y Cubaba, en la isla de La Gomera. O en el otro caso analizado: el Barranco de Guayedra, que mantiene en varias zonas de su cauce pequeñas formaciones de palmeral pero de ejemplares muy longevos. En este caso quizás la acumulación de tejidos foliares que detectamos en sus bases no hacen sino ratificar —por la cercanía de explotaciones agrícola-ganaderas domésticas— el abandono de las prácticas de subsistencia tradicionales. Y es que incluso los tejidos foliares de la palma eran empleados con múltiples fines en ese ámbito, al menos hasta hace menos de un siglo.

Pero en la actualidad, cuando la práctica agrícola y ganadera ya ha dejado de ser un modelo de subsistencia básico para la mayoría de la población, estas explotaciones denotan su abandono. Hecho que en el plano de las palmeras anexas se traduce en la acumulación de grandes cantidades de ramas y hojas, que llegan incluso a impedir el acceso a varias zonas de barrancos y bancales.

La selección del espacio ajardinado lineal que supone el *Camino Largo*, obedece a percibirlo como ejemplo de un entorno cultivado con *Phoenix canariensis*, a diferencia de los espacios donde ésta prolifera de forma espontánea, o lo hacía en el pasado. Aunque en esta misma zona, suponemos que la palmera canaria se encontraba bien representada, aunque atendiendo a la vegetación potencial de la misma (Criado, 2002), probablemente lo hacía de forma aislada, dada la diversidad florística existente.

Se trata por tanto de un espacio acorde con el objetivo —eminentemente experimental— de realizar un muestreo dirigido de suelos, tendente a valorar el aporte —en forma de fitolitos característicos de esta especie— de tejidos aéreos que los contuvieran, y en especial los foliares. En la localización que nos ocupa, éstos son los que menos probabilidades presentan para completar su desintegración, ya que al depositarse al pie de las palmeras, resultan retirados antes de que se complete dicho proceso. No obstante, parece factible creer que éste se produce al menos de forma ocasional, al menos en caso de hojas e inflorescencias, siendo los frutos los que hemos podido observar de forma más continuada en contacto con el suelo. De tal manera que el registro dejado en dichos sustratos puede considerarse derivado de la deposición de todos los tejidos aéreos de la planta, permitiendo valorar la presencia de morfotipos silicofitolíticos procedentes de su producción, de desecho, generados por la misma<sup>52</sup>.

La otra zona seleccionada, para la realización de muestreos superficiales, fue la del Barranco del Ingenio<sup>53</sup> (Vallehermoso, La Gomera), que ofrece en la actualidad un magnífico ejemplo de palmeral antropizado, aún sujeto a

---

<sup>52</sup> Al menos desde la perspectiva de un uso tradicional del palmeral donde no intervienen prácticas de ajardinado.

<sup>53</sup> Zona conocida, visitada y muestreada gracias al amable asesoramiento de D. Juan Carlos Hernández, Arqueólogo, Cabildo Insular de La Gomera.

prácticas de silvicultura. De las que destacan las encaminadas a la extracción de savia de palmera<sup>54</sup>, más conocido como *Guarapo*, con la que se confecciona la *miel de palma*, entre otros aprovechamientos. En esta zona pueden observarse aun innumerables palmeras, con aportes naturales de tejidos secos en sus bases. Si bien probablemente este material podría ser retirado para facilitar el acceso a los troncos de las mismas, la acumulación a lo largo de los años, es tan significativa como para permitir que los fitolitos de los tejidos aéreos pasen al sustrato edáfico inmediato.



**Figura 331**, Frutos de *Phoenix canariensis* en el mes de marzo. Facultad de Biológicas, ULL. J.A.

Y para disponer de un tercer ejemplo, que facilitara las posibles diferencias o similitudes entre suelos de depósito de las biomineralizaciones de esta planta, se optó por un palmeral aislado del Barranco de Guayedra (Agaete, Gran Canaria), cercano al cauce del mismo y por tanto beneficiario de óptimas condiciones ambientales para el desarrollo de *Phoenix canariensis*, así como de otras especies afines a tales condiciones ambientales, como es *Arundo donax*. Incluso, dadas las óptimas condiciones naturales del enclave –aunque con claros elementos de antropización–, se pudo tomar muestras de sedimentos de escorrentías del fondo del barranco, cercanos a dichos palmerales. La idea de comparar el registro biomineral entre un sustrato seco –inmediato a la planta– de otro relacionado con la erosión hídrica, y posibles depósitos de microfósiles de diagnóstico en pequeñas cuencas sedimentarias, lo cual supuso una práctica de campo totalmente fructífera.

El estudio de ambas muestras debía indicar si las concentraciones de fitolitos por gramo de suelo difieren entre si, confirmando con ello que entre un suelo y otro existe una acumulación desigual, derivada de los materiales de

<sup>54</sup> Producto profundamente arraigado en la tradición de la Isla de La Gomera.

la planta, acumulados en su base, diferencia que involucra el uso dado a ésta, permitiendo relacionar su estudio con aspectos etnobotánicos, que pueden bien servir para contextualizar una aproximación arqueobotánica. En concreto es importante confirmar este planteamiento para emplearlo como criterio comparativo en el estudio de muestras de origen arqueológico, edáfico y paleontológico.

Los resultados obtenidos en el estudio de muestras recolectadas y especialmente las correspondientes al *Camino Largo*, han permitido confirmar los planteamientos al respecto de las posibilidades de reconstrucción paleobotánica del análisis de fitolitos (Albert *et al.* 1999; Tresserras, 1997; Pinilla & Bustillo, 1997; Piperno, 2006; entre otros) e indagar en el pasado natural y antropizado de una determinada zona. Siendo las secuencias del Camino Largo las que presentan una mayor intervención antrópica en el medio, al menos en la etapa histórica, mucho mejor documentada que la anterior<sup>55</sup>, comprobando aspectos relacionados con la modificación del entorno vegetal, probablemente también en los usos y gestión edáficos, en una zona concreta de la ciudad de La Laguna.

#### **Suelos con acumulación de frutos y otros tejidos (Camino Largo, La Laguna, Tenerife).**

Los primeros muestreos se realizaron en zonas donde se conocía la existencia de cultivos de palmeras canarias, desde al menos varias décadas, y donde existía alta probabilidad de encontrar los morfotipos buscados. Este fue el caso de los suelos que se encuentran bajo los ejemplares del denominado “Camino Largo” en la ciudad de San Cristóbal de La Laguna. En esta zona, aunque se realizan labores de conservación que incluyen la retirada de los tejidos secos provenientes de la zona alta de la planta, pueden observarse significativas y periódicas acumulaciones de frutos de palmeras descomponiéndose en el sustrato edáfico inmediato<sup>56</sup>. Incluso es habitual observar, antes de ser eliminados durante las labores de jardinería y conservación, numerosos plantones creciendo a los pies de las plantas maduras (**Figura 335**), siendo tan numerosos en algunas ocasiones se semejan, antes de observarlos en detalle, a un tapiz de césped natural<sup>57</sup>. Lo cual significa que en el sustrato edáfico se acumulan suficientes frutos de la palma como para germinar en el mismo.

---

<sup>55</sup> Sin duda el espacio que existía en la zona del Camino Largo ya estaba vinculado a un área lagunar sobre el que disponemos algunos datos y sobre el que comienzan a conocerse algunas de sus características (Criado, 2002). Pero pese a que se entienda que ese espacio, de no poca extensión y ocupado por aguas someras al menos de forma estacional, tendría importancia en muchos aspectos para las poblaciones prehistóricas de Tenerife, la arqueología aun no ha aportado ningún conocimiento al respecto.

<sup>56</sup> La pulpa, y probablemente también la epidermis, de los frutos de la palmera es consumida por aves, como la paloma doméstica (*Columba livia*) y el mirlo (*Turdus torquatus*), ambas especies adaptadas a las zonas arboladas, ajardinadas e incluso aun rurales —de forma residual— del medio urbano, como el de la ciudad de La Laguna. Es de suponer que, en sus deyecciones, también estén presentes fitolitos procedentes de los frutos de la palmera, por lo que éstos pueden ser depositados también fuera del ámbito de crecimiento de la planta.

<sup>57</sup> 2006, M. Arnay, Com. Pers.



Llevados por estas indicaciones, seleccionamos dicha zona para realizar los primeros muestreos y ensayos analíticos, tendentes a la determinación, cualitativa y cuantitativa, de los morfotipos propios de *Phoenix canariensis* y *P. dactylifera*, en sustratos edáficos actuales. Aunque se trata de un espacio ajardinado, la dominancia de dichas especies podía ilustrarnos sobre las características del registro de morfotipos fitolíticos —propios de estas plantas—, acumulados durante muchos años, tras la descomposición de tejidos depositados en los pies de los ejemplares de palmeras, en su mayoría de los frutos de la palmera, pero sin descartar obviamente el de los tejidos aéreos más abundantes (hojas). Los muestreos se realizaron en la capa superficial de suelo, retirando restos orgánicos de tipo macroscópico, en su mayoría restos vegetales y detritus de fauna urbana, en este caso de “paloma común” (*Columba livia*), especie consumidora habitual de la pulpa de los frutos de palmera.

El Camino Largo es un paseo inaugurado a finales del siglo XVIII, cuya ejecución se llevó a cabo sobre zonas de huertas de la fértil vega de La Laguna<sup>58</sup>, lo cual generó protestas —probablemente de propietarios— ante la intervención pública<sup>59</sup>. Si nos atenemos a tales indicaciones, los ejemplares de palmera, en su mayoría de la especie *Phoenix canariensis* —pero con algunos ejemplares hibridados con *P. dactylifera*—, tendrían al menos dos siglos de antigüedad, o al menos esa es la cronología de la primera concentración de las palmeras que lo conforman. Otra cosa es que sean los mismos ejemplares de entonces, ya que son perfectamente detectables variaciones, en el desarrollo de varios ejemplares, en algunas zonas a lo largo del palmeral. Efectivamente se detectan algunos puntos donde las plantas no alcanzan el porte de la mayoría, siendo mucho más jóvenes que el resto. Aunque se intenta mantener la distancia entre pies, de unos 7-8 metros de media, el crecimiento de nuevas plántulas se produciría de forma inmediata a los pies de los ejemplares adultos, a juzgar por el elevado número de éstas que pueden observarse, al menos antes de que se ejecute la siguiente ronda de tareas de jardinería en la zona.

Para el objetivo que nos ocupa, el estudio microscópico cuantitativo y cualitativo de los suelos que sirven como soporte vital a estas plantas puede

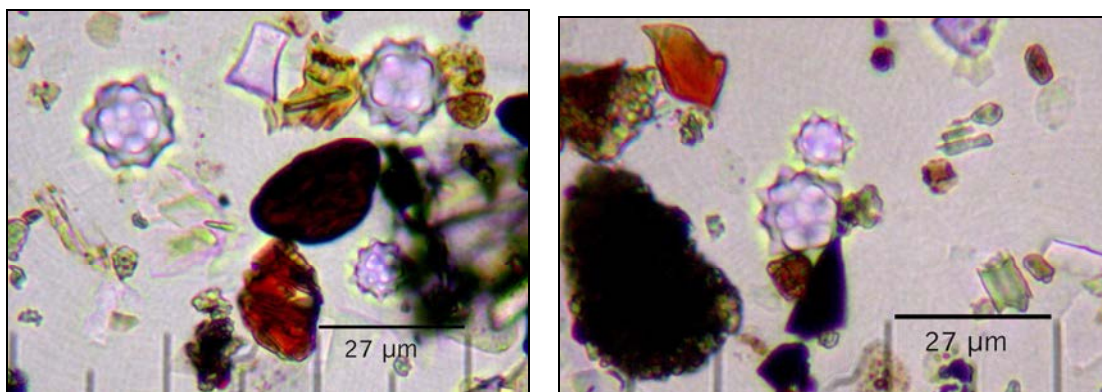
---

<sup>58</sup> Muy probablemente estas huertas se situaban parcialmente sobre el nivel ocupado por la antigua laguna que aporta parte de su nombre a la ciudad. Tal y como cita Criado (2002) basándose en la no poco numerosa información documental existente, la desaparición de dicha laguna podría completarse, casi en su totalidad, hacia finales del siglo XVIII, cuando ya varios procesos (naturales y antrópicos) han ocasionado su drenado y ocupación como tierras de labor. En esa obra se cita el trazado del Camino Largo ya en 1831 y aunque no se aborda su localización con respecto a la zona de inundación, creemos —como mencionamos más adelante— que existen evidencias microfósiles que confirman la existencia de vegetación hidrófila —del tipo que ocupa espacios semejantes en otros contextos— en los suelos ajardinados del Camino Largo. Evidencias que habría que ampliar aun a nivel de estudios en profundidad para afirmar que efectivamente el mencionado camino se llevó parcialmente a cabo sobre los suelos que ocupaba la antigua laguna.

<sup>59</sup> Efectivamente la ejecución del Camino fue de propuesta y financiación privada, primeramente denegada por el Cabildo de Tenerife y posteriormente autorizada por la Real Audiencia en 1780. Su trazado involucraba campos de pasto y cultivo.

permitirnos obtener una valoración sobre la antigüedad real, en términos de concentración de microfósiles derivados de la presencia de las mismas. Obviamente tal lectura es asumida desde la premisa de que no existían —al menos en concentración y disposición actual— ejemplares de palmeras canarias, en similar concentración, antes de la ejecución de este espacio ajardinado.

En todo caso, el estudio de estos suelos, horizontes superficiales en los tres ejemplos muestreados, deriva directamente del interés de la génesis de acumulación del depósito de biomineralizaciones silicificadas de palmeras. Se trata de un depósito inducido y concentrado en tiempo y espacio, dada la proximidad de unos ejemplares a otros, derivado de la evidente acumulación periódica de tejidos vegetales de desecho, en especial bajo la forma de innumerables frutos. Tal y como se nos había comentado<sup>60</sup> los frutos, al menos aquellos que no son eliminados durante las tareas de ajardinado, terminan germinando a los pies de los ejemplares adultos de las plantas, protagonizando lo que parece un verdadero césped, pero sobre todo aportándonos la visión de una planta no sólo completamente adaptada al medio natural de las Islas en toda su amplitud microclimática, sino también a medios completamente antropizados, donde su presencia significa también la utilización, de dicha capacidad de adaptación, con fines ornamentales.



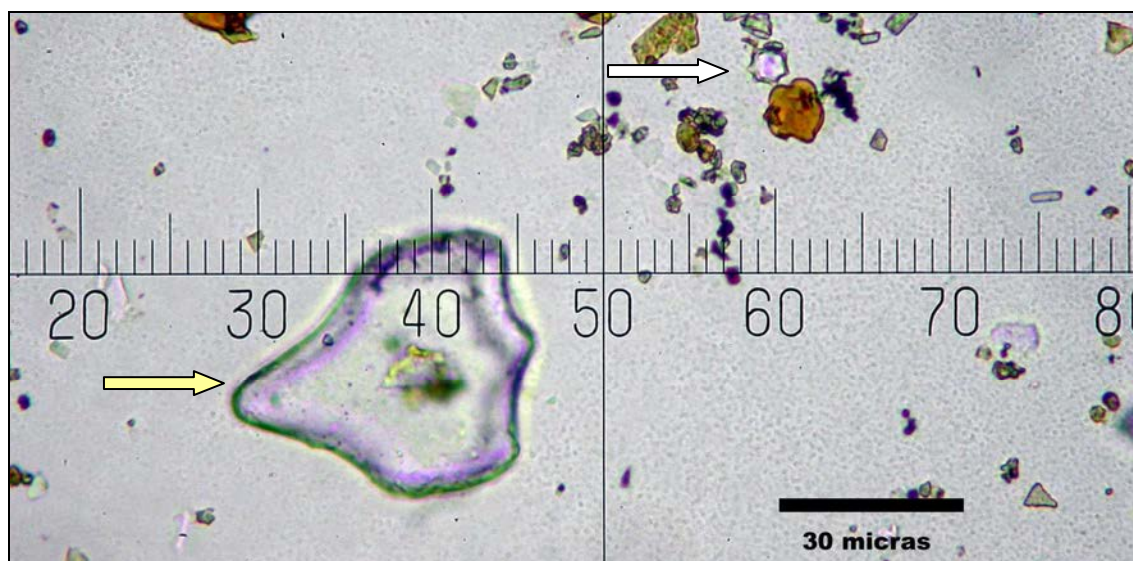
**Figuras 332 y 333**, Silicofitolitos de palmera entre partículas de limo, en muestra de suelo superficial del Camino Largo (PHOCAN-CL-3),. 600x. J.A.

Pese a la similitud con el tapiz de gramíneas cespitosas, en este caso se trata de plántulas de palmera, como se confirma eliminando los primeros centímetros de suelo y llegando hasta los frutos germinados. Su desarrollo tiene que ver sin duda con la existencia en el mismo de nutrientes, aportados por las propias plantas adultas, entre ellos Ca y SiO<sub>2</sub> contenidos en los tejidos de desecho. Es de suponer que en dicho sustrato igualmente se producirá la disolución del segundo compuesto, en este caso acelerado por el pH básico y la irrigación artificial de los parterres, que servirá posteriormente para que la planta lo absorba desde la solución del suelo. Se trata por tanto, éste ejemplo analítico, de un favorable elemento de estudio que nos ocupa, ya que permite

<sup>60</sup> Siguiendo las observaciones conjuntas con M. Arnay (2006) en varias zonas ajardinadas donde coexisten ejemplares de *Phoenix canariensis* con otras especies de palmeras.

analizar –bajo óptimas condiciones de control ambiental (plantas y suelos)– la entidad del depósito fitolítico aportado por el desarrollo, condensado en tiempo y espacio, de este tipo de plantas.

Aunque se produce la retirada periódica de los mismos, derivada de las lógicas tareas de ajardinado del mencionado paseo, la acumulación de tejidos, pese a ser eventual, a lo largo de al menos dos siglos –en el peor de los casos, siguiendo la última reforma, sería casi de 100 años (1918)–, habría derivado paralelamente en la deposición de abundantes morfologías fitolíticas propias de palmeras, y en especial de *Phoenix canariensis*. Por tanto, la práctica experimental con tales suelos parecía idónea para el objetivo de conocer el alcance real de una acumulación masiva de sus fitolitos, aunque ésta se produjera por inducción antrópica y no en la frecuencia de un palmeral silvestre. En todo caso, los datos obtenidos nos aportarían unos valores máximos, fundamentales a nivel comparativo para debatir sobre los registros localizados en otros contextos. Y es que conociendo la magnitud del mencionado palmeral, dispondríamos de una referencia fundamental para asociar, desde los datos de esos otros registros –en su mayoría arqueológicos–, una determinada concentración de fitolitos a una determinada masa forestal de palmeras, facilitando lecturas sobre aprovechamientos y reconstrucción del medio vegetal nativo.



**Figura 334,** Célula buliforme (amarillo) localizada en la muestra de suelo superficial PHOCAN-CL-03, donde las biomineralizaciones dominantes siguen siendo los morfotipos ya descritos para las palmáceas (blanco). Su identificación permite evaluar la llegada de biomineralizaciones silíceas –diferentes a las de la especie dominante (*Phoenix canariensis*)– desde el entorno vegetal inmediato, en este caso gramíneas de la subfamilia *Arundinoideae*, pudiendo tratarse muy probablemente de *Arundo donax*. J.A.

Los tratamientos empleados, como para el caso de los suelos con desarrollo de *Arundo donax* y *Ficus carica*, incluyeron, –como método conjunto de dispersión de arcillas–, baño de ultrasonidos y hexametáfosfato sódico en solución. El resultado fue contar con muestras provenientes de varias zonas del *Camino Largo*, limpias de tales partículas, donde pueden apreciarse

incluso la presencia de otras biomineralizaciones silíceas, como aquellas propias de plantas cercanas al entorno del camino (*Arundo donax*). Con ello se comprueba que, en función de la distancia actual con esta planta y respecto a la localización de las muestras recogidas, que la extensión de esta última debió ser más amplia que en la actualidad (**Figura 334**).

En el total de muestras analizadas los morfotipos dominantes son los esféricos con decoración apuntada no completa (*globular echinate*, ICPN 1.0), lo que ratifica el aporte de los mismos desde los tejidos aéreos de la planta (**Figuras 332-333**). A pesar de la retirada selectiva de estos elementos, en las bases de la misma, se produce dicha acumulación que, en concreto, podría relacionarse con la presencia de frutos y no tanto de los otros tejidos mencionados. Sin embargo, comprobamos igualmente la presencia de otros morfotipos bien distintos, como los de células largas trapezoidales con márgenes polilobulados y/o ondulados (Figuras). Tales morfologías parecen corresponderse con los tipos, de la misma categoría, designados por Kaplan *et al.* (1992), como parte del repertorio de elementos propios de las hojas de gramíneas, y en especial de los cereales. Se trata de un grupo cuyo nivel de organización es uno de los más complejos, siguiendo a dichos autores, pero que en todo caso, en las muestras analizadas parecen indicarnos, con su baja proporción con respecto de los morfotipos propios de palmáceas, el pasado de los suelos donde posteriormente se implantarán palmeras cultivadas.



**Figuras 335 y 336**, Zonas de muestreo PHOCAN-CL-1 y 2, a los pies de ejemplares de palmera canaria, en El Camino Largo (La Laguna). J.A.

Del mismo modo que los aislados morfotipos propios del rizoma de pteridofitos como *Pteridium aquilinum* localizados (**Figuras 338**), señalan momentos en los que dichos suelos pudieron ser deforestados para implantar cultivos, la presencia de carbón en microfragmentos, pese a poder estar ésta relacionada con procesos muy dispares, en tiempo y espacio, parecen permitir plantear los cambios de uso en lo que finalmente será un espacio natural, bajo sistemática ordenación antrópica.

Ratificando dicha lectura, otros tipos de fitolitos confirman la existencia de un medio vegetal donde no sólo prosperaba la palmera canaria, y es sin duda el caso de la presencia de los de células buliformes cuneiformes que pese a su avanzado estado de disolución, responden al esquema cuneiforme (*cuneiform cell*, ICPN 1.0) y *Arc:Triangle* descrito por Bowdery (1998). Su similitud con algunas especies de la familia *Arundinoideae*, como *Phragmites australis* y

*Arundo donax*<sup>61</sup> devuelve nuestra percepción hacia los antiguos suelos de La Laguna, y en concreto a aquellos afectados por el proceso de inundación cuasi permanente de los que toma su nombre la ciudad (Criado, 2002). Estaríamos ante indicios claros de vegetación hidrófila, de marjales y/o marismas en este caso, dado que desconocemos en que partes, y en que extensión, de la antigua laguna se situaba dicha vegetación.

Aunque no parece posible afirmarse que los sustratos analizados corresponden en su totalidad a niveles anegados por dicha laguna, o pequeño lago, lo cierto es que la desigual conservación de los morfotipos objetivo de este apartado –globulares equinados (*globular echinate*)–, en perfecto estado con respecto a estos últimos señalados (células buliformes cuneiformes), nos confirman registros muy dispares y sin duda que la última etapa de desarrollo de la vegetación en el Camino Largo. Correspondiendo entonces a la que bien conocemos, pero que se basan en sustratos donde anteriormente de existir palmeras, éstas no se encontraban en modo alguno en la misma densidad que protagonizan en la actualidad. Junto la compleja aparición de este tipo de células fitolíticas, por su mal estado de conservación, la de otras en perfecto estado y morfología similar, pero con claras diferencias de simetría, que apuntan hacia especies como *Arundo donax*, localizada en las inmediaciones de la zona de muestreo.

En todo caso debe hacerse mención aquí, por su repercusión en estudios paleoambientales y arqueológicos, de la importancia de detectar la confluencia de fitolitos de *Phoenix canariensis* con los de *Arundo donax* en numerosos enclaves de las Islas, en especial en aquellos donde existen condiciones edáficas e hídricas para su desarrollo. Los pequeños cauces de barrancos y las inmediaciones de zonas encharcadas podrían ser de esas zonas donde se observa el desarrollo de ambas especies. Este sería el caso de la zona de la Vega de La Laguna (Tenerife), Barranco de Guayedra (Gran Canaria) y Vallehermoso (La Gomera), solamente por citar algunas donde se ha constatado este hecho durante las tareas de prospección de campo. Como ocurre en la zona del Camino Largo, la confluencia de ambas especies tiene una profunda significación a nivel de estudio de fitolitos, ya que ambas producen morfologías muy características de grupo vegetal e incluso de género y especie. Al menos en el caso de *Arundo donax* esto es así. Es por ello que la manifiesta posibilidad de constatar en el registro de fitolitos la presencia del «binomio palmera canaria-caña», nos permite identificar las condiciones ambientales a las que nos hemos referido, que sin duda marcan las existentes en muchas zonas de barranco de las Islas Canarias en el pasado<sup>62</sup>. Y quizás donde podría medrar una especie como *Phragmites australis* que gradualmente fue sustituida, por cambios ambientales e influencia antrópica, por *Arundo donax*<sup>63</sup>.

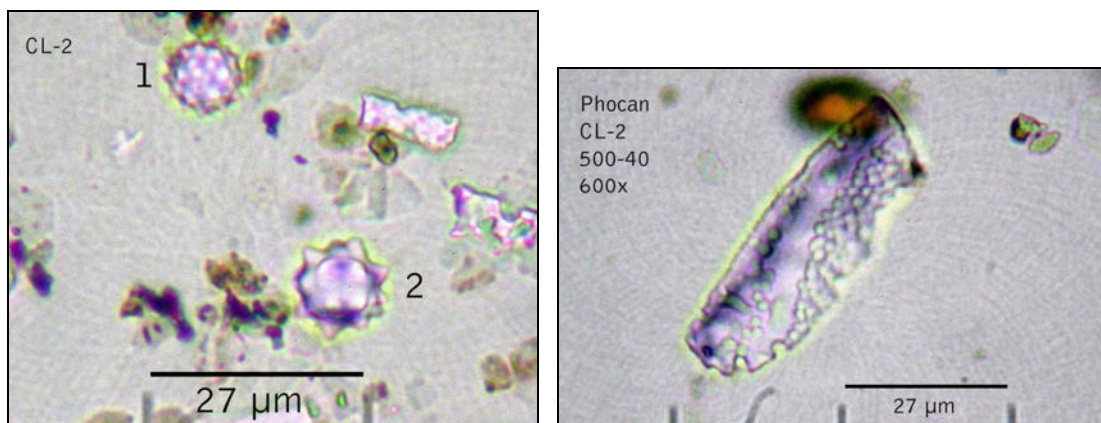
---

<sup>61</sup> Aunque sin descartar otras inferencias, dado que como se puede comprobar en el estudio estadístico preliminar de las células buliformes cuneiformes (Capítulo 5-II), los datos aportados sobre algunas fitolitos de este tipo indica que también *Cynodon dactylon* puede ser la especie productora de los mismos.

<sup>62</sup> Al menos desde la introducción de la caña (*Arundo donax*), si es que efectivamente ésta se produce tras la conquista de las Islas.

<sup>63</sup> Conclusión a la que primeramente llegamos tras contar con el parecer de A. Santos (2010, Jardín de Aclimatación de La Orotava). Y posteriormente con la detección, en el

Y es que *Arundo donax*, a través de la presencia de sus grandes células silicificadas, ha supuesto una ampliación del trabajo realizado con suelos de deposición de fitolitos de *Phoenix canariensis*, confirmando posibilidades ciertas de que el binomio que pueden presentar en la naturaleza de las Islas pueda aportarnos indicios de una u otra especie. Pese a que se trate de una planta probablemente introducida (Aceves *et al.*, 2004), desde mi perspectiva su estatus aun está por definir, especialmente a nivel paleobotánico<sup>64</sup>. Ya que sin lugar a dudas su desarrollo ha sido profusamente implementado, para cumplir funciones agrícolas, ganaderas (barrera natural) y también industriales (arquitectura histórica).



**Figura 337** (Izqda.), Dos morfologías globulares/esféricas equinadas en la misma muestra (CL-2), obsérvese la diferencia de ornamentación, más densa en el Tipo 1, con respecto al morfotipo más común en *Phoenix canariensis* (Tipo 2). **Figura 338** (Drcha.), morfotipo de célula larga liso similar a los descritos para pteridofitos. Ambas 600x.

La zona donde se localiza en la actualidad, en toda la extensión del Camino Largo, es en su parte final (sector norte), coincidiendo con los últimos terrenos sin edificar de la zona. Junto con otras interpretaciones que se muestran como conclusiones del presente apartado, planteo que el registro de fitolitos en la zona muestreada, no sólo confirma la presencia de palmeras cultivadas —que muy probablemente, de forma dispersa, ya se desarrollaban localmente—, sino de otras plantas, gramíneas en este caso, que configuraron por muchos siglos el paisaje de la Vega de La Laguna. Aunque algunas de ellas, como *Arundo donax*, puedan ser calificadas como introducidas, no parece aventurado plantear que la elección de *Phoenix canariensis*, como

---

Barranco de Guayedra, de fitolitos de células buliformes cuneiformes que responden al esquema arco-triangular propuesto para los de *Phragmites australis*. Se trata ésta de una de las escasas localizaciones que finalmente se han logrado estudiar al microscopio con dicho objetivo, el de identificar una posible sustitución de *P. australis* por *Arundo donax*. Efectivamente, en la zona prospectada de Guayedra se localizó un denso cañaveral, monoespecífico, aparentemente de *A. donax*, de existir algún ejemplar de *P. australis* éstos no eran fácilmente observables.

<sup>64</sup> Especialmente en lo que concierne a la presencia de sus restos (microscópicos y macroscópicos) a nivel estratigráfico en suelos y paleosuelos de las Islas, ya que por el momento —como muchas otras—, únicamente son catalogadas desde una perspectiva botánica actual.

especie emblemática con la que configurar este singular espacio ajardinado, se hizo también porque representaba igualmente a las especies nativas de la zona.

Confirmando la existencia de un medioambiente anteriormente vinculado al Monteverde (Criado, 2002), junto a los fitolitos de palmeras y gramíneas de porte alto (*Arundinaceae*), en el punto PHOCAN-CL-2 se detectaron igualmente fitolitos cuyas características morfométricas no permiten adscribirlos a los anteriores grupos vegetales. Se trata de morfologías silíceas de tendencia alargada, con superficie muy lisa, que presentan por único signo de ornamentación una serie de perforaciones circulares (**Figura 338**). El único rasgo que permite la filiación vegetal de tales morfologías es su posible sección triangular, que ya ha sido observada en las silicificaciones del rizoma de *Pteridium aquilinum*. De confirmarse este hecho estaríamos ante el común ejemplo de una zona con condiciones propias del Monteverde degradado, cuando la ausencia de cubierta arbórea permite la rápida colonización de este helecho, como ocurre no sólo allí donde se procede a la tala de lauráceas sino también en latitudes donde predominan los bosques de fagáceas, del tipo del roble (*Quercus* sp.).

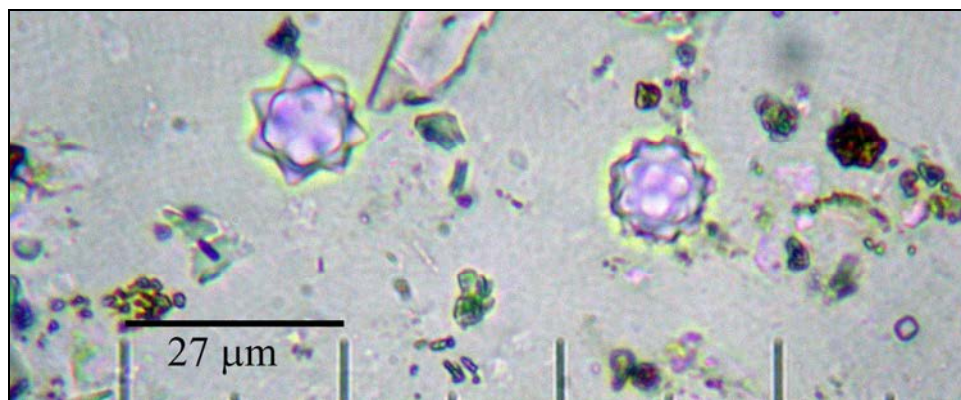
#### **Suelos de acumulación de tejidos aéreos (Vallehermoso, La Gomera).**

La zona escogida para la recogida de material vegetal de desecho se encuentra situada al pie de ejemplares de *Phoenix canariensis* en la zona del Barranco del Ingenio (Vallehermoso, La Gomera). En este caso se observó una acumulación significativa, principalmente de tejidos foliares, a los pies de dichas palmas, en desigual estado de descomposición, por lo que asumimos que se trataba de un contexto apropiado para realizar una extracción de una muestra del suelo. Tras retirar los restos macroscópicos existentes sobre el suelo, así como los primeros centímetros de materia orgánica de éste, se realizó una extracción entre 5-10 cm. de profundidad, en lo que podían ser los primeros pertenecientes al horizonte A del suelo en cuestión.

La observación microscópica, de la fracción total analizada, mostró igualmente la presencia de hasta tres morfotipos esféricos/globulares con picos, tal y como aparecen en las muestras correspondientes a La Laguna (Tenerife) (**Figura 339**). Pueden observarse dos morfotipos que pueden denominarse como esféricos, si seguimos la propuesta de Hart *et al.* (2003), ya que ambos casos presentan el mismo tipo de ornamentación equinada (*echinate*, Hart *et al.*, 2003; ICPN 1.0, Madella *et al.*, 2005). Entre ambos la única diferencia apreciable al microscopio óptico es la densidad de ornamentación de uno con respecto a otro (**Figura 339**), ya que ambos son esféricos (Fig. 1.4 de Hart *et al.*, 2003,). El tercer morfotipo, correspondiente no obstante a la misma especie, adquiere una forma menos simétrica, dejando de ser esférica para ser más elíptica o globular (Fig. 1.3 de Hart *et al.*, 2003). Igualmente este morfotipo presenta el mismo tipo de ornamentación que los anteriores (**Figura 337-1**).

Como ocurre en la zona mencionada, este morfotipo (MORF-PHOCAN-2) parece presentar mayor densidad en su ornamentación de pequeños salientes apuntados (*echinate ornamentation*) y menor tamaño que el modelo observado en las muestras de referencia correspondientes a *Phoenix canariensis* (MORF-PHOCAN-1). Ambos aspectos parecen indicar la presencia de variaciones también en la especie vegetal de origen, pudiendo

encontrarnos ante los silicofitolitos no sólo de *Phoenix canariensis* sino, en este último caso de una hibridación con *P. dactylifera*, sin descartar la presencia directa, o antigua, de esta última especie de forma menos abundante en la zona de prospección y muestreo. Confirmando esta lectura, durante las inspecciones de tejidos macroscópicos pudieron detectarse ejemplares aislados (sólo una zona del palmeral) de frutos de mayor tamaño que los desarrollados por *P. canariensis*. Pero a su vez de menor tamaño que los de *P. dactylifera*, razón que invita a pensar en un proceso, aunque limitado, de hibridación entre ambas especies vegetales<sup>65</sup>.



**Figura 339**, Dos morfotipos fitolíticos, globulares/esféricos equinados con diferencias en su ornamentación, detectados en la misma muestra de suelos del palmeral del Valle del Ingenio (La Gomera). A la derecha el morfotipo MORF-PHOCAN-1 y la izquierda MORF-PHOCAN-2. 600x. Inintencionadamente se suprimió la imagen la silicificación esférica lisa que sí aparece en la **Figura 340a** (izquierda de la imagen). 600x

En este caso también se localizó un cuarto morfotipo esférico/globular, pero carente de ornamentación equinada en su superficie y que debemos definir como globular liso (globular *psilate*, ICPN 1.0), que en un primer momento se pensó fuese también perteneciente a *Phoenix canariensis* Chabaud, especie inicialmente mayoritaria en el Valle del Ingenio. Ya que parece posible que existan formas inmaduras –en el seno de tejidos de palmeras– de este morfotipo que aun no presentan la característica ornamentación equinada, porque aun no la han desarrollado. Lo cierto es que se han detectado, en residuos de *Phoenix dactylifera*, ambas morfologías<sup>66</sup>.

Sin embargo, posteriormente creemos se encuentra relacionado con la presencia en la zona de especies vegetales dicotiledóneas (**Figura 341**), más propias del bosque termófilo. Esta forma globular, probablemente maciza, aparece en el resto de las preparaciones estudiadas y superando en algunos casos el tamaño de los morfotipos con ornamentación de picos (**Figura 341**).

Aunque en un primer momento, la presencia de una pequeña circunferencia, a forma de escotadura, en uno de sus extremos, pareció indicar que se trataba de un quiste/estomatocisto de crisofita de gran

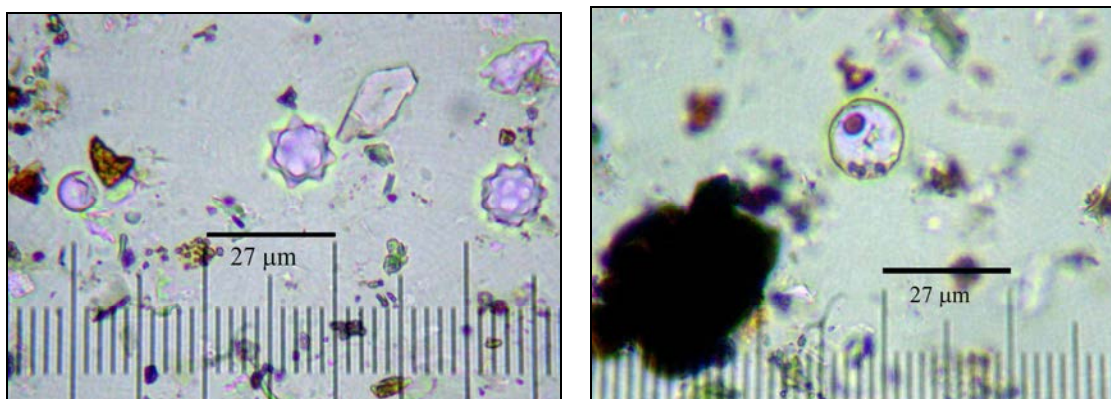
<sup>65</sup> O en todo caso un signo inequívoco de la multiplicidad de formas que también afecta a esta especie.



tamaño, lo masivo de su constitución –evaluada al MO mediante la no-percepción de paredes silíceas del tipo de los mencionados quistes– más parece pertenecer a especies vegetales no del grupo de las palmeras. Las muestras vegetales patrones de la zona –especialmente las hojas– no presentan morfotipos semejantes. Aunque ya se nos ha planteado<sup>67</sup> la posibilidad de que existieran, dentro de los tejidos de las palmeras, fitolitos dispares y sobre todo con variaciones en su ornamentación, que iría desde la completamente lisa (*psilate*) a la de pequeños picos (*echinate*). Sin embargo tales formas no se encuentran presentes en los otros dos puntos de muestreo analizados.

#### Suelos de acumulación de tejidos aéreos y frutos del Barranco de Guaydra (Gran Canaria).

En este caso el muestreo fue empleado igualmente, como elemento de valoración para la presencia de morfotipos del resto de vegetación de la zona baja del mencionado barranco. La concentración de morfotipos de palmera era, en este caso, muy baja, con respecto a zonas similares, a pesar de la entidad, y gran antigüedad, de los ejemplares detectados, bajo los que se realizó el muestreo de suelos. Los morfotipos, al igual que ocurre con los otros dos puntos de muestreo, presentan al menos dos tipos bien diferenciados, más en densidad de picos –y el tamaño de estos–, que en diámetro de partícula.



**Figura 340b** (Izqda.), Tres morfotipos esféricos detectados en las muestras del palmeral de El Ingenio; **Figura 341** (Drcha.), Detalle de la morfología globular/esférica masiva, probablemente perteneciente a tejidos de una planta dicotiledónea y no tanto a una palmácea. Ambas 600x.

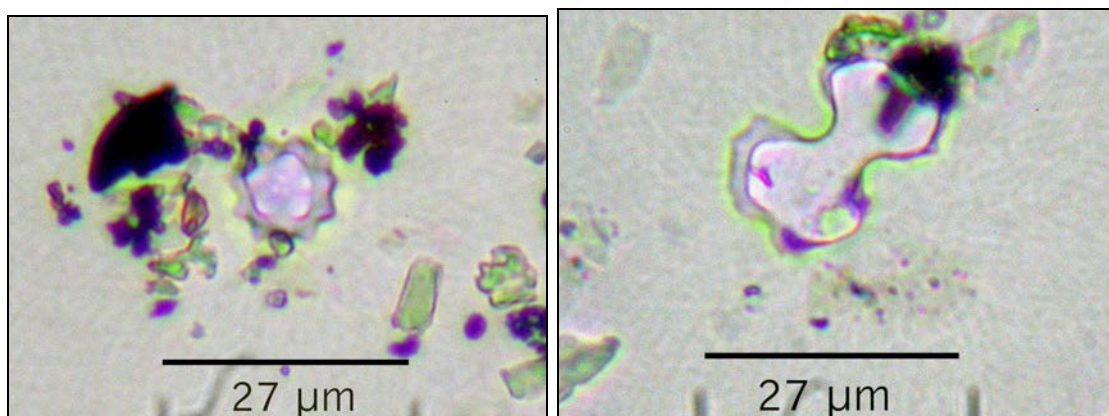
La presencia de morfotipos fitolíticos no-*Palmaceae* confirmaron las observaciones de campo que permitieron detectar abundantes ejemplares de *Arundo donax* cercanos al cauce. En este sentido un conjunto de morfotipos de tres lóbulos simétricos –como los descritos por Houyuan *et al.*, (1997)– bilobulados y buliformes cuneiformes, ratificaron la presencia en el registro de fitolitos *Poaceae*, y en concreto de la subfamilia *Arundinoideae*. Igualmente se detectaron morfotipos de tipo bilobulado (*bilobate short cell*, ICPN 1.0) o *panicoide* (Twiss, 1992), que igualmente podrían corresponder a la

<sup>67</sup> J. Tresserras, 2005, Com. Pers.

mencionada subfamilia, pero también a otra como *Panicoideae*. Finalmente también se pudo constatar la presencia de células buliformes cuneiformes con un esquema arco-triangular semejante al detectado en los fitolitos buliformes de *Phragmites australis*. Lo cual podría plantear indicios de una antigua asociación vegetal basada en *Phoenix-Phragmites*, previa a la actual y más conocida de *Phoenix-Arundo* (Figuras 344-345).

No obstante, tales morfotipos indican la conjunción –como ya lo hicieran en parte del Camino Largo– de fitolitos propios de *Phoenix canariensis* con los de *Arundo donax*, al menos en los primeros centímetros del horizonte de acumulación (A) del cauce del barranco (Figura 342-343). Se trata sin duda de una asociación fitolítica muy importante, e interesante a nivel paleoambiental, derivada de la existente a nivel ecológico entre ambas. Ya que las dos parecen vincular su desarrollo a los específicos y característicos ambientes de los fondos de barranco de las Islas.

Como ocurre en el Barranco de Guayedra, se trata de zonas que pueden ser denominadas como de tipo semitropical, formando un *bosque de galería*, discontinuo y en algunos tramos ciertamente intrincado. En todo caso, mientras que la presencia de *Phoenix canariensis* parece poder asumirse como de tipo nativo, la de *Arundo donax* conviene matizarse. Como se ha planteado, la conjunción de ambas especies, es igualmente patente en el registro microscópico de silicofitolitos, lo cual nos permite contar con unos parámetros de identificación, y valoración paleobotánica y arqueobotánica, de aplicación tan real –en virtud de los datos morfológicos y cuantitativos obtenidos experimentalmente– como para abordar preguntas y respuestas concretas sobre la verificación de dicha asociación en secuencias prehistóricas de Canarias.

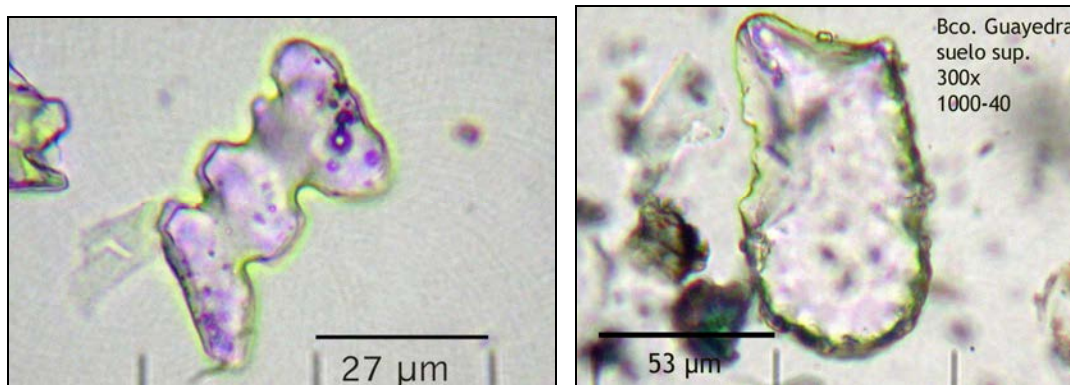


**Figura 342** (Izqda.), Morfotipo globular equinado (*globular echinate*). **Figura 343** (Dcha.), Silicofitolito bilobulado (*bilobate short cell*). Ambos en suelo del palmeral del Barranco de Guayedra (Gran Canaria). Ambas 600x. J.A.

#### Determinación cualitativa de morfotipos.

Se ha llevado a cabo en base a los datos recogidos, en los estudios experimentales, con plantas patrones, atendiendo a parámetros básicos como

la forma, ornamentación y tamaño. Como ya se ha mostrado<sup>68</sup>, los morfotipos más abundantes y característicos de familia, son los de tipo globular/esférico con ornamentación de pequeños picos o equinada (*globular echinate*, ICPN 1.0), que no cubren la totalidad de su superficie también descritos como *fitolitos esféricos con ornamentación espinosa*. Atendiendo a la propuesta clasificatoria de Zucol & Brea (2005), sobre un sistema que no abandone las directrices nomenclaturales del Código Internacional de Nomenclatura Botánica, este mismo fitolito sería descrito como *Globulolithum sphaeroechinulathum*. Aunque, como ya se ha mencionado, se han detectado algunos ejemplares –que podrían pertenecer a especies distintas a *P. canariensis*– en base a algunas diferencias detectadas, y que tiene que precisamente con uno de sus rasgos más distintivos, como es la ornamentación de pequeños picos o equinada. Ya que efectivamente se observan sustanciales diferencias en cuanto a la longitud de estos pequeños picos y su densidad en la superficie de la forma globular. En todo caso puede afirmarse que las formas globulares con picos son las formas maduras de silicofitolitos de las palmeras<sup>69</sup> (Juan-Tresserras, 1997; Pinilla & Bustillo, 1997; Scott-Cummings, 1992; entre otros), pero también hemos podido localizar –en el análisis de tejidos de estas plantas– formas que no presentan ornamentación de este tipo, o al menos lo hacen de forma muy poco desarrollada.



**Figura 344** (Izqda.), Fitolito trilobulado, 600x. **Figura 345** (Drcha.), Fitolito buliforme cuneiforme asimétrico propuesto para *Phragmites australis* sp., 300x. Ambos localizados en suelo del Barranco de Guayedra.

Dentro de los parámetros diferenciadores citados, debe hacerse referencia también a la tendencia de algunos morfotipos a perder esfericidad a favor de una tendencia más alargada, que describen como “globular” Hart *et al.* (2003) en su estudio, sobre los fitolitos esferoidales, diferenciándolos de otros donde la esfericidad es más acusada y donde no obstante se mantiene la ornamentación equinada.

<sup>68</sup> Capítulo III, Elementos Microscópicos de Intervención y Capítulo Resultados 5-I, Ficha de Plantas Patronas.

<sup>69</sup> Juan-Tresserras confirma en su Tesis doctoral (1997) que entre los fitolitos observados en la palmera datilera (*Phoenix dactylifera*) se aprecian varios morfotipos, uno de ellos sin ornamentación equinada, lo cual es interpretado como una forma inmadura de este tipo de silicificación.

Lo cierto es que dicho aspecto —que podría expresarse como de *limitada multiplicidad* con respecto a un mismo morfotipo— se ha detectado tanto en los suelos de crecimiento nativo de palmeras (Palmeral del Ingenio) como cultivado (Camino Largo), lo que motivó la revisión de los datos de referencia. En las muestras, analizadas de forma experimental, de tejidos de al menos cuatro tipos de palmeras (*Phoenix canariensis*, *P. dactylifera*, *P. teofrastii* e *Hyphaene thebaica*) se detecta igualmente dicha limitada multiplicidad. En este sentido se trata de un aspecto ya oportunamente tratado en las obras de referencia, donde se afirma la presencia de tales morfotipos en todas las especies de palmeras analizadas por Scott-Cummings (1992), pero encontrando diferencias entre los presentados en el seno de la “palmera datilera” y la “palmera Doum” (*Hyphaene thebaica*) (Miller, 1992). Esta última investigadora ya cita el parámetro *densidad de ornamentación de picos* para distinguir *Hyphaene thebaica*, donde es más acusado que en la anterior. Como es de suponer, en contextos paleobotánicos de la Prehistoria de Canarias, no existe el problema de asumir la presencia de más de dos especies nativas, aunque sí que lo supondría por ejemplo a la hora de analizar suelos de referencia, ya que en la actualidad son muchas las especies cultivadas a nivel ornamental. Pero en líneas generales, y como punto de partida, la labor de estudio morfométrico debe centrarse en *P. canariensis* y *P. dactylifera*, pese a que ésta última se encontraría —en momentos de la prehistoria insular— menos representada que la primera.

Como atestigua el análisis cualitativo realizado, tendente a evidenciar el parámetro “tamaño”, las diferencias entre los mismos morfotipos, entre las dos especies del género *Phoenix* citadas, son reales, apreciándose un ligero incremento en el tamaño de *P. canariensis* con respecto a *P. dactylifera*, al igual que el parámetro “esfericidad”, es más acusado en la primera que en la segunda. Mientras que el parámetro “densidad de ornamentación de picos”, parece más propio de *P. dactylifera*, pero no exclusivo de la misma.

Lo más acertado, parece ser, plantear la presencia de ejemplares hibridados en los dos palmerales analizados, y no tanto de ejemplares aislados de *P. dactylifera*, quedando por dirimir el situado en el Barranco de Guayedra, donde los escasos ejemplares existentes parecían, tanto por sus características anatómicas como en este caso por las biomineralizaciones silíceas depositadas en su sustrato inmediato, pertenecer a la especie *P. canariensis*. Cabe pensar, por lo tanto, que a nivel cualitativo, la práctica de conocer concentraciones significativas de los morfotipos más representativos de las palmeras, en suelos donde se desarrollan en gran número de ejemplares y proximidad, ha sido completamente afortunada para acometer su posterior reconocimiento e interpretación en contextos prehistóricos.

En este sentido, las citas que parecen otorgarle, a tales formas la capacidad para perdurar en el tiempo, —como otras formas silicificadas—, parece ser igualmente la de Zucol & Brea (2005), sobre la detección de éstas en sedimentos de la *Formación Alvear* (Entre Ríos, Argentina), datada en el Pleistoceno Inferior. Pero sin duda, donde se confirma una mayor antigüedad para fitolitos semejantes es en el trabajo de Pinilla & Bustillo (1997), que los describen en suelos miocenos con silcretas (22-5Ma) de la zona perimetral del Madrid actual. Aquí sin embargo se llegó a la conclusión de que las morfologías detectadas como de palmáceas pertenecían más al palmito (*Chamaerops humilis*) que a la palmera datilera (*Phoenix dactylifera*).

Conclusión a la que llegan las autoras tras comprobar sendas diferencias en las terminaciones de la ornamentación en pico entre ambas especies, en este caso empleando microscopía electrónica (SEM), primero en muestras de referencia y luego en las mencionadas muestras miocenas.

También en contextos muy antiguos, en este caso asociados con culturas de la Prehistoria, su detección —entre otras morfologías fitolíticas— está constatada en sedimentos paleoantropológicos del Paleolítico Inferior africano (Garganta de Olduvai, Tanzania) por Albert (2006), confirmando la posibilidad de identificar Palmáceas, en este caso muy probablemente de la especie *Phoenix dactylifera*.

A nivel de estado de conservación de fitolitos, estamos ante un ejemplo claro de dos grados en el mismo, aspecto que no obstante queda pendiente por desvincular del parámetro *multiplicidad*, al menos en el caso de los fitolitos de palmeras. Ya que mientras que buena parte del registro de estos no presenta rasgos de disolución, otra parte es casi irreconocible, debido a la falta casi total de ornamentación, aspecto en el que, como decimos, habría que profundizar para desvincularlo del mencionado parámetro, en este caso conociendo perfectamente las características —preferentemente al microscopio electrónico— de la tipología esférica/globular equinada (*globular echinate*) para con la esférico/globular lisa (*globular psilate*). En todo caso, aun con dicha problemática, creemos haber detectado ejemplares de ambos tipos donde se aprecian los síntomas asociados a un proceso de disolución de SiO<sub>2</sub>, con pérdida de parte de su superficie, que presenta un aspecto degradado, o con los hoyuelos característicos del mismo.

#### **Resultados del análisis cuantitativo.**

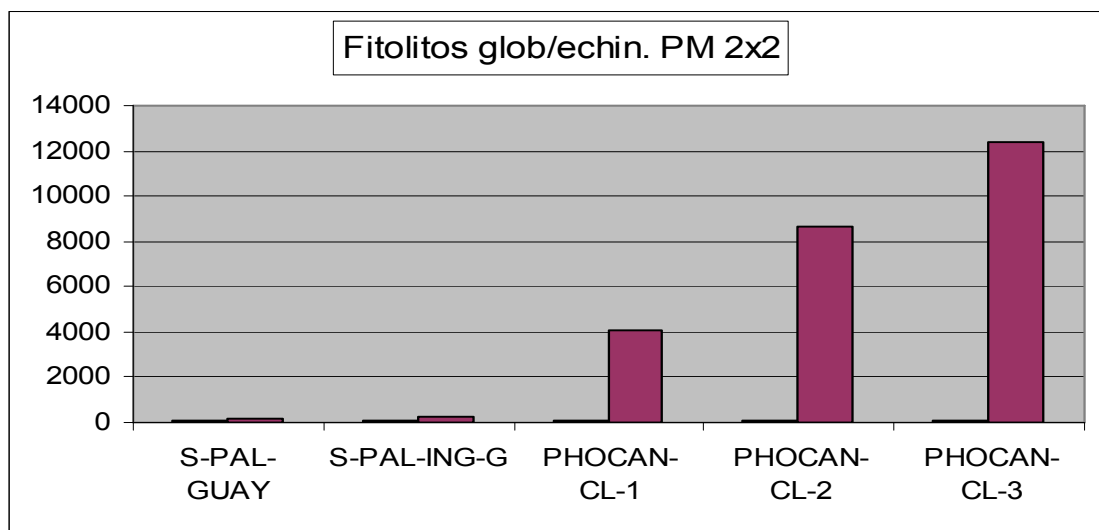
Los análisis llevados a cabo sobre horizontes superficiales, de suelos ocupados por palmeras, han revelado la presencia de morfotipos globulares con picos (*globular echinate*, ICPN 1.0) en todos ellos, aunque en diferente concentración y grado de preservación, pero que se consolidan como la biomineralización silíceas más común. Su detección en muestras provenientes de algunas zonas, donde *Phoenix canariensis* se desarrolla de forma silvestre —pero con matices en cuanto a su explotación o afectación antrópica—, como el valle de El Ingenio (Vallehermoso, La Gomera) o el Barranco de Guayedra (Agaete, Gran Canaria), ha sido un ejemplo claro de cómo los tejidos de esta planta, en su disgregación natural, diseminan una importante cantidad de tales silicificaciones en suelos y sedimentos, siendo especialmente detectables en sus horizontes edáficos superficiales (A).

Igualmente importante ha sido contar con la referencia, cualitativa pero especialmente cuantitativa, de suelos de zonas ajardinadas con palmeras, siendo en éste el caso del *Camino Largo*, en la ciudad de La Laguna. Aquí, las concentraciones de tales formas microscópicas debían ser muy altas, dada la antigüedad de éste palmeral longitudinal, que se desarrolla a ambos lados del mencionado paseo. Dicha hipótesis ha resultado totalmente acertada, al comprobar altas concentraciones, de tales morfotipos, en todas las muestras analizadas, aunque con sustanciales variaciones apreciables.

El cómputo total de morfotipos en preparación microscópica<sup>70</sup> (2x2) obtiene su mínimo en el palmeral del Barranco de Guayedra (204 ejemplares), seguida de cerca por la muestra correspondiente al palmeral de El Ingenio (Vallehermoso), con 245 ejemplares<sup>71</sup>. A notable diferencia se encuentra el máximo de los mismos, que aparece representado en la muestra N°3 del Camino Largo con 6.212 ejemplares, mientras que con menos abundancia aparecen los puntos 1 y 2, con 2.030 y 4.331 ejemplares respectivamente (Gráfico 25). Como puede observarse existe una gran diferencia entre los registros superficiales de los palmerales, digamos naturales, con los detectados en el palmeral del Camino Largo. Diferencia que sin duda está relacionada con la naturaleza de los ejemplares de palmera, la concentración de estos y el manejo a que están sometidos uno u otro espacio.

Aunque por el momento no disponemos de datos para comparar la producción de fitolitos de palmera en las varias zonas de sus tejidos aéreos donde se desarrollan, la impresión ofrecida tras el análisis de los foliares y los correspondientes a los frutos, es que en los primeros donde se produce una mayor concentración. Sin embargo, el desconocimiento de la prácticas de corte silvícola y la observación de campo desarrollada sobre los puntos muestreados, parece orientar la explicación de tal hecho hacia dichas prácticas y la naturaleza de cada una de ellas.

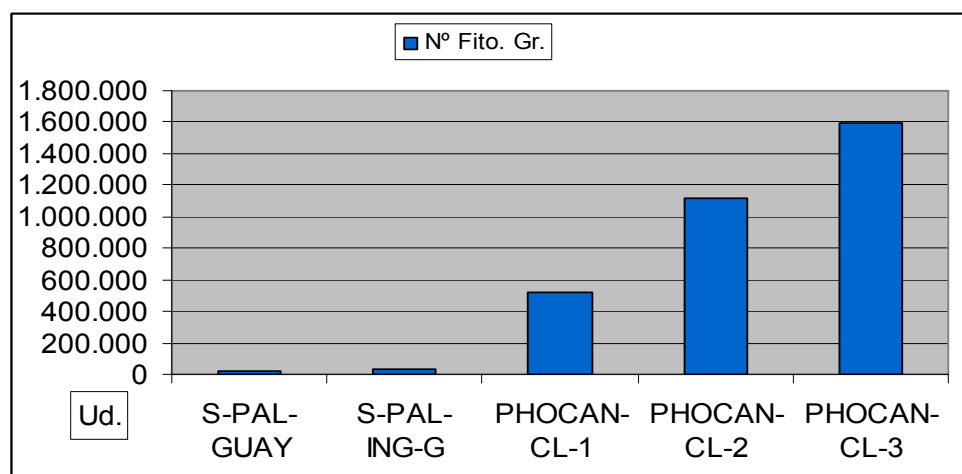
Sin duda los suelos ajardinados de El Camino Largo reciben una concentración mayor de tejidos de los frutos de *Phoenix canariensis* y algunos de los ejemplares hibridados con *P. dactylifera* presentes en el conjunto. Esta concentración llega a acumularse en varios centímetros de espesor, antes de que sea retirada durante las tareas de mantenimiento. Por el contrario, los tejidos foliares son rápidamente retirados, lo que impide que lleguen a desintegrarse en los suelos de la base de las plantas.



**Gráfico 25,** Cuantitativo relativo de fitolitos globulares equinados en suelos con desarrollo de *Phoenix canariensis*.

<sup>70</sup> Confeccionadas con alícuotas de 500 µl extraídos desde 40 ml. en número de dos preparaciones, siendo por tanto el volumen total analizado de 1000 µl.

Si bien estos son los valores observados en preparación, la necesaria extrapolación, al gramo de muestra de suelo tratado en laboratorio, ofrece diferencias aun mayores, ya que mientras las muestras con menor concentración, de morfotipos globulares equinados que, aunque asciende a más de 20.000 ejemplares, en el caso de los suelos del Camino Largo, superan el 1.000.000, al menos en dos muestras (N° 2 y 3), acercándose al 1.600.000 ejemplares en el último caso (**Gráfico 26**). La primera lectura al respecto de la significación de tales diferencias viene dada, en primer lugar, por las existentes en cuanto al número de ejemplares de plantas productoras, contextuales a la muestra, y por otro lado, las actividades antrópicas asociadas a las mismas. La concentración de ejemplares parece aquí un factor clave, explicado en la observación del tipo de palmeral muestreado. Pero también es posible que no podamos averiguar finalmente la causa del bajo porcentaje localizado en los palmerales de Guayedra y El Ingenio. Y esto deriva de que muy probablemente, en ambos se utilizaran –con más probabilidad en el segundo dada su amplitud–, los tejidos secos de las hojas, los más abundantes de forma natural después de los frutos, con fines relacionados con actividades domésticas como la alimentación de estructuras de combustión. Los ejemplares, en el caso del Barranco de Guayedra se restringen a 200 ejemplares por preparación, lo cual es una concentración muy baja que sin duda está asociada a procesos que deben estudiarse en profundidad.



**Gráfico 26**, Comparativo de fitolitos globulares equinados, por gramo de muestra, en los suelos de referencia. J.A.

Aunque es cierto que la acumulación de tejidos es, en la actualidad, muy abundante, probablemente ésta se deba al abandono de las prácticas agrícolas, especialmente la vinculada, como en este caso, a la limpieza de cauces, de donde se tomaba agua para el riego y los ganados.

Otras cuestiones que tendrían que ver con las concentraciones diferenciales, atienden a aspectos como la zona de la planta a la que pertenecen los fitolitos detectados, y que sin duda colabora también en las diferencias (morfología y ornamentación) observadas entre ellos. Mientras que en los palmerales –llamemos “naturales”– de Guayedra y El Ingenio la acumulación podría hacerse tanto de hojas como de frutos y corteza, en el Camino Largo la acumulación sin duda obedece más a los frutos, ya que el

resto de tejidos secos son retirados antes de que se produzca su desintegración natural.

El parámetro de la pendiente y la circulación hídrica se encuentran ambos relacionados con el paisaje de barranco húmedo de Canarias. Mientras que el primero podría determinar una migración, en sentido de la pendiente, de tejidos y partículas finas, el siguiente estaría relacionado con la cercanía al cauce. En la mayoría de barrancos observados, su lecho está formado por un nivel rocoso masivo donde pueden disponerse paquetes sedimentarios en función de la morfología del cauce. Muy probablemente dichos paquetes se encuentran expuestos a avenidas de especial potencia hídrica, resultando completa o parcialmente eliminados por la fuerza de la corriente. Siendo depositados en otra zona de la cuenca, en función de la pendiente y el flujo hídrico, y en el mejor de los casos –desde una perspectiva sedimentológica– al final de ésta, en la propia costa, donde intervienen de nuevo otros factores condicionantes del ambiente sedimentario. Con todo ello es de suponer que los paquetes sedimentarios que contienen los fitolitos de palmeras situadas en las laderas y cauces de dichos barrancos, puedan ser localizados en parte en su fondo y otro tanto, quizá en columnas sedimentarias menos alteradas y potentes, al final de los mismos.

También deben interpretarse someramente las diferencias detectadas en las muestras del Camino Largo, que como puede observarse, varían sustancialmente en función de la zona de éste. Cabe señalar que las concentraciones de fitolitos globulares equinados aumentan en dirección N-NE y especialmente en la muestra denominada PHOCAN-CL-3. Precisamente es en esta muestra donde se detectan también fitolitos de una gramínea *Arundinoideae* como podría ser *Arundo donax*. Pero el matiz de la alta concentración de fitolitos de palmeras, con respecto a los anteriores puntos, podría venir del propio entorno donde se sitúa el mencionado punto. Y es que se trata de uno de los últimos tramos del Camino Largo donde aun no se ha llevado a cabo urbanización, con levantamiento de edificaciones, incluso puede apreciarse aun restos de los antiguos muros medianeros de huertas históricas, de piedra seca y escasa altura. Tras dichos muros existe aun una vegetación “silvestre” de cañas y palmeras, densa pero de escasa extensión. Las características de esta zona, claramente fuera del estricto control de las situadas en dirección Sur-Suroeste, parecen ofrecer un ambiente más propicio para que los restos vegetales puedan resultar degradados *in situ*. Pudiendo colaborar, en las altas concentraciones de fitolitos de palmeras, el hecho de que exista mayor número de ejemplares por metro cuadrado que en la zona del Camino Largo, donde éstos se encuentran perfectamente separados unos de otros ( $\pm 5$  metros). Las muestras PHOCAN-CL-1 y 2 corresponden a esas zonas del Camino Largo, donde existe mayor grado de edificación y urbanización, también del sellado del suelo de rodadura mediante adoquinado.

Sin duda se trata de parámetros muy vinculados al propio mecanismo de depósito de fitolitos de palmeras en el sustrato edáfico, proceso que muy probablemente se relaciona directamente con el número de plantas existentes por metro cuadrado, así como con el manejo de las zonas donde se encuentran.



**Valoración del estudio experimental de suelos ocupados por *Phoenix canariensis*.**

La valoración final, del estudio realizado sobre muestras superficiales de suelos donde se desarrolla en la actualidad la palmera *Phoenix canariensis*, retoma varios temas al respecto de la vegetación potencial como de su estudio a través de un análisis de fitolitos. La primera matización es que igualmente aparece asociada, pero a ejemplares hibridados con *P. dactylifera*, lo cual no ha sido obstáculo –sino todo lo contrario– y nos ha permitido contar con un fundamental elemento de referencia. Los aspectos sobresalientes de dicho estudio son especialmente los que atañen a la posibilidad de definir criterios cuantitativos con respecto a las concentraciones de los morfotipos fitolíticos más comunes en estas plantas, como son los ya mencionados globulares/esféricos equinados o con ornamentación de pequeños salientes, o picos, apuntados (*globular/spheric echinate*, ICPN 1.0). Una tipología de fitolito que se deposita y conserva en los suelos bajo la misma forma que presentaba en su situación primaria original, entre los tejidos de la planta (**Figura 346**). Dicho criterio nos permite percibir las concentraciones de dichos morfotipos por gramo de muestra de suelo, presentando además la posibilidad de valorar dichas concentraciones en relación con las partículas minerales presentes en las muestras, que partiendo de la teoría del método empleado para el tratamiento de las mismas solamente están constituidas por limos y arenas finas. Tales concentraciones ratifican, en la totalidad de los casos, la presencia mayoritaria de los morfotipos propios de *Palmaceae*, lo cual confirma la idoneidad de la zona seleccionada para llevar a cabo los muestreos.

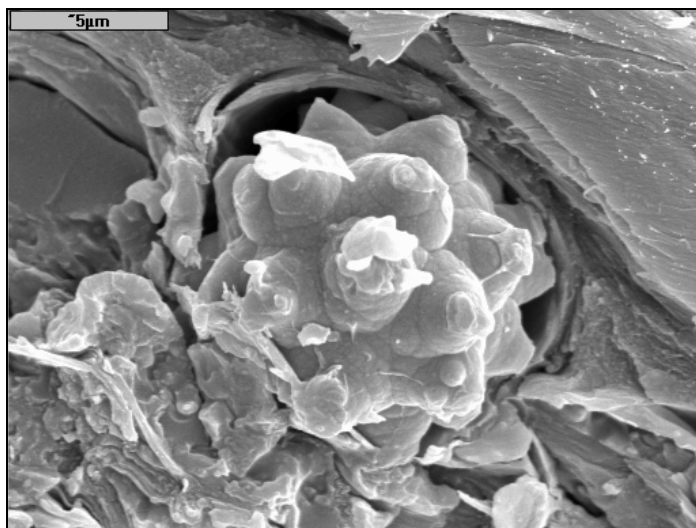
Salvo en dos de los casos, como en parte del Camino Largo y Barranco de Guayedra, donde se contemplaba la posibilidad de observar silicofitolitos propios de otros grupos vegetales, los restos de la vegetación más representativa –con producción de silicificaciones de diagnóstico– son las palmeras. En el otro caso, donde puede hablarse de grupos botánicos diferentes, es la familia *Poaceae* la que se encuentra representada por morfotipos característicos, en concreto –dentro de los de mayor definición taxonómica– los asociados a las subfamilias *Panicoideae* y *Arundinoideae*.

Igualmente en algunas muestras donde es incuestionable la presencia de fitolitos de palmeras, aparecen indicios de formas asociadas a la producción fitolítica de pteridofitos como *Pteridium aquilinum*, especie no presente en la actualidad en ninguna de las muestras analizadas. Se trata en todo caso de formas presentes en su rizoma y que hacen referencia a suelos que en algún momento perdieron su vegetación potencial, siendo colonizados por esta especie, caracterizada de forma común por comportarse de forma oportunista, especialmente cuando desaparece la cubierta arbórea o arbustiva de una determinada formación vegetal.

La conjunción de datos cualitativos con cuantitativos parecen confirmar la dominancia de palmeras en las zonas muestreadas, aunque igualmente apuntando a su no-exclusividad, criterio que habría que comprobar con estudios estratigráficos en cada una de ellas, ya que nuestros datos únicamente se refieren a los registros microfósiles existentes en los primeros 5 cm. de suelo. En todo caso las biomineralizaciones dominantes, en dichas

capas, son las aportadas por los tejidos de palmeras que en su desintegración diseminan las formas fitolíticas características de estas por el sustrato. Siendo este aspecto de vital importancia para el estudio de suelos y sedimentos donde se localicen, sin haber en este caso ejemplares vegetales productores de los mismos, morfotipos similares. Debe entenderse que las concentraciones localizadas permiten vislumbrar un modelo microfósil de referencia de rango máximo, en términos cuantitativos, ya que los sustratos muestreados debían, por necesidad, mostrar una alta concentración en aquellas formas propias de las plantas que se desarrollan en ellos, casi de forma exclusiva.

En todas las muestras dicha exclusividad es cierta, seguida de la protagonizada —de forma mucho menos acusada—, por grupos vegetales que como las gramíneas y los helechos pudieron ocupar en el pasado el mismo sustrato ocupado hoy mayoritariamente por palmeras. Obviamente la zona más muestreada es la que nos ofrece una perspectiva más completa de los “acontecimientos vegetales” producidos en los suelos, hoy convertidos en paseo urbano. Es por ello que el Camino Largo nos revela que en los espacios de suelo no-sellado mediante asfaltado, se encuentra un rico depósito de silicificaciones propias de palmeras, pero la evidencia de vegetación herbácea —en algunos casos de especies no comestibles, pero de otras que sí lo pueden ser—, parece indicar la eventualidad cronológica y espacial de este palmeral, manifestando usos anteriores de los suelos, incluso su no-uso, como atestigua la presencia de silicofitolitos de relictiva vegetación hidrófila. En todo caso, sería más que interesante la realización de un sondeo en profundidad en la zona, con fines exclusivamente paleobotánicos y arqueobotánicos, que permitiría confirmar los límites espaciales y temporales de los fitolitos que nos sirven para el estudio de *Phoenix canariensis* en la secuencia estratigráfica del lugar.



**Figura 346,** Fitolito de *Phoenix canariensis*, aun en posición anatómica en el tejido de sus hojas. SEM (ULL), J.L./J.A

### Suelos naturales con aportes antrópicos de tejidos de palmera: el caso arqueológico de Las Cañadas del Teide.

No cabe duda de que la práctica iniciada por investigadores de microalgas y que Sandgren *et al.* (1995) designarán como *training sets*, resulta como mínimo de alta rentabilidad científica, especialmente en contraposición con su bajo coste en medios técnicos y cuando se pretende conocer asociaciones y conjuntos, de un determinado tipo de microfósiles vegetales, en un determinado contexto. Y esto ocurre, como hemos comprobado de forma extensa e intensa, también con determinados tipos de fitolitos, sobre todo con aquellos que, como los de palmeras, están presentes no sólo en contextos donde existen aún ejemplares de la planta, en las inmediaciones actuales, sino además donde esto no ocurre. Desde esa perspectiva el estudio superficial de suelos comienza a mostrarnos una información no-actual, entendiéndolo como tal de hasta unas pocas décadas atrás.

A ese efecto de encontrar fitolitos de palmeras dispersos, entre las casi siempre más abundantes partículas de arena o limos, colabora sin dudas en las propias características de los mismos: un tamaño que escasamente supera el límite superior de los limos medios (20-8  $\mu\text{m}$ ), morfología de tendencia esférica-globular y densidad propia de su naturaleza altamente silicificada. Con tales parámetros el proceso de dispersión producido tras la desintegración de la matriz vegetal que los contiene, puede ser muy acentuado. Primeramente el tamaño, que facilita tanto su inserción en las corrientes atmosféricas como otra partícula de limo más, y una morfología que también lo hace en cuestión de comportarse dinámicamente, a efectos de transporte a ras de suelo, cuando éste se ve sometido a los efectos de arroyada y erosión eólica.

Pese a que algunos de los registros de fitolitos localizados, mediante prácticas experimentales, en muestras de suelos antropizados, podrían calificarse como evidencias hasta cierto punto arqueológicas, si asumimos que las palmeras plantadas con uno u otro fin derivan de un determinado proceso histórico, lo cierto es que solamente cuando éste está asociado a determinadas prácticas económicas (sin descartar otras) puede calificarse como claramente arqueológico. El ejemplo de mínimos registros de fitolitos de palmeras, en sedimentos superficiales de varios yacimientos históricos de Las Cañadas del Teide, ratifica el potencial explicativo de estos cuerpos microscópicos, pero sobre todo los desarrollados por *Phoenix canariensis*. Obviamente desde ningún punto de vista se plantea el desarrollo de esta especie —de forma natural y ni siquiera ajardinada— en las zonas situadas hoy a una cota de  $\pm 2.000$  m.s.n.m., lo cual confirma su llegada desde zonas bajas por determinadas prácticas antrópicas. Y las bajas concentraciones —en preparación microscópica y peso de partida— tampoco reflejan un patrón de deposición elevado, fruto de la desintegración de grandes cantidades de materia vegetal, sino todo lo contrario. Sin embargo, la talla de alguno de esos aislados ejemplos ronda las 20  $\mu\text{m}$ , valor que sólo alcanzan los morfotipos fitolíticos desarrollado en los troncos maduros de *Phoenix canariensis*<sup>72</sup>.

---

<sup>72</sup> Si relacionamos este dato con los obtenidos en el estudio morfométrico del fragmento localizado en otro asiento de colmenas, se concluye que los rangos de tamaño son más que similares. De confirmarse la hipótesis de que los fitolitos localizados derivan del empleo de industrias vegetales (corchos de colmenas),

La naturaleza de estas actividades ya ha sido relacionada con la práctica apícola (Afonso, 2008b), dado que en el transcurso de las prospecciones arqueológicas del Parque Nacional del Teide se localizaron industrias vegetales relacionadas con la misma. El tratamiento y análisis microscópico de un fragmento de tales industrias corroboró que estábamos ante elementos confeccionados con las partes más fibrosas y densas de los troncos de palmera, y muy probablemente de *Phoenix canariensis* (Afonso, 2008b).

Pero la constatación de que tales elementos podrían dejar evidencias microscópicas, en forma de fitolitos, en los suelos de al menos dos de estos enclaves llegó con el análisis microscópico de los mismos.

Efectivamente se localizaron fitolitos esférico-globulares equinados de 19,3 y 13,5  $\mu\text{m}$ , junto con otros tipos de silicificaciones, insertas todas en la matriz edáfica de al menos dos zonas de asientos de colmenas (**Figura 349**). Aunque en extremadamente bajas concentraciones<sup>73</sup>, este hallazgo parecía confirmar que el registro arqueológico vinculado a las prácticas apícolas no se limitaba a un componente macroscópico, sino que habría tenido una repercusión sobre los conjuntos microscópicos presentes en los suelos locales por deposición natural. Si unimos la baja concentración de fitolitos esféricos/globulares equinados presentes en los tejidos fibrosos de la palmera con respecto a los foliares, la hipótesis cobra mayor veracidad: la dispersión de bajas concentraciones de fitolitos en un suelo natural, tan dinámico como el de Las Cañadas del Teide, se traduciría en su baja concentración en los cómputos microscópicos.

Las características del muestreo superficial impiden conocer hasta qué profundidad se localizaban este tipo de fitolitos, que sin duda asociamos a prácticas antrópicas de época histórica. En todo caso el hecho constatado de localizarlos en los primeros centímetros de suelo, en un entorno caracterizado por la escasez de plantas productoras de silicofitolitos supone —a nuestro entender— un ejercicio analítico pero también interpretativo, que confirma su valor como método arqueológico de evaluación de ese propio rango. En todo caso el contexto inmediato no puede calificarse en la actualidad como propio del desarrollo de palmeras, debiendo recorrer muchos kilómetros a la redonda y especialmente en sentido altitudinal para encontrar algún ejemplar silvestre de las mismas.

Ratificando la llegada de elementos vegetales foráneos a esta zona limítrofe de Las Cañadas, con las que convergen hacia cotas ostensiblemente

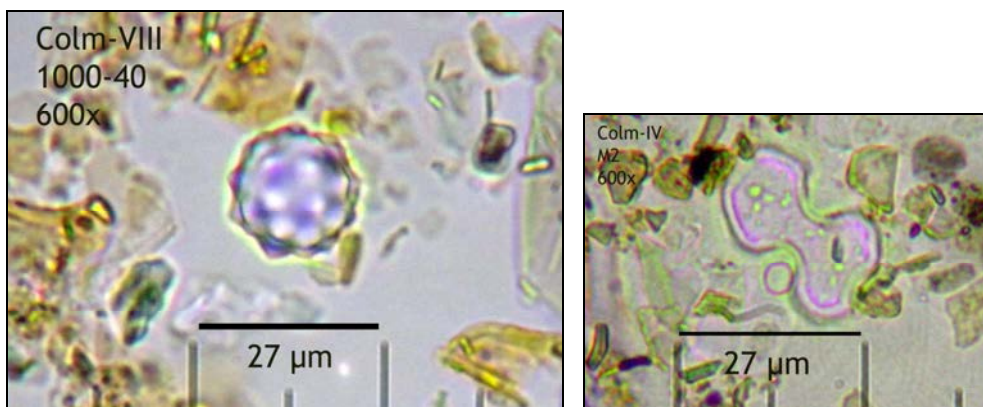
---

estaríamos ante una evidencia más de este hecho. Las huellas de combustión en los extremos de dichas industrias —fragmentos rectangulares de tejido vegetal— indican su contacto con el fuego, acción que podría motivar la liberación, en forma de ceniza, de los fitolitos presentes en dichos fragmentos.

<sup>73</sup> Como es de suponer la primera impresión sobre la presencia de este tipo de fitolitos en un contexto tan poco usual, fue asociada a contaminación de las muestras. Pero finalmente, todas las evidencias observadas, tanto las de tipo arqueológico directo (prospecciones) como las detectadas microscópicamente en el resto de muestras obtenidas, confirmaron que al menos en dos puntos de la zona del Lomo de Chío —separados entre sí— existían fitolitos de palmera en el sedimento superficial. Una de ellas, sin más rastro que un rellano situado bajo un somero escarpe rocoso, donde compartieron alimentos los integrantes del equipo de prospección (Carlos García, Sergio Baucells, Alejandro Gámez y el autor), resultó contener fitolitos de este tipo.

más bajas del suroeste de Tenerife, de nuevo localizamos evidencias –en forma de fitolitos– de plantas inicialmente ajenas a los ecosistemas de la alta montaña de la Isla. Y de nuevo –también sorprendentemente– mediante morfologías asociadas a especies un grupo vegetal concreto: gramíneas de las subfamilias *Panicoideae* o *Arundinoideae*. Bajo la forma de fitolitos de células cortas bilobuladas (*bilobate short cells phytoliths*, ICPN 1.0) detectamos, en los mismos sedimentos de asientos de colmenas, evidencias de plantas para las que no disponemos de referencias en los catálogos florísticos actuales más completos (Wildpret & Martín, 2000), o no al menos tras cotejar éstos con los datos referentes a las familias botánicas y sus respectivos taxones representados en Las Cañadas del Teide<sup>74</sup>.

En este caso, como ocurre en las zonas de muestreo situadas en cotas sensiblemente más bajas, como las de costa (Barranco de Guayedra) y medianías (Camino Largo), de nuevo aparecen en escena gramíneas de subfamilias no-representadas en la flora de alta montaña de Tenerife. Que como ya hemos mencionado para la familia *Panicoideae* quedan descartadas de los inventarios florísticos actuales, para en su lugar percibir la dominancia de la subfamilia *Pooideae* seguida, a mucha distancia, por *Chloridoideae*. En algunos casos se trata de células de muy pequeño tamaño (<20 µm) en su eje longitudinal, pero en otros las superan ampliamente, guardando además similitud en la distribución de sus dos lóbulos, los márgenes de éstos y la anchura del vástago central que les une con gramíneas *Panicoideae* o *Arundinoideae* (Figura 348). Sin que podamos por el momento aventurar una lectura de afinidad taxonómica más amplia, planteamos que en principio –dado que se trata de sedimentos superficiales<sup>75</sup>– podrían representar plantas propias de cotas más bajas, cuyo uso trascendiera las mismas por ser empleadas en industrias asociadas a la práctica apícola histórica.

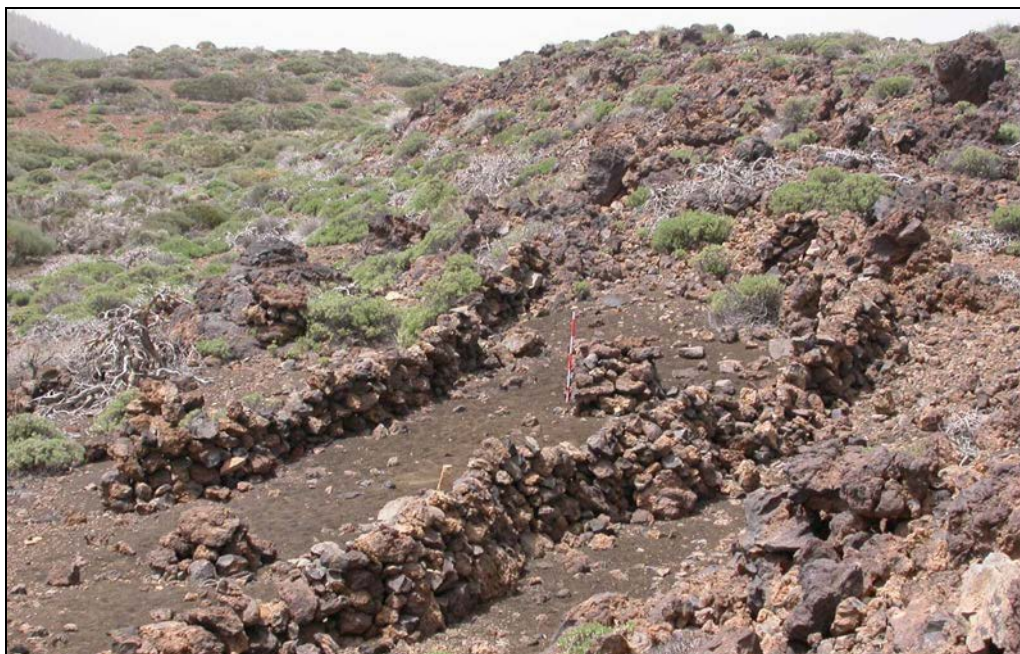


**Figura 347** (Izqda.), Fitolito de palmácea en el sedimento superficial de una de las zonas de asientos de colmenas. **Figura 348** (Drcha.), Fitolito bilobulado propio de gramíneas *Panicoideae* (entre otras). Obsérvese la coloración clara de las partículas minerales, propia del sustrato de lapillis de las zonas muestreadas. 600x. J.A.

<sup>74</sup> Ver Capítulo 2, Contexto medioambiental y arqueológico de intervención.

<sup>75</sup> Del mismo modo creemos que deben entenderse como asociados a cronologías históricas.

Desde el planteamiento de la *Historia de un lugar* y la entidad de los fitolitos generados por *Phoenix canariensis*, el localizarlos en un entorno de alta montaña, donde por el momento resulta impensable el desarrollo natural de esta planta, nos muestra la antropización de un entorno de modo sistemático, con modificación del espacio (geográfico, edáfico, vegetal) e introducción de elementos propios (proceder y materiales) de una determinada percepción de un tiempo y un proceso histórico dado.



**Figura 349**, Panorámica del yacimiento de *Los Colmeneros*. J.A., las muestras analizadas fueron tomadas en la zona central, cubierta de *lapilli*. J.A.

Pero sobre todo nos confirma que existen evidencias, en este caso de *Phoenix canariensis*, que quedarán por muchos siglos insertas en un medio donde no son originarias, en el que se constituyen como un claro ejemplo de proceso de deposición de materia vegetal por actividades antrópicas, cuyas causas responden a concretos aspectos de una determinada secuencia histórica. Del mismo modo, cualquier contexto edáfico o sedimentario no-antropizado –imagínese de gran antigüedad– podrá albergar fitolitos de esta planta y mostrarnos un camino –pese a que no queden signos palpables de la misma– para desvelar su origen y cronología. Invitándonos entonces a descifrar el contenido de suelos y sedimentos situados en contextos donde no esperamos contar con la presencia de palmeras (o de sus restos), proceso, acontecer, para el cual nos ha parecido oportuno retomar una expresión literaria como la de decodificar *un mensaje para la eternidad*, el cual vendría definido, en este caso, mediante el hallazgo y reconocimiento de fitolitos de palmeras en “contextos inusuales”. Todo lo cual parece permitir orientar –desde este tipo de evidencias– tanto la investigación arqueológica, edáfica como paleontológica hacia periodos muy antiguos<sup>76</sup>, e incluso plantear una

<sup>76</sup> Como queda suficientemente atestiguado en otros contextos geográficos en la Historia de la Investigación de Fitólitos. Entre otras obras quizás aquí también sea oportuna la referencia a la obra monográfica de Dolores Piperno *Phytoliths...* (2006).

hipótesis con proyección de el futuro, la de que dentro de miles de años, en los ambientes sedimentarios y edáficos, que se están generando en la actualidad en Canarias, se localicen fitolitos de palmeras en contextos donde, por una causa o por otra, éstas ya no estén presentes.

## INDICE DE CONTENIDOS

### —Volumen II—

### **Resultados 5-II:**

Página 535

Verificación del método de cuantificación de microfósiles: el ejemplo de La Cerera .....	536
Verificación del método de cuantificación: objetivos .....	536
Microfósiles considerados en la verificación del método .....	536
Resultados del cómputo general.....	538
Cálculo de microfósiles por gramo de muestra .....	541
Conclusiones sobre la verificación del método de cuantificación .....	544
Caracterización de sedimentos de La Cerera desde su tratamiento y contenidos en microfósiles vegetales .....	544
Sedimentos, suelos y microfósiles vegetales en Arucas .....	544
Suelos de la zona de Arucas: el soporte agrícola de La Cerera .....	550
Sedimentos arqueológicos de La Cerera.....	554
Estimación de contenidos en Materia orgánica y registro microfósil .....	554
Materia orgánica y registro microfósil .....	558
Presencia y contenidos en carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ) .....	552
Granulometría de las muestras de sedimento arqueológico .....	556
Arcillas .....	565
Limos (fracción 50-2 $\mu\text{m}$ ).....	574
Arenas 200-50 $\mu\text{m}$ .....	580
Restos microscópicos con otra filiación biológica .....	586
Microfragmentos óseos .....	586
Microfragmentos de epidermis vegetales .....	588
Agregados amiláceo-arcillosos .....	589
Microcarbones.....	592
Arenas >200 $\mu\text{m}$ .....	592
Sedimentos de estructura de combustión (UME 20 C3) .....	593
% $\text{CaCO}_3$ en sedimentos.....	595
Otros elementos microscópicos de la estructura UME-20, C3 .....	597
Procesos de disolución de $\text{SiO}_2$ asociados al paleoambiente sedimentario y cambios en la reacción del suelo (pH) .....	599
Pruebas e inferencias finales al respecto de la reacción del sedimento de La Cerera .....	605
Cambios paleoambientales del holoceno reciente, aspectos sedimentológicos y microfósiles: microarqueología en La Cerera .....	607
Cambios globales y locales: paleoclima en La Cerera .....	608
Granulometría de sedimentos y aspectos paleoambientales .....	611
Evidencias de afectación hídrica en el sedimento: el registro de microalgas silíceas.....	612
Otros referentes paleoclimáticos: fitolitos de células cortas .....	615



Conclusiones sobre el estudio parcial de los sedimentos de La Cerera .....	622
Registro microfósil de La Cerera: Cualitativo y Cuantitativo .....	622
Aspectos previos .....	622
Objetivos arqueobotánicos: conjuntos de microfósiles por grupos vegetales..	624
Análisis microfósil de la secuencia estratigráfica del Corte-2 .....	627
Cualitativo y cuantitativo parcial de los grupos detectados .....	628
Con respecto al nivel CE-2.1 .....	628
Registro microfósil desde CE-2.2a .....	628
Representatividad microfósil del nivel CE-2.2a en la secuencia global de La Cerera .....	629
Células largas con ornamentación equinada o dendriformes.....	630
Índices de fragmentación: procesos tafonómicos/afectación metodológica....	633
Propuesta de cuantificación de células largas equinadas .....	634
Esqueletos silíceos de células largas equinadas y dendriformes .....	636
Conclusiones arqueobotánicas sobre células largas equinadas y esqueletos silíceos.....	637
Células buliformes cuneiformes .....	638
Células cortas bilobuladas y trilobuladas .....	641
Cuantificación de células cortas bilobuladas .....	642
Células cortas trapeziformes .....	643
Células cortas tipo cónicas o tipo rondel .....	643
Células cortas cónicas con base polilobulada de márgenes sinuosos .....	644
Fitolitos globulares/esféricos con ornamentación equinada .....	646
Apéndices epidérmicos/Tricomas/pelos silicificados .....	647
Tricomas no- <i>Poaceae</i> .....	647
Apéndices epidérmicos <i>Poaceae</i> .....	648
Elementos traqueales del xilema o de los vasos conductores .....	649
Fitolitos de células poligonales y bases de tricomas .....	651
Microalgas .....	651
Diatomeas .....	651
Crisofitas .....	652
Células largas de sección circular y ornamentación de puntuaciones .....	655
Particularidades del registro microfósil de CE-2.2b .....	655
Silicofitolitos de células buliformes .....	655
Espículas de esponjas .....	655
Particularidades del nivel CE-2.2 C .....	657
Fitolitos de células bilobuladas y tipo <i>chloridoideae</i> .....	657
Agregados amiláceo-arcillosos o de esferulitas .....	658
Relación entre fitolitos <i>Poaceae</i> y microalgas .....	659
Indicios de disolución de SiO <sub>2</sub> .....	659
Fitolitos de células largas y sección triangular .....	660
Particularidades en el registro de CE-2.5 .....	661

Particularidades en el registro de CE-2.8 .....	661
Microalgas: lecturas generales sobre el registro de diatomeas y crisofitas ....	664
Diatomeas .....	665
Relación entre Quistes de crisofitas y Valvas de diatomeas .....	666
Relación entre crisofitas, diatomeas y fitolitos de palmáceas .....	667
Los fitolitos de palmeras .....	673
Registro microfósil en sedimento de estructura de combustión (UME20, C3, sedimento gris) .....	673
Otras particularidades en células buliformes cuneiformes de CE-2.8 .....	674
Formas fitolíticas asociadas a ciperáceas ( <i>Cyperaceae</i> ) .....	674
Conclusiones de las analíticas de microfósiles de La Cerera .....	676
El ambiente vegetal de La Cerera desde su registro microfósil .....	676
Gramíneas .....	676
Palmeras .....	677
Flora arbórea .....	678
Pteridofitos .....	678
Sobre carrizos y cañaverales: su identificación y diferenciación fitolítica en contextos arqueológicos y edáficos .....	679
Las diferencias ecológicas indicadas por <i>Phragmites australis</i> y <i>Arundo</i> .....	689
Carrizos y cañas en la Prehistoria: constatación de su presencia en contextos arqueológicos y su inserción en lecturas arqueobotánicas .....	695
Microscopía biomineral de la caña y el carrizo .....	696
Fitolitos de Células buliformes <i>Arc:Triangle</i> , ejes de simetría y otros fitolitos: buscando definir diferencias sobre los cañaverales .....	697
Fitolitos de células buliformes: propuesta de estudio arqueobotánico desde el ejemplo de El Llanillo (Arguineguín, Gran Canaria) .....	700
Fitolitos buliformes en contextos arqueológicos: antecedentes .....	704
Propuesta para el estudio fitolitos buliformes cuneiformes .....	708
Registro de células buliformes arqueológicas en El Llanillo: de aproximación metodológica a la investigación arqueobotánica global .....	710
Antecedentes y cuestiones previas .....	711
Descubriendo los fitolitos de células buliformes en plantas de Canarias .....	714
Plantas de las Islas Canarias productoras de fitolitos de células buliformes ...	718
Las fuentes etnohistóricas canarias y su aportación documental .....	722
Plantas analizadas para el seguimiento de fitolitos buliformes cuneiformes ...	724
Características del muestreo arqueológico de El Llanillo .....	728
Técnicas de extracción y observación analítica .....	730
Resultados: aspectos cualitativos y morfométricos de los taxones referenciales .....	732
Parámetros de diferenciación morfológica: ejes de simetría de las células buliformes cuneiformes .....	733
Características básicas del sustrato sedimentario portante .....	736
Cuantificación preliminar de fitolitos de células buliformes en El Llanillo-03 ...	738

Resultados a nivel morfométrico .....	740
Resultados indicados por el análisis cluster preliminar .....	744
Fitolitos de células buliformes desde la estadística: aplicaciones a muestras patrones, arqueológicas y edáficas .....	746
Criterios de aplicación y análisis exploratorio .....	746
Análisis discriminante .....	751
Conclusiones y discusión .....	757
Análisis exploratorio .....	757
Análisis discriminante .....	757
Muestras patrones y muestras-problema .....	758
Muestras patrones .....	760

### **Resultados 5-III:**

Página 762

Sedimentos, suelos y microfósiles de zonas húmedas en Las Cañadas del Teide: su papel en el estudio de los recursos hídricos en la Prehistoria de Tene .....	763
Planteamientos previos: Tras las huellas del agua .....	763
Sedimentos, microfósiles y recursos hídricos .....	766
Muestreos de sedimento y registros de microalgas .....	766
Registros de microalgas de Las Cañadas y La Cerera (Gran Canaria) .....	771
Sedimentos de zonas húmedas: la globalidad de una tipología .....	772
Antecedentes para la contextualización de los puntos húmedos .....	775
Fuentes y vegetación hidrófila de Las Cañadas .....	777
Los "Puntos Húmedos Altos" .....	782
El agua en Las Cañadas como formador de biotopos vegetales .....	783
Sedimentos acuáticos, microalgas y flora hidrófila .....	786
Los datos aportados por las tareas de campo .....	790
Resultados de las primeras pruebas experimentales con sedimentos de puntos húmedos .....	793
Limos biogénicos .....	794
Registro microscópico de los Puntos Húmedos iniciales .....	797
Galería de El Cedro y puntos anexos .....	797
Pozas del Barranco de El Riachuelo .....	799
Quistes de crisofitas .....	799
Valvas de diatomeas .....	800
Fitolitos en El Riachuelo .....	800
Fuente de La Piedra .....	801
Fitolitos en la Fuente de La Piedra .....	803
Fuente de Los Chupaderos (Montaña de Las Vacas, Izaña) .....	804
Puntos Húmedos Altos: primeras impresiones sobre su registro microscóp. ..	804
Registro microfósil de los Puntos Húmedos Altos (2 y 3) .....	810
Sobre el origen biológico del registro de microalgas en los Puntos Húmedos Altos .....	825

Estudio de microfósiles en sedimentos de otros puntos húmedos de Las Cañadas del Teide: microarqueología del agua .....	826
Punto húmedo Volcán Ciego (P-Hum-VC) .....	828
Los puntos húmedos y su aprovechamiento en la Prehistoria de Tenerife .....	837
Valoración final sobre los datos aportados en el estudio sedimentario de los Puntos Húmedos .....	837
Inferencias sobre los puntos húmedos y la arqueología de Las Cañadas .....	838
Registro de fitolitos y microalgas silíceas en un suelo del Llano de Ucanca (Las Cañadas del Teide) .....	839
Un suelo del Llano de Ucanca, tratamientos y verificaciones metodológicas en el perfil R-18 .....	843
Resultados .....	846
Registro microfósil de R-18: análisis cualitativo y cuantitativo parcial .....	847
Horizonte Bw .....	847
Horizonte Bt1 .....	847
Horizonte Bt2 .....	856
Análisis cuantitativo del registro microfósil de R-18 .....	857
Discusión: papel explicativo del estudio de microfósiles en suelos aluviales de Las Cañadas .....	857
La presencia de fitolitos de células buliformes cuneiformes en R-18 .....	861
Estudio del perfil BLACH-1 (Barranco de La Arena-Chafarí 1): lahares, surges, suelos y microfósiles .....	864
Contexto geomorfológico y situación .....	864
Procesos geológicos, edáficos y actividad antrópica .....	869
Aproximación cronológica y génesis geológica .....	873
Características y descripción .....	875
Propuesta de estratificación para el perfil BLACH-1.....	878
Estrato 1 .....	879
Estrato 2 .....	880
Estrato 3 .....	880
Estrato 4 .....	881
Estrato 5 .....	883
Características del muestreo .....	884
Resultados analíticos: materia orgánica oxidable .....	884
Carbonatos .....	886
Granulometría y datos analíticos del perfil litoestratigráfico BLACH-1 .....	886
Registro microfósil del perfil BLACH-1: análisis por profundidades .....	889
Estrato 1 y 2 .....	889
Estrato 3 .....	891
Estrato 4 .....	892
Estrato 5: paquete edáfico suprayacente .....	894
Aspectos formativos y de aproximación cronológica desde el estudio de BLACH-1 .....	895

A nivel microfósil y general .....	896
Caracterización parcial de los suelos del Valle de Chafarí desde su matriz edáfica y registro microfósil .....	897
Antecedentes y Características generales .....	896
Observaciones de campo y apreciaciones preliminares .....	898
Materiales en superficie .....	899
De naturaleza geológica y edáfica .....	901
De naturaleza antrópica .....	903
Muestreos: catas y perfiles .....	904
Incidencias en las tareas de campo .....	905
Resultados: análisis de muestras del perfil Chafarí-I (CH-I) .....	907
Valores de pH .....	907
Contenidos en materia orgánica .....	907
Contenidos en carbonatos .....	908
Relación pH y %CaCO <sub>3</sub> .....	909
Fracciones granulométricas .....	911
Fracción arenas >200 µm .....	912
Fracción arenas 200-50 µm .....	912
Fracción limo (50-2 µm) .....	913
Fracción arcilla (<2 µm) .....	913
Relación entre fracciones granulométricas .....	914
Conclusiones sobre los suelos representados en CH-I .....	915
Análisis microfósil del perfil CH-I .....	918
Sondeo edáfico CH-ME-1 .....	923
Resultados de las observaciones y tareas de campo .....	923
Resultados analíticos .....	923
Contenidos en carbonatos (%CaCO <sub>3</sub> ) y materia orgánica (M.O.) .....	923
Aspectos granulométricos .....	924
Análisis microfósil del Sondeo CH-ME-1 .....	924
Análisis microfósil del Perfil R-16: El Picón .....	927
Aspectos generales .....	927
Aspectos relacionados con las partículas edáficas .....	928
Análisis microfósil .....	928
Fitolitos .....	929
Detección de parámetros propios de actividades antrópicas .....	929
Conclusiones .....	930

## **Resultados 5-IV**

Página 931

<b>Caracterización parcial de los sedimentos de la estructura de combustión de Chafarí Norte 3 (CH-N3) .....</b>	<b>932</b>
Antecedentes .....	932

Suelos y sedimentos del Valle de Chafarí .....	934
Sedimentos arqueológicos .....	937
Muestras empleadas para la valoración de sedimentos .....	939
Observaciones de campo .....	940
Precauciones analíticas tomadas en función de lecturas anteriores .....	945
Muestras de suelos del Valle de Chafarí (contexto edáfico) .....	946
Caracterización preliminar .....	947
Reacción del sedimento (pH) .....	949
Contenidos en materia orgánica oxidable .....	951
Contenidos en carbonatos .....	953
Relación entre pH y %CaCO <sub>3</sub> .....	959
Analítica preliminar y experimentación .....	959
Analítica específica .....	961
Fracción arenas >200 µm .....	961
Fracción arenas 200-50 µm .....	962
Apreciaciones microscópicas .....	963
Fracción de arenas totales .....	964
Fracción limo (50-2 µm) .....	965
Resultados de la segunda analítica granulométrica .....	968
Componente biomineral de la fracción limo de CH-N3 .....	969
Fracción arcillas (<2µm) .....	974
Lecturas asociadas al componente biogénico de la fracción arcilla .....	974
Conclusiones sobre la caracterización parcial de sedimentos .....	975
La cuestión paleoambiental: limos y microfósiles .....	977
Evidencias de procesos de disolución de SiO <sub>2</sub> .....	978
Conclusiones sobre los sedimentos de CH-N3 .....	979
<b>Registro microfósil vegetal en los sedimentos de la estructura de combustión de Chafarí Norte 3</b> .....	980
Consideraciones preliminares .....	980
Consideraciones sobre la recapitulación metodológica finalmente realizada...	984
Análisis microscópico de muestras sin tratar (frotis): detección de biomineralizaciones fósiles no-silíceas .....	985
Oxalatos de calcio y pseudomorfos de calcita .....	987
Distribución de oxalatos de calcio/pseudomorfos de calcita en las muestras de sedimento arqueológico y suelo .....	991
Suelo superficial Valle de Chafarí .....	991
Sedimentos arqueológicos: biomineralizaciones no-silíceas .....	993
Biomineralizaciones silíceas .....	995
Silicofitolitos .....	995
Elementos traquéales del xilema .....	996
Fitolitos de células propias de <i>Poaceae</i> .....	997
Fitolitos de células largas dendriformes de tallos y hojas .....	997

Células largas trapezoidales sinuosas .....	998
Apéndices/tricomas epidérmicos <i>Poaceae</i> .....	998
Células cortas <i>Poaceae</i> .....	999
Agregados silíceos .....	1000
Formas globulares lisas .....	1000
Diatomeas .....	1001
Crisofitas .....	1001
Otros microfósiles .....	1004
Esferulitas de fauna herbívora .....	1004
Espículas de esponjas .....	1004
Muestras de la Talla 5, sedimento hogar: muestras de referencia .....	1004
¿Fitolitos de células buliformes cuneiformes? .....	1005
Contextualizando los fitolitos de células buliformes en CH-3 y Las Cañadas.....	1007
Muestras superficiales de los suelos actuales del Valle de Chafarí.....	1008
Análisis de residuos: industrias cerámicas y líticas de las Cañadas del Teide.....	1008
Aspectos microscópicos del análisis de residuos .....	1009
Residuo en MPC-1582.....	1009
Residuo en MPC-54 .....	1010
Residuo en MPC-60 .....	1011
Residuo en MPC-40 .....	1011
Residuo en MPC-1 .....	1012
Análisis de residuos de elementos de molturación .....	1013
Sobre los residuos de cerámicas e industrias de molturación .....	1013
¿Y los microfósiles de origen alimenticio? .....	1014
Las industrias cerámicas y “la cuestión del agua” .....	1014
Aspectos vinculados a la funcionalidad del ajuar cerámico .....	1013
Aspectos básicos sobre residuos de industrias líticas de Las Cañadas .....	1016
Residuos de fragmento de molino (Chaf-EM-AR) .....	1017
Residuo A .....	1018
Fitolitos adscritos a la familia <i>Poaceae</i> : células cortas .....	1018
Análisis microscópico de residuos de restos bioantropológicos de poblaciones aborígenes de Tenerife .....	1018
Enterramiento de La Cañada del Capricho (Las Cañadas del Teide) .....	1019
Registro microfósil.....	1019
Otros elementos microscópicos .....	1022
Análisis de fragmentos de madera presentes en el sedimento .....	1024
Otros restos bioantropológicos de época aborígen .....	1024
Momia del Instituto Cabrera Pinto .....	1025
Registro microfósil .....	1025
Análisis de heces fecales de fauna herbívora actual .....	1027
Antecedentes .....	1027
Características de las muestras .....	1027

Resultados generales .....	1028
Heces fecales de <i>Ovis musimon</i> (muflón) .....	1028
Heces fecales de <i>Capra aegracus hircus</i> (cabra común) .....	1030
Heces fecales de <i>Ovis aries</i> (oveja) .....	1031
Heces fecales de <i>Ovibos moschatus</i> (buey almizclero) .....	1031
Heces fecales de <i>Bos taurus</i> (vaca) .....	1033
Conclusiones acerca del estudio microscópico de heces fecales de herbívoros .....	1033

## Resultados 5-V

Página 1034

<b>Paleosuelos</b> .....	1035
Paleosuelo de Los Roques (Puerto de La Cruz, Tenerife).....	1035
Muestra 1: Zona de contacto de colada (5 cm. zona de contacto colada) ...	1035
Muestra 2: 50 cm. de contacto con colada (zona centro paleosuelo) .....	1037
Muestra 3, Profundidad 125 cm .....	1037
Paleosuelo DECA-1 (Los Majuelos, Tenerife) .....	1038
Muestra 3, Profundidad 10-12 cm .....	1038
Muestra 2 .....	1040
Muestra 1 .....	1042
Conclusiones sobre el estudio de paleosuelos rubefactados .....	1043
Suelos de laurisilva: aproximación a su estudio microfósil y de matriz	
Edáfica .....	1045
Características generales .....	1046
Contenidos en Materia Orgánica .....	1047
Granulometría .....	1048
Registros microfósiles en los suelos de laurisilva .....	1049
Horizonte superficial de El Pijaral .....	1050
Perfil Las Lajas (Las Mercedes, Tenerife) .....	1052
Horizonte superficial de suelos con desarrollo de tilos ( <i>Ocotea foetens</i> ).....	1056
Perfil Coromoto (Los Rodeos) .....	1058
<b>Sedimentos de zonas húmedas insulares</b> .....	1061
Punto Húmedo de la playa de Los Roques (Puerto de La Cruz) .....	1061
Registro microfósil .....	1063
<b>Análisis de sedimentos glaciares y periglaciares:</b> aproximación	
arqueobotánica y microfósil al Cuaternario .....	1064
Naturaleza de los datos buscados .....	1064
Conocimiento del estudio de materiales glaciares para su aplicación en procesos paleoambientales de Canarias .....	1067
El estudio comparativo de sedimentos de montaña y glaciares .....	1069
La flora y el ambiente postglacial de Noruega .....	1069
Noruega: una oportunidad experimental antes del verano global europeo ..	1075



Características de las muestras .....	1075
Contenido en materia orgánica y carbonatos .....	1072
Sedimentos de morrenas y canales de desagüe de glaciares .....	1078
Sedimentos de arroyos, río y charca de montaña de Noruega central .....	1079
Río Lesja (Dombås, Noruega) .....	1085
Sedimentos morrénicos del glaciar de Briskdal .....	1085
Sedimentos glaciares y materiales geológicos de Las Cañadas del Teide: ¿la conexión Canarias-álgidos cuaternarios? .....	1088
Los datos comparativos: sedimentos glaciares y materiales freatomagmáticos .....	1089
Discusión: una vía para el conocimiento paleoambiental .....	1096
<b>Sedimentos de zonas húmedas continentales</b> .....	1099
Contenidos diferenciales en fracciones granulométricas .....	1100
Suelos/Sedimentos en formaciones de rías .....	1101
Ría de Arousa (Catoira) .....	1101
Ría de Villaviciosa (Asturias) .....	1102
<b>Sedimentos de charcas y arroyos interiores</b> .....	1104
Altos de Oldstrynfield (Stryn, Noruega) .....	1104
Sedimento de lagunas en entorno de turberas (Dombås, Noruega) .....	1105
Vega de Camayor (Somiedo, Asturias) .....	1107
Lagos y arroyos del Valle de Benasque (Huesca) .....	1109
Arroyo de Batisielles (Valle de Estós) .....	1109
Ibones del Valle de Remuñe .....	1111
<b>Suelos y sedimentos arqueológicos continentales</b> .....	1114
Ambrona (Soria) .....	1114
Limos 8-2 $\mu\text{m}$ .....	1115
Limos 20-8 $\mu\text{m}$ .....	1117
Limos 50-20 $\mu\text{m}$ .....	1119
Conclusiones sobre los indicadores ambientales proporcionados por el análisis microfósil de sedimentos de Ambrona .....	1120
Fitolitos .....	1120
Microalgas diatomeas .....	1121
Crisofitas .....	1121
Formación Tereñes (Ribadesella, Asturias) .....	1122
Terrazas del Manzanares (Madrid) .....	1125
Sedimentos del río Nilo (Aswan) .....	1127
Resultados analíticos .....	1127
Registro microfósil .....	1130
Otros materiales .....	1132
Adobes vinculados a la antigua cultura egipcia .....	1132

## **Conclusiones**

página 1136

Lo que la herramienta microarqueológica ha aportado .....	1136
Sobre los métodos empleados .....	1137
Respecto a las tareas de estudio de las plantas patrones .....	1137
Los suelos y sedimentos: un todo y una parte en el estudio microfósil .....	1137
La aproximación al sujeto empírico (microfósiles vegetales), las técnicas de identificación y los enclaves arqueológicos analizados .....	1138
Suelos, sedimentos, paleosuelos, materiales volcánicos peculiares: los sustratos, las plantas y el clima .....	1140
Restos bioantropológicos de época aborígen: la alimentación .....	1141
Sobre los aspectos paleoambientales: detección de especies vegetales vinculadas a la explotación del medio vegetal .....	1142
Posibilidades reales de un ciclo investigador: finalizando .....	1144

## **Bibliografía**

Página 1145

## **Anexos**

Página 1173

ANEXO 1: Análisis de residuos de industrias de molturación de La Cerera...	1173
ANEXO 2: Mapas con localizaciones de muestras, .....	1189
ANEXO 3: Índice de Figuras .....	1192
Índice de Gráficos .....	1224
Índice de Tablas .....	1231
Fe de erratas. ....	1234

## Capítulo Resultados 5-II

### Contenidos: La Cerera

- Verificación del método de cuantificación: La Cerera.
- Caracterización parcial de sedimentos de La Cerera.
- Registro microfósil de La Cerera (Corte 2)
- Sobre carrizos y cañaverales...
- Ejemplificación de la aproximación al estudio de células buliformes cuneiformes en contextos arqueológicos: El Llanillo (Arguineguin, Gran Canaria).
- Los fitolitos de células buliformes desde la estadística: aproximación preliminar.

## Verificación del método de cuantificación de microfósiles: el ejemplo de La Cerera.

### Verificación del método de cuantificación: objetivos

Los primeros resultados, acerca del registro microfósil de La Cerera, van precedidos de la comprobación cuantitativa del método empleado para realizar los cómputos sobre los distintos tipos de microfósiles localizados. En este caso de las muestras de sedimento procedentes del Corte 2 del yacimiento, seleccionado por ser el que presenta una estratigrafía más amplia y sobre la que se han realizado más estudios e interpretaciones interdisciplinarias (González *et al.*, 2009). La alta concentración de microfósiles de base silíceo (fitolitos y microalgas) –que se traduce en un acusado componente biogénico de los sedimentos arqueológicos– es la que permite llevar a cabo detalladas cuantificaciones. Al menos en aquellos grupos microfósiles donde la redundancia y multiplicidad de formas se reduce como para garantizar su identificación taxonómica, empleado únicamente las posibilidades de la microscopía óptica.

Como se ha expuesto, el planteamiento de partida contemplaba la posibilidad de realizar cómputos de microfósiles por preparaciones completas, entendiéndose que así se compensaba el margen de error existente con la lectura parcial de las preparaciones y su posterior extrapolación, tal y como se propone en uno u otro método de cuantificación, de fitolitos (Albert *et al.*, 1999; Bárcena, 1994; Pinilla y Bustillo, 1997; entre otros). Pretendiendo especialmente conocer la viabilidad de un método de cuantificación, derivado de un protocolo analítico específico, que no contempla la concentración de partículas biominerales en una única fracción<sup>1</sup>.

Las muestras de sedimento, tratadas mediante el protocolo descrito bajo las siglas MCAM, fueron montadas en dos preparaciones de 2x2 cm., con un mismo volumen de extracción de 500 µl. Sobre ellas se realizó la inspección microscópica de toda su superficie, mediante un barrido por campos en sentido de izquierda a derecha y de arriba abajo, siempre empleando una magnificación de 400x. La cuantificación se llevó a cabo empleando un contador manual de partículas, recogiendo los datos en un estadillo confeccionado *ex profeso*.

La verificación del método consistiría en observar similares resultados en ambas preparaciones, ya que éstas estaban confeccionadas con el mismo volumen de extracción y montaje.

### Microfósiles considerados en la verificación del método.

Los microfósiles seleccionados –como elementos de comprobación– fueron algunos de los desarrollados por organismos vegetales que tanto podrían representar al entorno natural (prehistórico) de Arucas, como aquél que será modificado y alterado por diferentes actividades antrópicas. Microfósiles que por tanto podrían indicarnos cambios asociados a la dinámica prehistórica del “lugar de actividad humana” de La Cerera mediante su estudio cualitativo y cuantitativo. Para ello, inexcusablemente, los grupos empleados como sujeto

---

<sup>1</sup> Mediante la práctica denominada “flotación” empleando un líquido pesado que en la actualidad suele ser Polytugstato de sodio (Albert *et al.*, 1999; Korstanje, 2008; Piperno, 2006; entre otros).

empírico de verificación metodológica debían poseer *propiedades de diagnóstico*, es decir permitirnos en base a sus características micro-morfométricas adscribirlos a grupos vegetales concretos. Y especialmente si esa filiación biológica podría alcanzar el grado de subfamilia o género botánico. La consecución de ambos parámetros redundaría en que la tarea de verificación del método podría considerarse como acertada.

Así, la presencia de *fitolitos de palmeras* vendría a aportarnos indirectamente la primera lectura sobre un vegetal propio de la zona de Arucas y del mismo yacimiento. El conocimiento adquirido, mediante prácticas experimentales (Afonso, 2004a) permite definir este tipo de fitolitos como una morfología esférica/globular con ornamentación equinada (*spheric/globular echinate*, ICPN 1.0), es decir de pequeños salientes apuntados con un tamaño comprendido entre 14-6  $\mu\text{m}$  para los existentes en las hojas y 22-9  $\mu\text{m}$  para los troncos<sup>2</sup>. En todo caso un tipo de fitolitos relativamente fácil de localizar y cuantificar, dada su tendencia a presentarse de forma aislada en suelos y sedimentos, siendo una tipología que se encuentra –por millones– en cada gramo de tejido vegetal de palmeras, al menos en el caso de *Phoenix dactylifera*.

Por su parte los *quistes de resistencia de algas crisofitas* y las *valvas de diatomeas* constituyen grupos microfósiles que bien podrían estar relacionados con el ambiente propio del exterior e interior de la cueva, pero igualmente hacerlo con las actividades antrópicas realizadas en ambas zonas. Aunque predominando, sobre esta lectura, el hecho de que se trata de organismos que requieren de un cierto grado de humedad edáfica o una mínima lámina de agua para su desarrollo. Y que para ello, como bien atestiguan numerosos trabajos al respecto<sup>3</sup>, no deben producirse necesariamente condiciones derivadas de antiguas actividades humanas.

Como en el caso de los fitolitos de palmeras, a la originalidad morfológica de las valvas de diatomeas –en su mayoría de tipo bilateral o pennadas– y de los quistes de crisofitas, así como su tendencia a localizarse aisladas entre las partículas de arena y limos de las muestras, permite su nítida identificación y cuantificación.

Entre ambos grupos, fitolitos de palmeras y microalgas, parecía posible, por su presencia en todas las muestras de La Cerera, que fueran empleados como valoración de la idoneidad del método de cuantificación. Efectivamente la cuantificación confirma la presencia de los tres tipos de microfósiles silíceos, aunque en cantidades variables según los niveles arqueológicos donde se encuentran.

---

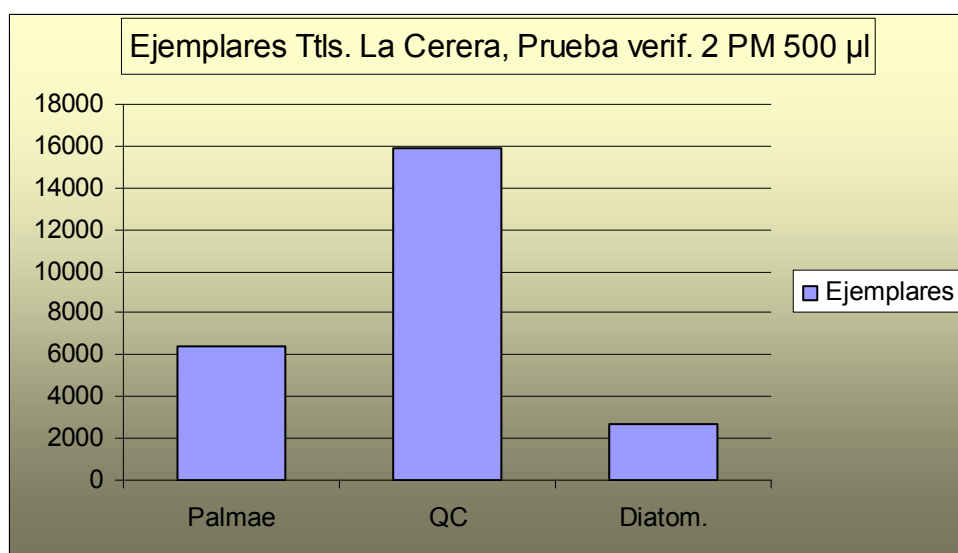
<sup>2</sup> En todo caso la morfología y su ornamentación no parece variar a pesar de la oscilación de dimensiones de los fitolitos desarrollados en las hojas y los troncos. Para más detalles ver Resultados: Fichas de plantas patrones, *Phoenix canariensis* (Capítulo Resultados 5-I).

<sup>3</sup> Algunas de las citas bibliográficas referidas a dichos trabajos pueden seguirse tanto en el capítulo correspondiente a la descripción básica de las microalgas (Cap. II, Elementos de Intervención Microscópica) como en los resultados sobre Puntos Húmedos (Cap. 5-III/IV), así como en otros referentes a contextos no-insulares (Cap. 5-V).

### Resultados del cómputo general.

Fueron contados un total de 25.080 ejemplares de microfósiles silíceos, de los cuales 15.905 son quistes de crisofitas, 6.451 fitolitos de palmáceas<sup>4</sup> y 2.724 valvas de diatomeas (**Gráfico 27**). Lo cual no plantea dudas al respecto de sus concentraciones en las preparaciones confeccionadas con volúmenes muy bajos de disolución y sobre los microfósiles que las protagonizan, al menos en la selección de los mismos realizada para esta verificación. El alto número de ejemplares contados parece confirmar la aproximación a la concentración real existente en el sedimento arqueológico de La Cerera, al menos de los tres grupos escogidos para esta prueba, cumplimentando con ello el necesario aspecto referente al número mínimo de individuos necesarios para conocer la representatividad, de diferentes grupos vegetales, desde el análisis de fitolitos y microalgas (Piperno, 2006).

La distribución por niveles es desigual, incrementándose de forma general desde CE-2.3, alcanzándose los máximos valores entre este nivel y CE-2.5. Siendo los quistes de crisofitas los que presentan mayor concentración.



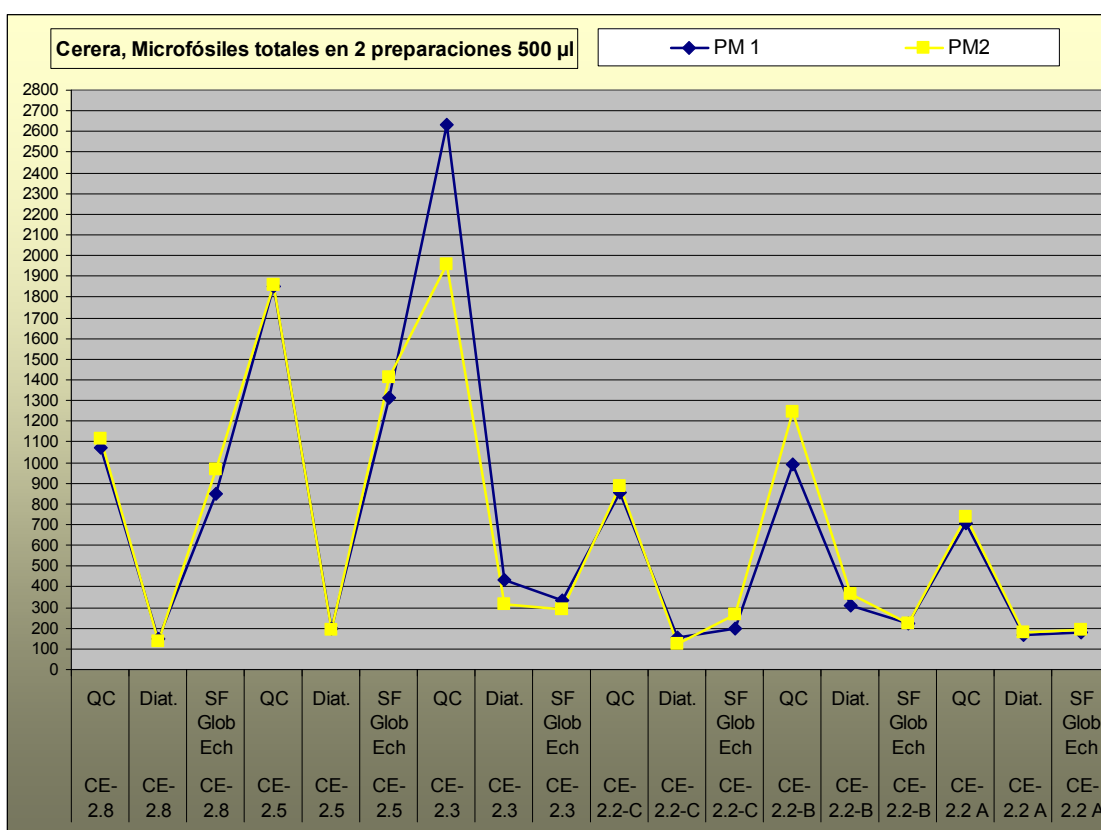
**Gráfico 27**, Distribución de tres tipos de microfósiles en la prueba de verificación del método cuantitativo.

Las diferencias existentes entre las dos preparaciones, igualmente confeccionadas con 500 µl de muestra en disolución, se sitúan entre 0 y 676 ejemplares, lo cual traducido a porcentajes —y estimando los cálculos reales entre ambas preparaciones—, ofrece valores situados entre 0 y 16%. El promedio de tal diferencia se sitúa en 6,05%, tomado éste como rango aceptable de error, para llevar a cabo extrapolaciones fiables desde el análisis de una única preparación. Por ello los datos totales de la prueba/análisis han sido valorados como positivos, especialmente si se asocia a todo el protocolo de confección de las preparaciones. En primer lugar se debe confirmar que la extracción de alícuotas se realiza desde un volumen fijo de 40 ml., tomadas al azar e inyectadas en cápsulas de Petri, y cuyo

<sup>4</sup> La forma más común: fitolitos globulares con ornamentación equinada.

depósito final responde al esfuerzo por obtener una óptima dispersión de la disolución (muestra + agua destilada).

Efectivamente, la observación de la gráfica acumulada de los tipos microfósiles seleccionados (fitolitos de palmeras + quistes de crisofitas + valvas de diatomeas) en todas las muestras, no puede ser más explícita, dado que la tónica —obtenida del cómputo manual por preparación— resulta, en casi todos los casos, muy similar entre ambas preparaciones (Gráfico 28). Lo cual confirma varios aspectos fundamentales, como que la similitud, en concentraciones de microfósiles, refleja la representatividad real de éstos entre ambas preparaciones, y que es posible la extrapolación de datos de una a otra, asumiendo un 6% de error promedio.



**Gráfico 28**, Curva acumulada de datos sobre el contenido de tres grupos microfósiles, fitolitos de palmera: **SF-Glob Ech.**; Quistes de crisofitas: **QC**; Valvas de diatomeas: **Diat.**), en dos preparaciones de cada nivel arqueológico de La Cerera (Corte 2), confeccionadas con el mismo volumen de extracción. J.A.

Aunque a nivel de número mínimo de individuos existen preparaciones donde se contabilizan por debajo de 500 ejemplares, la posibilidad de extrapolación —conociendo el margen de error aceptable— posibilita superar dicho límite. En trabajos de recuento de microfósiles acuáticos, se considera que el de entre 400 y 500 ejemplares por placa es suficiente para alcanzar una resolución de 99% (Mejía-Molina *et al.* 2006). Por su parte, en el estudio de fitolitos, se ha demostrado que el recuento de un número mínimo de 200 ejemplares, con morfología consistente (que presenta parámetros

morfométricos definidos), permite fijar un error aproximado del 20% en la interpretación del registro total de los mismos (Albert & Weiner, 2001).

Dado que en la presente Tesis se ha optado por la aplicación de un método que no contempla la separación de la fracción biomineral de la mineral, se ha procurado disminuir el rango de error existente entre uno y otro método, empleando el cómputo de microfósiles por preparaciones completas. Aunque para ello, como se especifica en el apartado correspondiente, haya habido que realizar ajustes en todo el sistema de preparaciones y observación microscópica. Y en especial en cuanto al parámetro de “densidad de partículas”, que no obstante creemos se ha logrado plenamente, garantizando un número mínimo de individuos (microfósiles) que permite emitir una interpretación sobre microfósiles vegetales, al menos cuando éstos realmente existen dentro de las muestras.

Por ello el empleo del método propuesto, basado en la definición de un grado de concentración y dispersión de partículas, ajustado al objetivo de lograr una cuantificación de microfósiles, también ajustada a cantidades alcanzables de rutina, permite estimar la cantidad de microfósiles, facilitando “leer” ambas preparaciones al completo, o al menos hacerlo sobre aquellos microfósiles donde se estime conveniente tal proceder.

Como puede observarse en el **Gráfico 28**, el número mínimo de individuos detectado (por preparación) se encuentra siempre por encima de 100 ejemplares (CE-2.8, CE-2.2c, CE-2.2a), lo cual puede considerarse un número aceptable para muestras donde no se ha operado la concentración de microfósiles en una única fracción. Y en todo caso, en la mayoría de las preparaciones, el cómputo mínimo ronda o supera los 200 ejemplares, lo cual podría tomarse como una reducción en el coeficiente de error planteado por Albert & Weiner (2001), que según estos autores podría fijarse en torno al 20% cuando la cantidad de fitolitos contados ascendía a esa cantidad. Como puede observarse en la **Gráfico 28**, los números mínimos de individuos varían sustancialmente en las muestras sobre las que se realizó la cuantificación selectiva. Indicando con ello, como lo hacen las altas concentraciones que se alcanzan en algunos microfósiles en determinados niveles, que podríamos estar ante una representación del registro microfósil real por gramo de muestra.

A nivel de detalle, el número mínimo de microfósiles contados, en una preparación, corresponde a valvas de diatomeas CE-2.2c (126 ejemplares de morfología consistente<sup>5</sup>), que en líneas generales se configuran —a lo largo de la secuencia del Corte 2— como el microfósil menos representado de los grupos seleccionados. Como ya se ha mencionado, los fitolitos de palmáceas son los que le siguen en concentración, contabilizándose un mínimo de 178 ejemplares en CE-2.2a. Los quistes de resistencia de crisofitas se convierten, con diferencia, en el microfósil más representado (dentro de la selección realizada), cuyo mínimo ha sido contabilizado en 705 ejemplares (CE-2.2a). La

---

<sup>5</sup> Que en el caso de las diatomeas, al contrario que en los fitolitos, equivale en realidad a valvas completas de las mismas, o al menos a fragmentos que permitan apreciar aquellos rasgos propios, de cada género o especie, como para permitir su adscripción taxonómica, tales que su morfología, existencia y situación del rafe, tamaño, entre otros (Bárcena, 1994, Tesis doctoral).



primera lectura realizada sobre estos datos es sin duda que el empleo del método de cuantificación originalmente descrito y empleado por Flores & Bárcena (1990) y posteriormente aplicado en numerosos trabajos por Bárcena *et al.* (1998; 2004; entre otros) y Hernández (2006b), garantiza la identificación de las concentraciones reales de microfósiles en cada preparación realizada. Es decir que, tal y como muestran los resultados los cómputos de las preparaciones coinciden de forma muy aproximada, tanto cuando los microfósiles son abundantes como cuando no lo son.

Lo cual se traduce en la posibilidad de una extrapolación fiable tomando los resultados de sólo una de las preparaciones, lo cual garantiza que éstos se refieren al menos a 1000 µl de muestra en suspensión. Volumen suficiente, según nuestros cálculos, para alcanzar un número significativo y mínimo de individuos que permita una aproximación, lo más real posible, a la concentración real de microfósiles presentes en las muestras. Entendiendo que la cuantificación de los mismos por preparaciones completas —hecho que no se produce en la mayoría de protocolos existentes— nos acerca a dicho objetivo.

Igualmente parece importarte destacarse que el protocolo mantiene el peso de partida empleado en métodos que difieren en cuanto al procesado de la muestra, en concreto en cuanto a la separación de la fracción biomineral de la mineral y coloidal. Ya que tanto el método descrito por Bárcena & Flores (1990) y Bárcena (1994) —entre otros trabajos donde participa esta investigadora— como los de Albert *et al.* (1999; entre otros), la cantidad de partida se fija en 1 gr. de muestra. Y además, desde la perspectiva de esta verificación —fruto a su vez de los mínimos ajustes realizados sobre el protocolo más reciente descrito por Bárcena (2005, Com. Pers.) y seguido en esta Tesis— se comprueba su validez para la identificación y estudio (cuantitativo y cualitativo) de cualquier tipo de microfósil de base silíceo<sup>6</sup>, como fitolitos, microalgas y espículas. O al menos de todos aquellos que se encuentren presentes en las muestras de sedimento (arqueológico o edáfico) analizadas.

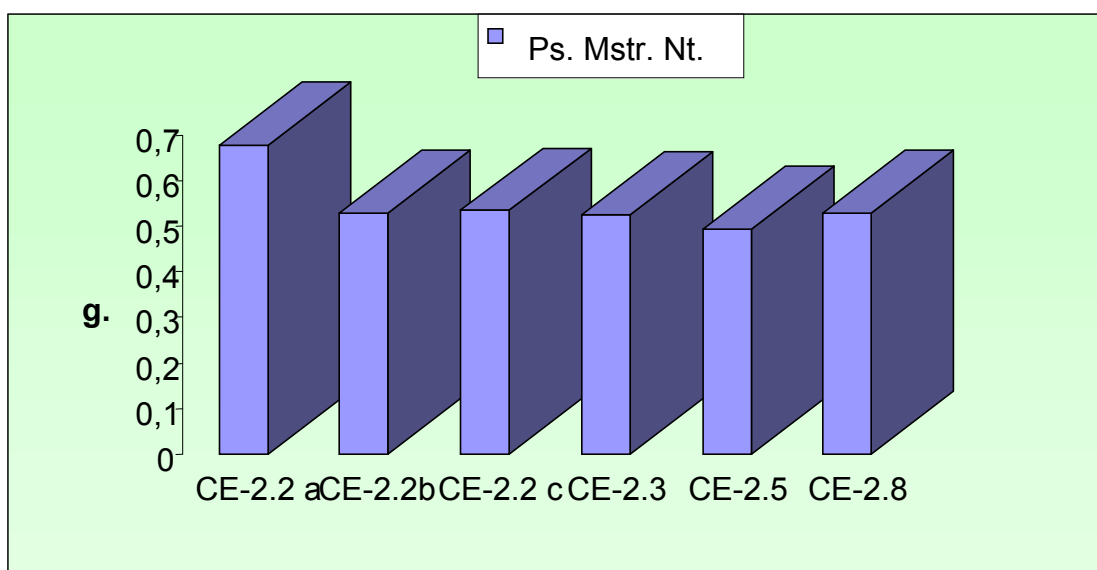
#### **Cálculo de microfósiles por gramo de muestra.**

Como forma de valorar los resultados y planteamientos anteriores, se procedió al cálculo absoluto de los tres microfósiles tratados, tarea fundamental para conocer sus verdaderas concentraciones con respecto a la

---

<sup>6</sup> Queda pendiente la verificación del método en el estudio de microfósiles de base no-silíceo, como los oxalatos de calcio o su derivación en cuerpos de base carbonatada, como son los pseudomorfos de calcita. En función de las observaciones realizadas, este objetivo aunque parece posible requiere del ajuste de la metodología, ya que en concreto la aplicación de ultrasonidos para obtener la ruptura de los enlaces de los micro-agregados de arcilla, que son bien soportados por la mayoría de los microfósiles silíceos, parecen ocasionar un daño significativo en oxalatos y pseudomorfos de calcita. Aspectos que por ahora sólo los protocolos propuestos por Pinilla & Bustillo (1997) y Coil *et al.* (2003) son capaces de evitar, ofreciendo la posibilidad de recuperar la totalidad de microfósiles existentes en una muestra dada.

muestra neta de partida<sup>7</sup>. La hipótesis metodológica de partida era este caso que las lecturas cuantitativas llevadas a cabo en dos preparaciones microscópicas realizadas con el mismo volumen de muestra, eran suficientemente representativas de las concentraciones reales de microfósiles con respecto a la muestra de partida. Pero en todo caso, debían evaluarse tales concentraciones, puesto que las preparaciones microscópicas realizadas se encuentran directamente relacionadas con la cantidad de muestra bruta resultante de los tratamientos de laboratorio. Cuyo peso, en la mayoría de los casos, no mantiene una pérdida idéntica entre muestras, sino que responde a su peso neto una vez han sido eliminados los contenidos en elementos cementantes (carbonatos y materia orgánica) y arcillas presentes en cada una de ellas. Y que raramente poseen concentraciones similares en las mismas.



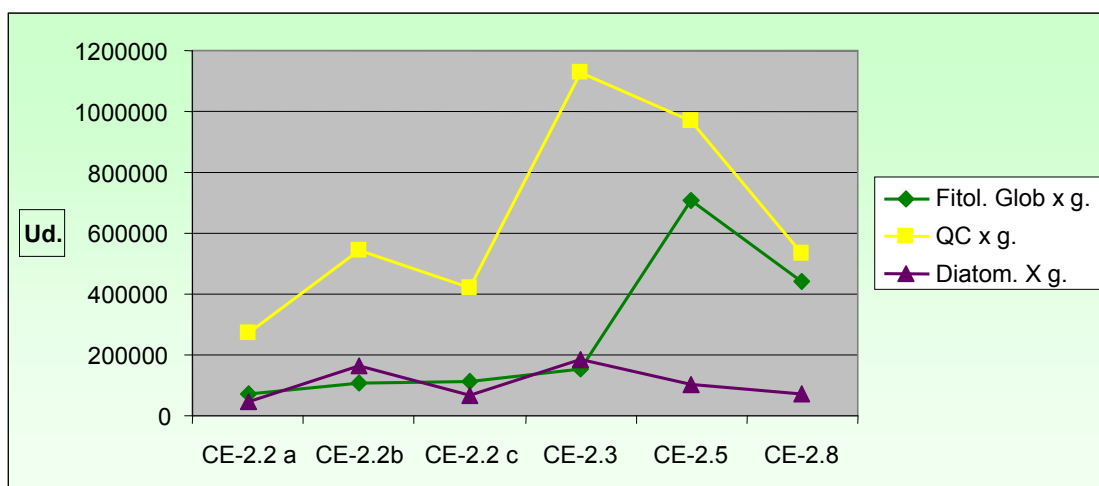
**Gráfico 29**, Pesos de las muestras resultantes de los tratamientos tendentes a la eliminación de elementos cementantes y fracción arcilla. Como puede observarse la mayoría de las muestras presenta sólo 0,5 g., formados en este caso por arenas y limos y partículas biominerales.

Los resultados indican que la cantidad promedio de la muestra-madre, de la que han tomado las alícuotas de 500 µl, se reduce en este caso a 0,5 g., siendo el mínimo ligeramente inferior (0,4938 g.) y el máximo ligeramente superior (0,6792 g.). (Gráfico 29). Si se considera que la muestra bruta de partida fue siempre de algo más de 1 gr. de sedimento seco (pesado en balanza de cuatro decimales), la pérdida de peso asociada a elementos cementantes y fracción arcilla ronda en casi todos los casos el 50%. No obstante, el hecho de ajustar el método de cuantificación al peso resultante, garantiza que las lecturas cuantitativas se ajustan al mismo, proporcionando mayor certeza a las mismas. Al menos hasta el punto donde interviene las que pueden obtenerse desde un método basado en la extracción de partículas al

<sup>7</sup> Entendiendo como tal en este caso, la constituida como fracción insoluble a los reactivos ácidos (HCL + HNO<sub>3</sub>) y oxidantes (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y con ausencia de la fracción arcilla (<2 µm), y por tanto únicamente por limos (50-2 µm) y arenas >200 µm.

azar, en el seno de las que se han mantenido como fracción resistente al ácido, agentes oxidantes y mayor de 2  $\mu\text{m}$ . Entre las cuales, juntamente con limos y arenas  $\pm 700 \mu\text{m}$  (límite aportado por la punta de pipeta empleada en la extracción), se contienen los microfósiles sobre los que se realiza la cuantificación.

Los cálculos de los tres grupos de microfósiles –tomados como ejemplo– en relación con el peso resultante de los tratamientos y llevados a cabo en base a los resultados obtenidos en las dos preparaciones microscópicas analizadas, confirman la tendencia ofrecida por las mismas. Destacando especialmente la similitud de la curva gráfica acumulada, con respecto a las concentraciones de unos microfósiles y otros (fitolitos de palmáceas, quistes y valvas), por niveles arqueológicos (**Gráfico 30**), así como la que ofrece la confeccionada con la cuantificación directa de cada preparación microscópica.



**Gráfico 30**, Curva acumulada, de tres grupos de microfósiles, por gramo de muestra de sedimento arqueológico de La Cerera.

Dichos resultados confirman que los microfósiles más abundantes en el sedimento de La Cerera –al menos los no directamente relacionados con plantas introducidas por prácticas antrópicas– son los quistes de crisofitas, cuyas concentraciones –en algunos niveles– llegan a ser muy elevados, superando el millón de ejemplares (CE-2.3). En este caso en algo más de 0,5 g. de muestra, formada exclusivamente por arenas, limos y biomineralizaciones, dado que de la misma ya se han eliminado los elementos cementantes y la fracción arcilla.

Los fitolitos de palmeras, tomados como el único morfotipo perteneciente a un grupo vegetal de plantas superiores, resultan aquí muy poco representados, pero presentes –creemos como claro indicativo de la flora local– desde el nivel más antiguo de La Cerera. En este caso, conociendo la altísima producción de tales formas en los tejidos de palmeras del género *Phoenix*, los bajos contenidos en preparación y gramo de muestra, parecen limitar su presencia a causas naturales directas o en todo caso antrópicas indirectas, aspectos que pueden ser seguidos en el apartado de análisis microfósil de La Cerera (Resultados 5-II). En todo caso, debe entenderse la importante contribución del cómputo de fitolitos de palmeras en esta prueba de

verificación, dado que su estudio pormenorizado en esta Tesis ha permitido comprobar que su presencia es directamente proporcional a la existencia, directa o indirecta, de palmeras. Permitiendo en este caso concreto evaluar la idoneidad del método de cuantificación. Y también en este caso porque se trata de fitolitos de pequeño tamaño pero de alta densidad y resistencia (química y mecánica), aspectos que le otorgan suma importancia a la hora de realizar una cuantificación que permita evidenciar diferencias entre las muestras provenientes de una misma unidad estratigráfica.

#### **Conclusiones sobre la verificación del método de cuantificación.**

En definitiva, la información obtenida parece indicar la viabilidad del método seleccionado, con las consideraciones que la verificación aconseja asumir, para llevar a cabo estimaciones cuantitativas, derivadas éstas del estudio de una única preparación, que eso sí debe llevarse a cabo en toda su extensión. Como además puede comprobarse, la prueba de verificación aportó los primeros datos comparativos, entre los registros de varios microfósiles presentes en los sedimentos de La Cerera, facilitando una primera impresión sobre sus variaciones en el tiempo. Y confirmando que los volúmenes de extracción y montaje son adecuados para aplicarlos de forma estandarizada en el análisis de sedimentos arqueológicos, posibilitando a su vez la comprobación y comparación de los registros microfósiles identificados en éstos con los propios de suelos, o de aquellos sustratos donde no resulte evidente la actividad humana. En ese sentido, cabe destacar la idoneidad del método empleado en esta Tesis, cuya base se encuentra *mutatis mutandis* en el inicialmente descrito por Bárcena & Flores (1990) y Bárcena (1994, Tesis), y que será posteriormente aplicado en numerosos estudios y trabajos micropaleontológicos. En nuestro caso, al menos para alcanzar los objetivos cuantitativos que todo trabajo similar debe contener, puede afirmarse que su aplicación materiales edáficos y sedimentarios resulta idónea, al menos como aproximación verificable en el estudio de registros microfósiles globales de base silíceo. Siendo, las someras modificaciones llevadas a cabo en el mismo, las que han permitido ajustarlo al objetivo de valorar las concentraciones reales de fitolitos y microalgas silíceas en cada muestra de sedimento o suelo analizada, tanto en contextos antropizados (arqueológicos) como naturales.

#### **Caracterización parcial de sedimentos de La Cerera desde su tratamiento y análisis de microfósiles vegetales.**

##### **Sedimentos, suelos y microfósiles vegetales en Arucas.**

Al igual que en el resto de materiales similares, insertos en el corpus muestral de esta Tesis, el tratamiento de sedimentos para la detección y estudio de microfósiles vegetales de La Cerera también ha sido aprovechado para evaluar de forma preliminar algunas de sus características fundamentales, físicas y químicas. Pero solamente de aquellas directamente relacionadas con los registros de microfósiles vegetales existentes en el interior de la matriz sedimentaria, entendiéndose que unas y otros nos permiten conocer mejor el funcionamiento del sustrato arqueológico en tiempo y espacio.

Un apartado que se ha revelado especialmente eficaz, para este estudio parcial de sedimentos, es el de la inspección de sus fracciones granulométricas, una vez éstas han sido convenientemente separadas entre sí. Lo cual solamente

ha sido posible cuando las muestras han sido tratadas para la neutralización de los elementos cementantes que impiden tal propósito. Los tratamientos empleados para ello han permitido oxidar, neutralizar, disgregar y eliminar dichos elementos. Mientras que en los dos primeros casos se trata de la estimación de compuestos como la materia orgánica (%Corg) y carbonatos (%CaCO<sub>3</sub>), en el tercero corresponde a la fracción <2 µm. Como veremos, el aislamiento de fracciones y su observación microscópica, muestran cómo éstas acogen de forma desigual los distintos tipos de microfósiles llegados al sedimento. Un aspecto que en La Cerera, con muy alta concentración de los mismos, revela el propio comportamiento de fitolitos y microalgas, cuando éstos ya han pasado a formar parte de la matriz sedimentaria y llegan a ser más predominantes, en una determinada fracción, que las propias partículas minerales<sup>8</sup>.

Es este hecho el que mejor ejemplifica la aplicación del concepto de *componente biogénico* en un determinado sustrato, mostrándonos en qué medida sedimentos y suelos han recibido aportes biominerales procedentes de los organismos que interactuaron con ellos, especialmente vegetales, en tiempo y espacio determinados. Aunque en esta Tesis la estimación de dicho componente se muestre únicamente a modo de propuesta, posteriores trabajos podrán aplicar el concepto, de forma cuantitativa<sup>9</sup>, aplicando métodos ya comunes en el análisis de microfósiles<sup>10</sup>.

Lo cual no ha sido obstáculo para inferir —en base a los registros microfósiles— en qué grado los sedimentos presentan aportación biogénica y qué características presenta éstos en un determinado nivel, horizonte o estrato. En ello resulta determinante el estudio microscópico de cada conjunto microfósil, que es el que posteriormente funciona como elemento discriminante —en virtud del estudio comparativo entre suelos y sedimentos—, cuando es puesto en relación con las características de los procesos de depósito de los registros microfósiles. En los que intervienen obviamente las del sedimento de acogida, así como la posibilidad de que en ellos puedan detectarse aspectos propios de actividad humana en el pasado.

---

<sup>8</sup> En el caso de las preparaciones confeccionadas con el método derivado de Bárcena & Flores (1990) y Bárcena (1994; entre otros), únicamente limos y arenas hasta aproximadamente 700 µm, que es diámetro de la punta de pipeta empleada para extraer una alícuota (por lo general de 500 µl) de la muestra en suspensión (40 ml.). Obviamente durante la inspección de cada fracción por separado, solemos comprobar que efectivamente —aunque con las excepciones propias de un método que emplea el cribado con tamices de malla metálica— se ajustan más o menos a los rangos de cada una de las fracciones mencionadas.

<sup>9</sup> Aunque en el transcurso de las analíticas conducentes a esta Tesis ya se han percibido las diferencias entre determinadas muestras arqueológicas y edáficas —en cuanto a su contenido biogénico—, aun no se ha procedido a poner éste en relación la fracción puramente mineral. Pero las diferencias, dado que se emplea el mismo volumen de muestra analizable, ya resultan claramente perceptibles.

<sup>10</sup> Me refiero aquí a un protocolo de análisis conjunto de microfósiles que contemple la separación de éstos de la fracción mineral. Creo que entonces podrán formularse cuestiones más complejas sobre cada muestra analizada. El protocolo de tales características, que más se ajusta al propósito mencionado, es el contemplado por Coil *et al.* (2003).

Los parámetros donde de forma parcial pero específica se han centrado el estudio de las características del sedimento son la materia orgánica, carbonatos y textura<sup>11</sup> o granulometría<sup>12</sup>. Siempre entendiendo que se trata de valoraciones complementarias, llevadas a cabo para la contextualización de las muestras sometidas a análisis microscópico<sup>13</sup>. Como ya se ha expresado, se parte de la idea de percibir la íntima relación existente entre las partículas biogénicas –tomadas como sujetos empíricos (microfósiles como fitolitos y microalgas)– y las de naturaleza mineral, que junto con no pocos constituyentes conforman la matriz de un sustrato arqueológico. La lectura conjunta de ambas podría ofrecernos –como estableciera para sedimentos cuaternarios J. Chaline (1982)– datos sobre la dinámica de procesos antrópicos en el seno de concretos procesos medioambientales.

Los sedimentos de las cuevas guardan el registro de múltiples procesos geomorfológicos, entre ellos la secuencia estratigráfica que puede indicarnos la continuidad en su ocupación por poblaciones prehistóricas, las cuales las hicieron suyas como hábitat más o menos permanente. De tal forma que el estudio pormenorizado de dichas secuencias (bajo la forma de columna sedimentaria) no sólo ofrezca respuestas geomorfológicas y paleoambientales, sino especialmente sobre posibles cambios culturales acaecidos al compás de las mismas (Schmid, 1980). En el caso de La Cerera, desde tales perspectivas y con los datos obtenidos mediante el empleo de ambos –teoría y método–

---

<sup>11</sup> Las indicaciones existentes al respecto hablan de la necesidad de trabajar —para la estimación de la textura— con muestras suficientemente grandes, recomendándose un mínimo de 1 Kg. (Porta, López-Acevedo & Roquero, 1999: 93). Como ya hemos planteado, nuestra estimación de la textura supone solamente una aproximación con fines de contextualización de los análisis de microfósiles, y en concreto de la matriz que los envuelve. La cual queda —mediante dichas estimaciones— caracterizada de forma preliminar, antes y durante la inspección microscópica, ya que los microfósiles detectados son presumiblemente objetos participativos de dichos rasgos y procesos asociados. Especialmente en el primer caso, necesitamos contar con la valoración granulométrica inicial, que finalmente podrá ser valorada también en función de su contenido biogénico que, como ocurre en La Cerera, invita a la relectura y reinterpretación de los datos aportados por un estudio granulométrico ortodoxo, en cantidades estadísticamente representativas. Obviamente para el estudio del comportamiento edáfico, desde el parámetro de la textura, compartimos como idóneo un tratamiento inicial de muestra no inferior a 5 grs. de la misma.

<sup>12</sup> Existen aspectos asociados a uno u otro término que no están suficientemente consensuados, aunque se tiende a emplear ambos como sinónimos. Nuestra elección ha sido emplear el primero de forma rutinaria, ya que hace perfecta alusión a la labor de conocer el tamaño de partícula con los que se trabaja, independientemente que se trate de un término asociado —por los edafólogos— al trabajo de campo y a las apreciaciones directas (táctiles) sobre muestras de suelo. Quizás por ello el término granulométrico es de sobra conocido en los ambientes de laboratorio de suelos, ya que designa el protocolo encaminado a conocer la textura de dichos materiales.

<sup>13</sup> Para conocer datos concretos puede consultarse el estudio geomorfológico y sedimentológico de Criado & Hansen (2009), en González, Moreno y Jiménez, (Ed. Cientf.), 2009, *El yacimiento arqueológico de La Cerera, un modelo de ocupación en la isla de Gran Canaria*, Cuadernos de Patrimonio Histórico Nº 9, Cabildo de Gran Canaria, 41-59.

pueden apreciarse sustanciales diferencias entre las gráficas confeccionadas, con los parámetros descritos (**Gráficos 31**) sobre las características del sedimento, en concreto desde el nivel más antiguo del Corte 2 (CE-2.2a) y el más reciente (CE-2.8).

Lamentablemente el alto grado de modificación antrópica del entorno del yacimiento de La Cerera, y de la localidad de Arucas en general, ha limitado el estudio de suelos actuales inmediatos al mismo, siendo únicamente posible llevarlo a cabo con aquellos sustratos existentes en escasos bancales agrícolas cercanos, verdaderos espacios residuales que sobreviven, momentáneamente, al intenso proceso de urbanización de esta vertiente de la Montaña de Arucas. Se trata de pequeñas huertas, de dimensiones sensiblemente menores a los suelos agrícolas abandonados, o semi-abandonados, situados en una cota más baja, en la propia zona que rodea el núcleo urbano. En estas zonas, ocupadas hoy por viviendas de autoconstrucción, probablemente se situaban tierras agrícolas y quizás asentamientos humanos en torno a ellas. Ratifica la primera hipótesis el hecho de que se aprecien precisamente el tipo de pequeñas parcelas muradas que recuerdan el pasado agrícola de Arucas, incluso en esta zona sustancialmente elevada con respecto a la vega.

En el caso de las tierras de labor que aún se mantienen operativas, en algunas de ellas se sigue plantando *caña de azúcar* (*Saccharum officinarum*), en parcelas que limitan con franjas de terreno donde se desarrolla la *caña común* (*Arundo donax*), no sabemos si de forma espontánea o intencionada, pero sin duda porque existen condiciones edáficas (humedad alcanzable) que permite su desarrollo. Obviamente, dada la cercanía, no sólo espacial sino botánica entre ambas especies (ambas de la familia *Poaceae* y con requisitos muy similares), podría considerarse una casualidad. Pero en aspectos ambientales con presencia antrópica, pocas veces queda lugar para el azar, más cuando se trata de espacios naturales sometidos a sus actividades desde hace más de 2.000 años.

Con todas las limitaciones de un estudio que no ha contado con el estratigráfico de las zonas donde se desarrollan actualmente, tanto *Saccharum officinarum* como *Arundo donax* pueden entenderse especies con exitoso desarrollo local. Ya que se adaptaron a las concretas condiciones ambientales de la Vega de Arucas, al menos desde la perspectiva de sus requisitos ecológicos y su estatus de plantas introducidas<sup>14</sup>. Siendo así ambas propicias para realizar un seguimiento no sólo etnográfico sino eminentemente arqueobotánico desde su vertiente microfósil.

Mientras que la caña azúcar pertenece a la subfamilia de gramíneas *Panicoideae*, la caña lo es a *Arundinoideae*, la primera es una planta C4 y la

---

<sup>14</sup> Pese a que mencionamos como tal a *Arundo donax*, la falta de estudios etnobotánicos y paleobotánicos al respecto de las características de su introducción en Canarias, obliga a matizar la lectura más lógica de su asociación con procesos antrópicos de época histórica. Solamente estudios de alta definición sobre columnas estratigráficas, extraídas desde cuencas sedimentarias o suelos permitirán dirimir en que momento aparece en éstos, microfósiles (fitolitos preferentemente) pertenecientes a esta especie. Aunque obviamente también sería de gran utilidad el estudio de sedimentos arqueológicos aborígenes, al menos de aquellos vinculados a las etapas posteriores a la conquista de las Islas.

segunda del tipo C3. Pese a esa diferencia anatómica y metabólica, ambas guardan puntos comunes, como que prosperan en ambientes cálidos de humedad moderada, e igualmente con mayor seguridad en el primero de los casos, fueron introducidas en el ambiente natural de Arucas. Un ambiente donde existían suelos fértiles, temperaturas suaves y recursos hídricos, ambiente propicio para la implantación de cultivos, como prontamente observaron los primeros pobladores de esta zona de Gran Canaria.

Igualmente, y situándonos en el plano microfósil, las plantas pertenecientes a ambas subfamilias generan fitolitos de células cortas bilobuladas (*bilobate short cell*, ICPN 1.0), primeramente también denominadas “mancuernas” (*dumbbells* sg. Twiss, Suess & Smith, 1969; Twiss, 1992). Pero que, a su vez, pueden presentar variaciones –también propias de los fitolitos de *Panicoideae*– que vuelven este tipo de células muy complejas, aunque relativamente fáciles de adscribir al “complejo panicoide” (*panicoideae complex*, Gallego & Distel, 2004). Aspecto éste que, aunque aun no puede ser directamente unido a mecanismos de correspondencia entre requisitos ecológicos y de síntesis biomineral, nos sirve para entender que las condiciones de la vega de Arucas funcionan bien para determinadas plantas, entre ellas las gramíneas de medio y mayor porte, propias de ámbitos tropicales y clima templado. Como veremos, la presencia de este tipo de plantas puede ser muy antigua en la zona, y aunque con matices taxonómicos podríamos plantear que el estudio de fitolitos es aquí –tanto en los sedimentos arqueológicos como en secuencias edafo-estratigráficas– un aspecto relevante en la comprensión del paleoambiente local, incluso cuando éste comienza a ser antropizado; con bastante seguridad hace más de 2.000 años.

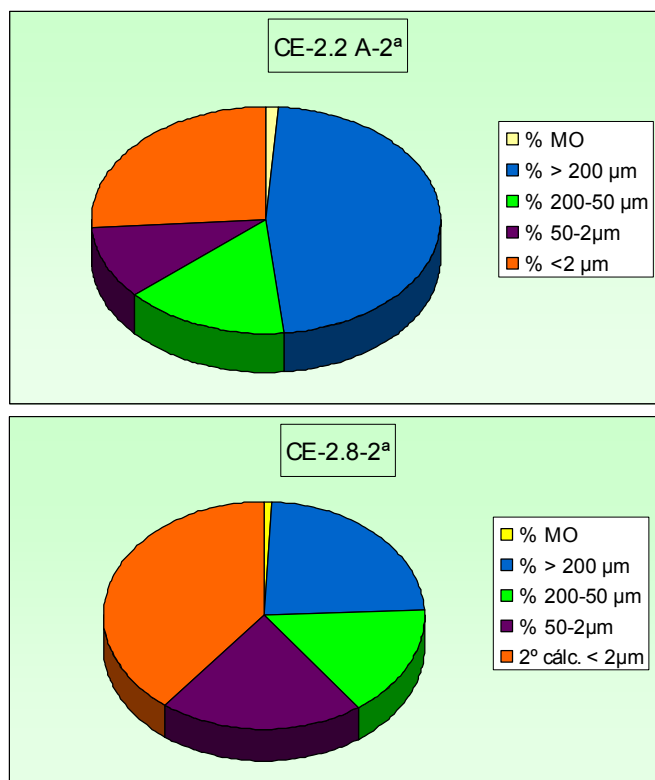
Aunque en un estudio ideal la praxis hubiera aconsejado analizar una secuencia edáfica completa (horizonte por horizonte constituyente<sup>15</sup>), únicamente fue posible realizarlo –a nivel de horizontes superficiales (A)– en el caso de las zonas donde aparecen conjuntamente *Arundo donax* y *Saccharum officinarum*. Entendiendo que es, en estas zonas de los paquetes edáficos, donde se han desarrollado las actividades relacionadas con la agricultura, al menos las de época histórica. No obstante, la citada primera tarea, sigue constituyéndose no sólo totalmente aconsejable, sino

---

<sup>15</sup> En este sentido en el análisis de microfósiles vegetales, en sedimentos terrestres, aun deben asumirse cuestiones como la definición del sistema de muestreo en profundidad, algo que en el análisis micromorfológico se compensa mediante el análisis integral de la muestra, sin alterar la disposición de la misma. Pero el objetivo de vislumbrar de forma aislada todos los componentes del registro microfósil, invalida en algunos aspectos la metodología micromorfológica para, por ejemplo, un análisis cualitativo y cuantitativo completo de fitolitos. Si bien es cierto que lo ideal sería poder contar con las lecturas conjuntas de ambas disciplinas, realizando en el caso de los microfósiles, un muestreo a muy escasa distancia entre los puntos del mismo, intentando equipararse –sin que por el momento sea posible– a la definición de la lectura realizada por el micromorfólogo. En este sentido ya Glew (1998) planteaba la necesidad de reducir la distancia de los muestreos a 0,25 cm. para el estudio de cambios temporales en el registro de crisofitas, algo que obviamente sólo puede realizarse si se practica un sondeo, en la estratigrafía, mediante un equipo específico para ello.



fundamental para futuros trabajos paleoambientales en la zona de Arucas. O al menos si se quiere disponer de un criterio comparativo por profundidades, ya no sólo para conocer cuando se produce la introducción de la caña de azúcar sino de la especie *Arundo donax*. Aspecto relevante que podría solventar varias cuestiones, entre ellas las de su estatus como especie nativa, aun cuestionada en los inventarios de la flora en Canarias (Aceves *et. al.*, 2004). A nuestro entender, la vega de Arucas, donde se localizaron ambas especies, guarda a nivel edáfico muchas claves del pasado natural de la zona, potenciadas por la fertilidad y entidad de los suelos existentes en la misma.



**Gráficos 31**, Distribución de los porcentajes referentes a algunos de los parámetros del sedimento de dos niveles opuestos del Corte 2 de La Cerera.

En todo caso, la caracterización de sedimentos, empleando criterios derivados de la Edafología, pero con fines microarqueológicos basados en la detección y estudio de microfósiles, se ha revelado especialmente eficaz, sobre todo a la hora de ampliar el rango explicativo de los mismos. Y es en su aplicación a los sedimentos arqueológicos, representados aquí de forma rotunda por los de La Cerera, donde tal valoración ha cobrado una inusitada relevancia, poniendo de manifiesto que es posible detectar, a nivel microscópico, datos suficientes como para indagar en la significación de los recursos vegetales en la trama económico-social de grupos humanos de la Prehistoria de Gran Canaria. E igualmente valorar la relación comunidad humana-medioambiente a través de las informaciones aportadas por el registro microfósil, en especial el asociado a plantas nativas a nivel macroscópico y microscópico (algas diatomeas y crisofitas). Todo ello sin olvidar que se trata de lecturas derivadas del análisis de sedimentos

arqueológicos, materiales también íntimamente ligados a las condiciones ambientales que rodearon las secuencias de ocupación del yacimiento. Condiciones en las que, a través de la información de los registros y características del sustrato, pueden interrogarse sobre si responden a un modelo de ocupación u otro.

### **Suelos de la zona de Arucas: el soporte agrícola de La Cerera.**

Dada la intensa antropización actual de la zona —especialmente en cuanto al sellado de terrenos por urbanización— ha resultado muy complejo acometer el estudio de suelos no afectados por tales procesos. Por ello únicamente se han analizado muestras procedentes del entorno inmediato al yacimiento, en concreto de tierras de cultivo en desuso y las ya citadas como parcialmente ocupadas por cultivos de caña de azúcar. Nos referiremos a esta zona en especial, situada en la vega de Arucas por su importancia agrícola, dejando el estudio de las muestras del exterior del propio yacimiento de La Cerera para el apartado siguiente.

Los primeros datos, aportados por el tratamiento de las muestras, comienzan con un contenido en materia orgánica de 7,29% y de arcillas en casi un 68%, situando éste último valor en el más alto de todas las muestras de la zona, por lo que el resto de las fracciones, comprendidas entre  $>2 \mu\text{m}$  y 2 mm., quedan reducidas al 32,14%, indicando claramente que dicho suelo —o al menos su horizonte superficial— puede denominarse arcilloso (Gráfico 32). Si nos atenemos a la valoración del conjunto microfósil, por lo general inserto en su mayor parte en la fracción de los limos (50-2  $\mu\text{m}$ ) y en menor medida —como parece ocurrir también en los sedimentos de La Cerera en las arenas 200-50  $\mu\text{m}$ —, podría representar menos del 20% de las partículas totales de éstos.

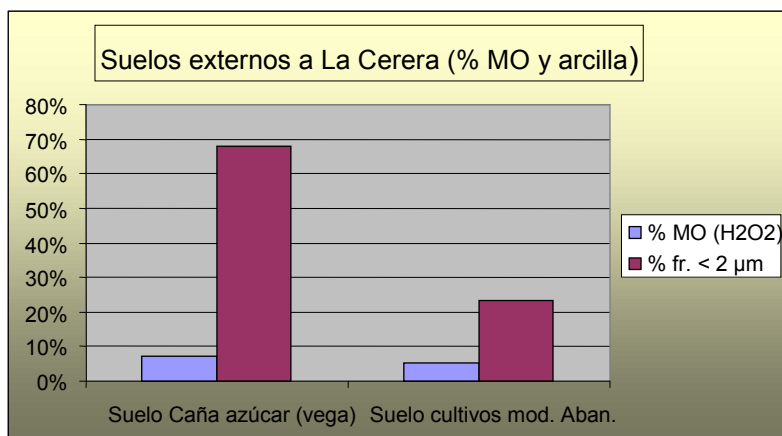
Las características básicas de estos suelos indican similares y bajos contenidos en materia orgánica oxidable, pero con profundas diferencias en cuanto a los de arcilla. Mientras que los suelos actuales cercanos al yacimiento presentan algo más del 25% en dicha fracción, los suelos de la Vega de Arucas, ocupados aun —de forma muy aislada— por cultivos de caña de azúcar, ofrecen un porcentaje cercano al 68%. Siendo por el momento el valor más alto obtenido en las muestras analizadas de la zona. Creemos que tal componente arcilloso ofrece un claro indicativo de la fertilidad<sup>16</sup> de estas tierras, aspecto que ha permitido mantener diferentes tipos de cultivo, tanto de subsistencia como de exportación, hasta la actualidad. Fertilidad cuyo origen deriva no sólo de las propias características edáficas de la Vega de Arucas, sino indudablemente de un lento proceso de adecuación, basado en la potencialidad de los suelos originales y su paulatina mejora<sup>17</sup> (incluyendo eliminación de elementos gruesos en superficie) por manejo agrícola. En este caso probablemente nos encontramos ante una de las secuencias edáficas más

---

<sup>16</sup> Desde su acepción más común en Edafología: disponibilidad óptima de nutrientes en cantidad y forma como para permitir el desarrollo efectivo de la vegetación.

<sup>17</sup> Aunque la documentación etnohistórica en Canarias aporta importantes datos sobre las prácticas agrícolas de sus poblaciones prehistóricas, muchos de ellos se nos escapan, sobre todo los que tienen que ver con el cuidado cotidiano de los sembrados. E indudablemente las zonas concretas donde éstos se encontraban.

antiguas de Canarias, con varios milenios de aplicación<sup>18</sup> de un modelo agrícola.



**Gráfico 32.** Comparativo de contenidos en materia orgánica oxidable y arcilla en suelos con cultivos de Caña de azúcar (Vega de Arucas) y cultivos modernos abandonados (zona de La Cerera). J.A.

Desde la perspectiva de los mecanismos erosivos, se trataría entonces de suelos muy expuestos a la acción de los agentes atmosféricos, especialmente cuando los cultivos implantados requieren de la eliminación de toda planta que no constituya el cultivar, como ocurre con los cereales. Tanto a nivel de análisis de fitolitos como de caracterización de los sedimentos que los engloban, cobran especial relevancia dichos mecanismos, dado que involucran el depósito de los primeros y definen las características de los segundos. En su trabajo doctoral Korstanje (2005) desarrolla varios aspectos relacionados con los parámetros mencionados, introduciendo la incidencia del laboreo agrícola, entendiendo que éste supone una mecánica de atrición extra a las condiciones naturales de meteorización, lo que supondría aumentar la erodabilidad y arrastre de partículas, edáficas y biominerales. Si bien en su caso la zona de estudio se veía ampliamente afectada por ambos aspectos, por tratarse de la alta montaña andina (Argentina), la correlación establecida por Korstanje sobre contenidos en materia orgánica, silicofitolitos y manejo agrícola permite proponer diferentes lecturas en función de los valores de las tres variables.

No obstante, la primera lectura debe orientarse obviamente hacia la fertilidad de esta zona del valle, donde la unión de suelos arcillosos y la

<sup>18</sup> Efectivamente creemos que estamos ante una de las extensiones de terreno agrícola más antiguas de las Islas, o al menos una donde por el momento puede seguirse de forma arqueológica y arqueobotánica muchas de las evidencias de tal modo de producción. Pese a que en las Islas otros yacimientos arqueológicos han permitido conocer las prácticas agrícolas, como en el caso de la Cueva de Don Gaspar (1990), entre otros, la posibilidad de realizar sondeos estratigráficos para aplicar sobre ellos análisis de microfósiles, solamente nos parece posible en zonas como la Vega de Arucas donde aun no se ha producido intervención antrópica en profundidad, como la que acontece con la excavación en profundidad llevada a cabo para realizar las cimentaciones de las edificaciones actuales.

presencia de agua favorecerían la práctica agrícola. Aunque una vez eliminada la vegetación original existente, de la que poco podemos definir, al menos más allá de la existencia de ambientes lagunares y las hipótesis relacionadas con lecturas basadas en la vegetación potencial zonal, que en todo caso coinciden en caracterizarla como propia de un piso bioclimático de transición. Aunque deben esperarse investigaciones de alta definición que permitan la reconstrucción paleoambiental local, mediante la realización de sondeos en profundidad en los parajes de la zona baja de Arucas, donde aun no se ha producido urbanización. La existencia de dichos espacios lagunares habría propiciado la de ambientes sedimentarios propicios para el depósito de microfósiles vegetales, como los palinomorfos, que muy probablemente nos permitan conocer las secuencias paleoclimáticas locales en base a las columnas polínicas depositadas en su interior. Es por ello que el análisis de otros microfósiles vegetales, especialmente los de base silicificada, aplicado a los sedimentos de La Cerera, podrían suponer un avance preliminar de lo que podrían ofrecernos las secuencias estratigráficas de los suelos más profundos de la zona de Arucas. Aunque en este caso desde los datos aportados por la explotación antrópica del medio.

El registro microfósil de las muestras fue analizado tomando en consideración las dos fracciones edáficas donde éste se localiza de forma común: limos (50-2  $\mu\text{m}$ ) y arenas 200-50  $\mu\text{m}$ . La fracción de los limos se reveló especialmente rica en microfósiles silicificados, pese a representar menos del 20% de las fracciones granulométricas totales, mostrando por tanto un alto componente biogénico. Entre los morfotipos detectados destacan especialmente los pertenecientes a las gramíneas (*Poaceae*), tanto los fitolitos de células largas de gran tamaño, cercano a las 50  $\mu\text{m}$  y células cortas, donde aparecen de tipos trapezoidal sinuoso, polilobulado y bilobulado. Igualmente se detectan grandes cuerpos silíceos de morfología paralelepípeda y márgenes lisos. También se detectan morfología propias de palmeras (globulares equinados) y microfragmentos de carbón. Debiendo destacar igualmente la presencia de células largas dendriformes, propias de las inflorescencias de gramíneas y en concreto de las cubiertas florales de granos vestidos de las de tipo cultivado (esqueletos silíceos).

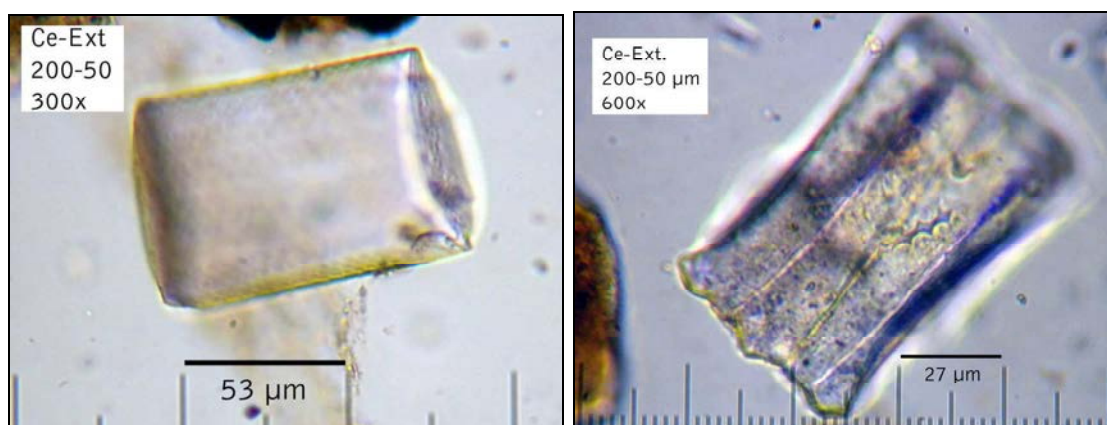
La presencia de microalgas diatomeas es patente, aunque no abundante, centrándose ésta en la misma especie mayoritaria de los sedimentos arqueológicos de La Cerera, perteneciente al género *Hantzschia* sp., y con cierto grado de certidumbre a la especie *H. amphyoaxis*, taxón muy común en los primeros centímetros de suelos forestales y suelos asociados a prácticas antrópicas, incluso en los de zonas ajardinadas (Patrick, en Werner, 1977).

Por su parte en la fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$  dicho componente biogénico desciende drásticamente, presentando únicamente ejemplos aislados de silicificaciones, aunque todas de gran tamaño y como cabría esperar >50  $\mu\text{m}$ . En especial destacan –por sus especiales características– los fitolitos de células buliformes cuneiformes/A:T<sup>19</sup>, así como de esqueletos silíceos

---

<sup>19</sup> Iniciales de la denominación *Arc:Triangle* empleada por Bowdery (1998) para definir las células buliformes con dos partes bien diferenciadas en su morfología, tomada ésta desde una perspectiva planar y como formas geométricas ideales. De tal modo que podrían distinguirse una zona semicircular y otra triangular, cuyos lados formarían a su

pertenecientes a hojas de gramíneas (**Figuras 351**). Observándose igualmente fragmentos muy aislados de elementos cilíndricos lisos (*cylindric psilate*, ICPN 1.0) con un diámetro aproximado de 53  $\mu\text{m}$  y un eje longitudinal superior a los 90  $\mu\text{m}$  (**Figura 350**). Pero como veremos, la fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$  nos reservaba algunas especiales y enriquecedoras sorpresas, aportándonos algunos referentes microscópicos que no habíamos previsto localizar. Se trata de microfragmentos óseos de fauna y otros de procedencia vegetal no-fitolítica (restos de epidermis no-silicificada) que corroboraron el hecho de que determinados tipos microfósiles tienden a alojarse en unas determinadas fracciones, aportándonos un componente biogénico específico y este caso lleno de posibilidades explicativas desde la matriz sedimentaria.



**Figura 350** (Izqda.), Fragmento de fitolito cilindroide, 300x. **Figura 351** (Drcha.), Fitólitos de células buliformes aun en posición anatómica, observados en vista de perfil. Ambos en la fracción 200-50  $\mu\text{m}$  y 600x. J.A.

Con respecto a los fitólitos de células buliformes, su presencia únicamente confirma la llegada al suelo, si es que la muestra analizada corresponde a un sustrato no antropizado en el pasado, de tejidos de gramíneas de gran o mediano porte similares a los depositados en los sedimentos arqueológicos del interior del yacimiento de La Cerera. Se trata en algunos casos de células que responden al modelo gráfico ideal de las presentes en los tejidos foliares de el carrizo (*Phragmites australis*), una vez determinada su posible filiación con dicha especie en base a las medidas de sus principales ejes de simetría (Capítulo II, Fitólitos). Lo cual en unión al importante registro de fitólitos presentes en esta muestra —tomada del exterior del yacimiento— parece confirmar que estaríamos ante sedimentos arqueológicos usados como suelos agrícolas, sin descartar el aporte de tierras de otras zonas, de la extensión exterior al yacimiento estudiado, pero pertenecientes a muy probables áreas de ocupación de época aborigen (González *et al.* 2009).

vez dos arcos de tendencia cóncava. No obstante, la complejidad es aun mayor, ya que por lo general la zona en forma de triángulo presenta curvaturas convexas en diferente grado de acentuación, mientras que la zona con forma de arco puede no serlo totalmente, presentando salientes o incluso —a modo de talón— una zona plana, convexa e incluso cóncava.

Esta hipótesis ha intentado ser refutada, como acertada lectura, en base al complejo registro de fitolitos observado en la fracción limo de las muestras externas al yacimiento, provenientes de un muestreo puntual.

Los resultados indican varios aspectos, entre ellos que se trata de una fracción muy rica en microfósiles silicificados y en especial fitolitos, y como ya se mencionó también microalgas de simetría bilateral o pennadas.

### **Sedimentos arqueológicos de La Cerera.**

Por su parte, las muestras de sedimentos analizadas de este yacimiento provienen de los muestreos realizados por el Dr. C. Criado para llevar a cabo analíticas enclavadas dentro de la Geomorfología. Por ello toda la información aportada en dichas analíticas, ya disponibles de forma completa (Criado & Hansen, 2009), debe entenderse como un antecedente claro en este tipo de estudios, que comparte algunos puntos en común con el realizado para conocer su contenido en microfósiles. Aspecto que permite contrastar y plantear distintos aspectos desde las mismas muestras analizadas. En todo caso éstas corresponden a las extraídas del perfil denominado *Corte 2* del yacimiento, aunque en algunos casos también mostramos –a modo de criterio comparativo– los resultados obtenidos de los Cortes 1 y 3.

Entendiendo la importancia de caracterizar las muestras de sedimento destinadas a análisis microfósil –siguiendo protocolos específicos–, se analizan someramente aquellos aspectos que pueden facilitar la interpretación del registro microscópico, entendiendo que, desde el protocolo seguido para su recuperación, se llevan a cabo tratamientos de laboratorio que aportan, de forma indirecta, algunas de las características de los sedimentos que los contienen. Por ello, igualmente, nos ceñimos a las muestras recuperadas para el estudio geomorfológico realizado por Criado & Hansen (2009) para llevar a cabo dichos tratamientos. Por ello la primera matización que debo realizar es la de plantear la existencia de niveles arqueológicos sobre los que no disponemos de información, dado que no presentaban materiales finos que muestrear, al estar constituidos, dichos niveles, por derrumbes rocosos procedentes de la cubierta de la cueva<sup>20</sup>.

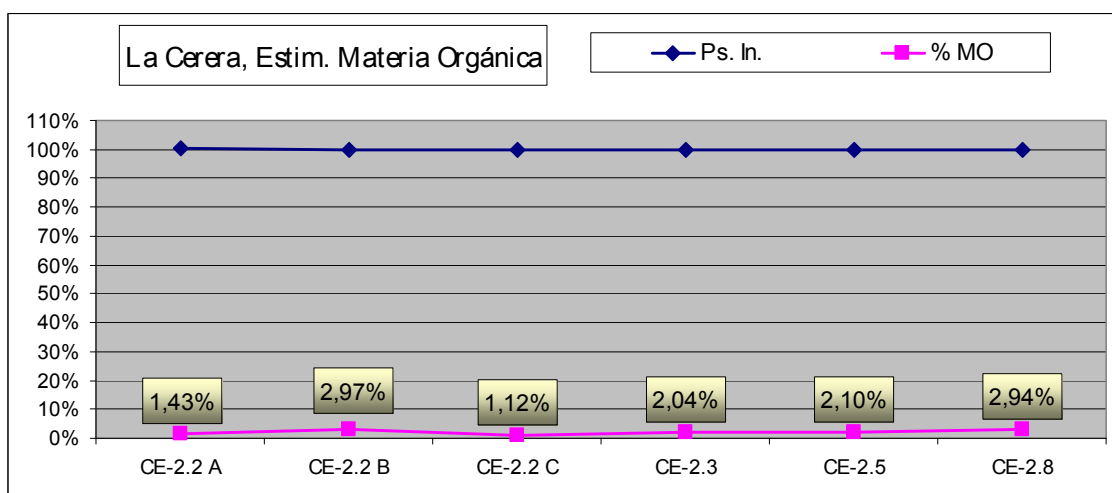
### **Estimación de contenidos en Materia Orgánica y registro microfósil.**

Desde el punto de vista de los datos aportados por la primera estimación parcial<sup>21</sup> de la materia orgánica (Corg), los contenidos y variaciones en la secuencia estratigráfica oscilan siempre por debajo del 3% (**Gráfico 33**), presentando los valores mínimos al comienzo de ésta (CE-2.2 A) y en el nivel algo superior CE-2.2 C. No obstante, unos valores situados entre 1,43-2,94% deben considerarse como de contenido bajo (CE-2.2a, 2.2c), normal (CE-2.3 y 2.5) y altos (CE-2.2b y 2.8). Al menos en la primera analítica ningún valor puede considerarse como muy bajo (<1%), aunque esta tendencia se invierte en la analítica de confirmación, donde salvo un nivel (CE-2.2a) todos presentan un valor <1%. Lo cual supone un aspecto muy relevante si es observado en relación con el notable registro microfósil de todos los niveles de La Cerera, registro que sin duda podemos calificar igualmente como

<sup>20</sup> Dr. C. Criado, 2010, Com. Pers.

<sup>21</sup> Obtenida mediante la diferencia entre el peso inicial y el resultante tras la oxidación en peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 33%) a temperatura de 100°C (placa calefactora).

arqueológico, porque recibió abundantes tejidos y elementos vegetales<sup>22</sup> por intervención antrópica. Lectura extensiva a toda la secuencia estratigráfica analizada y sin duda directamente relacionada con una intensa actividad antrópica, diversa y más o menos compleja según en los distintos suelos de ocupación de los que consta el yacimiento. Y a los que hay que sumar, sin duda, los posibles aportes de partículas desde el exterior del yacimiento, donde también debió existir una importante zona de hábitat (Jiménez, 1999, 2006, 2009).



**Gráfico 33,** Primera estimación de materia orgánica oxidable.

Las causas de este bajo contenido de materia orgánica oxidable pueden asociarse a su gradual descomposición en el tiempo, pero sobre todo a su no-renovación, como sí ocurriría en un suelo antropizado que no hubiese dejado de adquirir tejidos orgánicos por diferentes causas. Este hecho, tomado con criterios arqueológicos, podría interpretarse como signo inequívoco de sellado de los niveles arqueológicos con respecto a la generación de “suelos” posteriores al paquete sedimentario que nos ocupa, ya que el último nivel arqueológico (CE-2.8) sería éste el que recibiría –en el caso de una llegada de materia orgánica por remoción– el aporte de la misma. Haciendo referencia expresa a la creación de zonas agrícolas actuales, donde probablemente existió aporte de tierras provenientes de otras zonas, así como implantación de cultivos recientes con plantas introducidas.

Si planteásemos, como hipótesis de trabajo, que los suelos agrícolas modernos situados sobre los niveles arqueológicos reunían características semejantes a los analizados con fines de contextualización experimental –situados en el exterior actual del yacimiento–, observamos como podrían presentar algunas diferencias, entre otros aspectos, presentando valores de materia orgánica oxidable<sup>23</sup> notablemente mayores a los obtenidos en los

<sup>22</sup> Que puedan detectarse desde el análisis de biomineralizaciones fósiles de origen vegetal, aunque probablemente también recibiera otros tipos de aportes orgánicos pero que en nuestra analítica, salvo en el caso de posibles restos microscópicos de hueso, no pueden detectarse.

<sup>23</sup> Bajo el mismo método empleado con los sedimentos arqueológicos.

niveles arqueológicos muestreados<sup>24</sup> y no tanto en los de contenido en arcillas. Su valoración presenta, pese a que se ajusten a limitados muestreos y análisis de muestras superficiales (*training sets*), una alta rentabilidad científica basada en el propio esquema analítico que contempla la evaluación de diferencias y similitudes con las muestras arqueológicas estudiadas, entendiéndose que deben detectarse sustanciales variaciones entre los registros microscópicos de contextos edáficos y sedimentarios, cuyas características intrínsecas —muestras de una misma secuencia— no lo hacen con la misma incidencia.

Derivado del interés por comprobar estos datos y ante la posibilidad de realizar una segunda analítica, de nuevo se sometieron las muestras al mismo tratamiento, esta vez prestando especial interés por una completa oxidación de las mismas. Los datos ratificaron la tendencia y fueron aun más bajos que los anteriores (**Gráfico 34**).

Si nos centramos en los mismos, observamos que el mayor valor alcanzado corresponde al nivel estratigráfico más antiguo muestreado (CE-2.2a), aunque se trata de un valor ostensiblemente bajo (1,28%), lo cual por supuesto se ajusta a la dinámica de un material edáfico profundo, donde la materia orgánica también suele acumularse en los primeros centímetros del horizonte superficial (A) oscurecido por la misma. Observamos con estos datos que el valor mínimo se situaría en el punto CE-2.2 C (0,06%), mientras que en el nivel más cercano a la superficie se alcanza un valor intermedio entre ambos (CE-2.8= 0,86%). Ambos, al presentar un contenido en materia orgánica <1% deben considerarse como muy bajos. Desde tales datos la primera lectura sería metodológica, planteando que serían necesarios estudios concretos, sobre la materia orgánica total (Carbono orgánico) llevados a cabo en un muestreo más amplio para poder emplear, los datos obtenidos, en una lectura sobre este aspecto concreto. Pero también en el plano metodológico los valores extremadamente bajos de materia orgánica oxidable (cerca de 0%) nos han permitido lograr más rápidamente la desagregación de las muestras, aunque quedase pendiente encarar la de la fracción arcilla, que sin duda se ha visto acelerada por la rápida eliminación de la materia orgánica existente.

Obviamente la lectura debe orientarse, asumiendo también la inestabilidad de los datos obtenidos, a que el sustrato arqueológico casi está desprovisto en la actualidad de materia orgánica y que no podemos, en vista de lo expuesto, llegar a ninguna conclusión que nos aclare tal situación<sup>25</sup>. Pero si es posible descartar aspectos sobre la realidad del sedimento de La Cerera que estamos

---

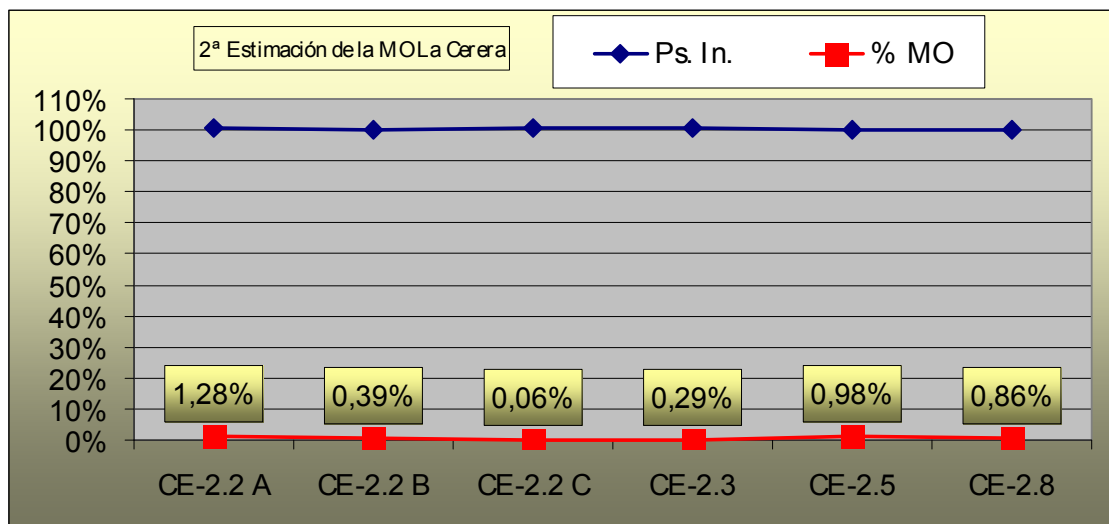
<sup>24</sup> En todo caso existe la certeza de que los suelos agrícolas —hoy en mayoritario estado de abandono— son derivación de aquellos explotados desde época prehistoria en Arucas.

<sup>25</sup> Se ha asumido la experiencia obtenida con la estimación de la materia orgánica desde los datos aportados por la pérdida de peso —por oxidación de la misma en presencia de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>— con resignación, dado que no es fácil interpretar la disparidad de valores ante el cierre de conclusiones. Pero a pesar de ello, dicha experiencia debe considerarse como tal, y ante todo un aporte de información sobre aspectos no siempre considerados en la práctica arqueológica convencional, y sobre todo debe entenderse que se trata de un proceso —el del ciclo de la materia orgánica en suelos y sedimentos antiguos— no suficientemente abordado.



estudiando en la actualidad, y uno de ellos es que no se trata de un sustrato rico en materia orgánica, pese a que los indicadores biológicos con los que trabajamos, y en especial los relacionados con restos vegetales, confirman que sin duda en el pasado recibió aportes de materia orgánica. Este tema, pese a que ofrezca inconvenientes en cuanto a su verificación empírica actual, debiendo confirmarse aun con analíticas específicas<sup>26</sup>, indica que aunque la materia orgánica en los sedimentos de La Cerera se presente de forma remanente, ello ya nos aproxima a cuestiones asociadas a su realidad biogénica. Y es que en los sedimentos de La Cerera, además de observarse un amplio registro en fitolitos de sílice, también puede hacerse con restos de microalgas silíceas, especialmente quistes de resistencia (crisofitas) y en menor medida valvas de diatomeas, así como en agregados arcilloso-amiláceos que podrían confirmar la deposición de harinas de cereales y quizás leguminosas.

No se trata por tanto, desde tal registro, de un sustrato que no ha recibido elementos orgánicos en el tiempo sino todo lo contrario. Si los valores obtenidos con la oxidación parcial de materia orgánica fuesen más altos y los asociáramos al registro de microalgas, y en especial a las del grupo de las crisofitas, podríamos incluso plantear que el sedimento se encontró, en varios periodos, bajo una lámina o columna de agua. Aunque no podemos descartar que lo haya estado al menos de forma episodial, ya que si optásemos por entender los restos de microalgas como de desarrollo autóctono en el sedimento –no provenientes del exterior– debían existir condiciones propicias para ello, como la existencia de la luz necesaria (entre otros factores) para el desarrollo de tales microorganismos.



**Gráfico 34,** Datos aportados en la 2ª analítica sobre materia orgánica oxidable.

Si atendemos a las primeras analíticas sedimentológicas, y lecturas asociadas a las mismas, aportadas por Criado & Hansen (2009), diversos niveles estratigráficos habrían recibido aportes hídricos y eólicos desde el

<sup>26</sup> Nos referimos al empleo de la metodología más apropiada para el estudio de materia orgánica total en suelos y sedimentos, mediante la determinación de C-orgánico por oxidación con dicromato potásico y ácido sulfúrico.

exterior. Lo cual obviamente introduce un elemento que limita una parte de las interpretaciones dadas al registro microscópico, cuya existencia en los niveles arqueológicos podría explicarse por dichos mecanismos. Sin embargo, tanto el estudio parcial de los sedimentos –desde una perspectiva granulométrica– como global en cuanto al de microfósiles y la conjunción entre ambos, parece permitir afirmar que estamos ante sedimentos efectivamente afectados por procesos externos, pero sobre los cuales es aun posible establecer lecturas estratigráficas a nivel del microespacio del yacimiento. Y lo es tanto en cuanto a las características de productividad de microorganismos de ambiente acuático y/o húmedo (microalgas) como del depósito de elementos vegetales, que en su total descomposición liberaron partículas biogénicas bajo diversas y muy abundantes formas de fitolitos<sup>27</sup>. En principio partimos de la hipótesis de que el origen de dicho depósito es, en su mayoría, fruto de una deposición interna y que al menos una parte del de microalgas también lo es.

### **Materia orgánica y registro microfósil.**

Parece lógico afirmar que no estamos ante un sedimento acuático, pero ¿porqué emitir esta afirmación cuando resulta obvio que analizamos un sedimento terrestre?. La razón de tal lectura debe asumirse en base al registro microfósil y en concreto de microalgas, diatomeas y crisofitas. Porque dicho registro es relativamente rico en éstas y porque no estamos ante un sedimento de una zona húmeda, particular ya expresado por Criado & Hansen (2009), sino de otra –si nos atenemos a valores comparativos de materia orgánica en suelos no-antropizados– vinculada con suelos agrícolas de secano, semi-áridos o en todo caso de regadío eventual, pero no templados-húmedos ni propios de ambiente de laurisilva. Igualmente de haber funcionado como un sustrato propio de un fondo eventual de charcos, los valores en materia orgánica deberían ser más altos, como suele ocurrir con los sedimentos de pozas, charcos, lagunas y otras masas de agua estancadas o en relativo movimiento. Al menos con los muestreados en la actualidad, la materia orgánica, quizá como ocurre en los horizontes edáficos más profundos, disminuye notablemente con respecto a los de superficie.

Pero conociendo que microalgas como las detectadas, pueden desarrollarse en una mínima lámina de agua, y siendo su registro en La Cerera uno de los más numerosos, éste obligadamente debía evaluarse e interpretarse en el conjunto de lecturas arqueobotánicas sugeridas para las secuencias prehistóricas del yacimiento.

Centrándonos ya en aspecto arqueológico, existe una clara contradicción entre lo que indica el registro microfósil y la evidencia de valores muy bajos en el contenido en materia orgánica. Igualmente los sustratos naturales que se encuentran bajo una cierta lámina de agua también pueden presentar contenidos medios en arcillas, salvo que se contemplen los situados en las propias orillas de lagos, ríos o mar, y en especial en marjales, que se diferencian de las marismas de inundación también porque en ellos el contenido de esta fracción aumenta incluso por encima del 40%. En líneas generales y en condiciones climáticas actuales como las de Arucas no podemos plantear la existencia de condiciones semejantes a las de los marjales, menos

---

<sup>27</sup> Asumiendo que los existentes son todos de composición silíceo.

en la inmediaciones del yacimiento pero...¿pudo funcionar el ambiente de cueva como el propio de estos ambientes?, descartando el de marismas, ya que no sólo parece impensable sino que ya los datos correspondientes al contenido en arcillas parece más propio de los primeros que de estas segundas. La pregunta sobre si el relleno de la cueva se debe a la presencia de una masa de agua cercana parece obvia pero entonces ¿cual es el origen del registro de microalgas?. Desde luego que por la similitud de contenidos en arcillas, entre sustratos propios de marjales<sup>28</sup>, los correspondientes al menos a cinco de los seis niveles analizados de La Cerera serían, paralelizables a los mismos.

En todo caso tales aspectos no hacen sino confirmar la dificultad para asumir lecturas arqueológicas y paleoambientales desde tales estimaciones, aun si sobre ellas se hubiese realizado una prueba estándar de valoración de la materia orgánica total<sup>29</sup>. Sin duda el registro de fitolitos y microalgas colabora es discernir al menos la existencia o no de deposición de elementos orgánicos, y en concreto vegetales en el primer caso. Igualmente puede ofrecernos información sobre estas cuestiones, siempre que le hagamos las preguntas correctas. Ciertamente la deposición de materia orgánica existió, y en un radio suficientemente corto como para permitir la llegada de partículas biominerales fósiles a los niveles analizados, si asumimos una deposición indirecta –fruto de aportes externos– pero manteniendo paralelamente la lectura de un posible depósito directo. El registro microfósil es suficientemente amplio como para proponer que los tejidos vegetales descompuestos en el sedimento pertenecían a diversos grupos vegetales. Aunque únicamente parece posible reconocer aquellos con producción de biomineralizaciones silicificadas, como las generadas por diversos tipos de gramíneas (*Poaceae*) y palmeras (*Palmae*), quizá con extensión a pteridofitos como *Pteridium aquilinum*, así como algunas especies de gimnospermas de más compleja identificación.

Igualmente, aunque en menor proporción, se produjo la deposición de tejidos de angiospermas dicotiledóneas, aunque sin poder precisar aun de qué género botánico, pero con alta probabilidad de algún tipo de laurácea. Cabe subrayar que en esa deposición no sólo intervinieran tejidos foliares, de troncos e inflorescencias, sino también los procedentes de las semillas de gramíneas cultivadas (cereales) que, como se sabe, contienen ingentes cantidades de hidratos de carbono bajo la forma de gránulos de almidón. Aunque no es tan común identificar el grupo *Fabaceae* (ant. *Leguminosae*) por la baja producción de biomineralizaciones silíceas de sus tejidos aéreos, salvo en algunas especies como *Vigna* sp. (Scott-Cummings, 1992), sí que es cierta su alta producción de almidones, lo cual deriva en la posibilidad de reconocer estos en aquellos sustratos donde se preserven del paso del tiempo, algo ya observado en sedimentos arqueológicos (Korstanje, 2002; Lefter, 2002).

---

<sup>28</sup> Capítulo Resultados 5-V, Caracterización de sustratos de zonas húmedas continentales.

<sup>29</sup> Mediante la determinación de Carbono orgánico por oxidación con dicromato potásico y ácido sulfúrico, entre otras pruebas encaminadas al mismo fin (Fraccionamiento, Análisis de componentes principales, etc.) y que también aportan información parcial sobre los contenidos en materia orgánica.

Otra vía para evidenciar la presencia de leguminosas son los **gránulos de almidón**. En los sedimentos de La Cerera parecen haberse depositado almidones del grupo *Triticeae* (trigo, cebada, etc.) pero también probablemente de leguminosas, aunque a pesar del espectacular tamaño de algunos de ellos (>60  $\mu\text{m}$ ) no resulta fácil su adscripción taxonómica completa ya que, como se expresa más adelante, se ve dificultada por las características de lo que inicialmente fueron tomados como gránulos de almidón aislados. Y que posteriormente se vinculan más a agregados “amiláceo-arcillosos”. Por lo que debo matizar que éstos obedezcan a procesos sedimentarios que involucran tanto a una génesis asociada a prácticas antrópicas realizadas sobre los mismos, como al aporte de materia orgánica, bajo formas de desechos alimenticios, que contuvieran esta forma de hidratos de carbono.

Efectivamente un grupo de partículas –con tamaño situado en muchos casos por encima de las 50  $\mu\text{m}$ – presenta comportamiento óptico similar a grandes y ovalados gránulos de almidón. Su color amarillento, morfología constante y presentación de cruz de extinción de luz bajo luz polarizada parecen permitir afirmar que se trata de almidones, pero también de la consolidación de éstos –parcialmente gelatinizados– en conjunción con partículas de arcilla. Por procesos relacionados con movimientos de la matriz edáfica habrían adoptado formas redondeadas, aunque predomina la tendencia ovalada (*ovate*) pero especialmente en *forma de riñón (reniform)*. La presencia de este grupo, sin duda asociado al componente biogénico del sedimento arqueológico, ha sido considerada como muy relevante, dado que se las observa en la casi totalidad de las muestras del mismo, e igualmente ha sido identificada en los asociados a industrias líticas de molturación, donde cobran especial relevancia cualitativa y cuantitativa. Aunque primeramente se les asoció a posibles residuos existentes en dichas piezas, posteriormente se comprobó que estaban presentes en la totalidad de los sedimentos, no sólo los que rodeaban tales elementos líticos y por tanto difícilmente asociables a prácticas de molturación<sup>30</sup>. Posteriores observaciones determinaron que pueda tratarse de agregados arcillo-amiláceos, una conjunción de arcilla y almidones que adoptaría –por razones que desconozco– formas ovaladas y/o redondeadas, con comportamiento anisótropo, el cual viene dado por la existencia en su interior de gránulos de almidón en diferente estado de gelatinización.

Un indicador de la presencia de materia orgánica en los sedimentos originales, cuyas propiedades deben entenderse cambiantes en el tiempo, podría ser igualmente el registro de microalgas (diatomeas y crisofitas), de las

---

<sup>30</sup> Pese a que puedan estarlo, la labor de discriminar éstas de los aportes de elementos microscópicos existentes en el sedimento contextual, que cubrió dichas piezas líticas, ha resultado sencillamente...muy compleja. Tanto como para finalmente concluir en que no puede descartarse la lectura de que fueran empleadas para molturar granos y semillas, pero los restos de estos, igualmente muy representados en el sedimento, hacen por el momento inviable emitir una lectura sobre la funcionalidad de dichas piezas. Obviamente una de las vías de resolución del problema metodológico (y arqueológico) sería aislar completamente las partículas biogénicas de los residuos de las de tipo mineral (separación por densidades) y comparar con las de los sedimentos, tratados éstos de igual forma.

cuales se han preservado sus esqueletos y quistes silicificados, muy bien representados en el registro microfósil. Indudablemente para su desarrollo requirieron de nutrientes —entre otros parámetros del mismo— que la materia orgánica, en buena parte de indudable aportación antrópica, podría haber propiciado. El abundante registro microfósil guarda aquí un aspecto relevante, en cuanto al conocimiento de los procesos de deposición de factura antrópica, tan intensos como atestiguan todos los conjuntos microfósiles detectados. Y sin duda relacionados con una utilización intensiva del espacio natural —modificado en profundidad— que habría trastocado parámetros fundamentales del mismo, como los relacionados con las características del sustrato previo a la actividad humana. Parece estar clara, en base a la manifiesta contradicción entre el registro microfósil de origen vegetal y los valores obtenidos en estimación de la materia orgánica oxidable, que el sedimento de La Cerera funcionó en un periodo de tiempo considerable como receptor de abundante materia orgánica, que aun debemos confirmar si obedeció a prácticas de limpieza de zonas aledañas o bien como zona habilitada para ciertas actividades económicas, tal y como sugieren los tipos microfósiles detectados. En todo caso, se trató de un proceso de alta intensidad que da cumplida cuenta de la exigencia a la que se sometió el espacio, a diferentes escalas, dentro del territorio controlado inicialmente por poblaciones prehistóricas y al final de la secuencia cronológica por las que precisamente interrumpirán —en época moderna— el modelo socioeconómico anterior.

#### **Presencia y contenidos en carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ).**

La primera referencias sobre la presencia de carbonatos en el sedimento de La Cerera es precisamente la que ofrecen Criado & Hansen (2009) sobre su ausencia, al menos mediante el test empleado por los autores para su detección. Sin embargo, dado que el registro de fitolitos acusaba en algunos niveles un avanzado proceso de disolución de  $\text{SiO}_2$ , se decidió volver a comprobar la presencia de carbonatos mediante su estimación indirecta (pérdida de peso tras oxidación en  $\text{HCl}+\text{HNO}_3$ ) y cuantificación ( $\%\text{CaCO}_3$ ). Ya que el proceso de disolución podría haberse iniciado como consecuencia de un pH básico extremo y circulación hídrica, algo que puede relacionarse con la presencia de carbonatos en el sedimento, ya que la reacción del suelo y su contenido en  $\text{CaCO}_3$  son factores estrechamente relacionados (Marin, 2003).

Primeramente la determinación de  $\text{CaCO}_3$  se llevó a cabo de forma parcial, evitando dañar en lo posible el registro de microfósiles de base carbonatada (oxalatos de calcio o pseudomorfos de calcita), empleando reactivos ácidos lesivos para los mismos como la conjunción de  $\text{HCl}+\text{HNO}_3$ . Los resultados obtenidos fueron suficientemente esclarecedores como para proceder posteriormente a un segundo tratamiento, que afianzara los realizados de forma preliminar. De este modo, los primeros tratamientos —y siguiendo los datos aportados por la pérdida de peso con el tratamiento de la muestra—, los datos sobre los contenidos parciales en carbonatos oscilaron entre 2,27% y 5,48% para las muestras del Corte 2. En el caso del Corte 1 oscilaron entre 2,65% y 5,39% y en el Corte 3 entre 3,63% y 5,04%, que como se aprecia resultan valores muy similares. Dichos valores se obtuvieron sometiendo las muestras a ácido acético glacial, que como se sabe sólo puede disolver someramente los carbonatos. Por ello se consideró que el ataque de la

muestra con HCl+HNO<sub>3</sub> aportaría unos datos más acordes con los contenidos reales en carbonatos de las muestras.

La información proporcionada por los indicios de procesos de disolución de SiO<sub>2</sub> en buena parte del registro de fitolitos de los sedimentos, motivó la lectura directa de estar ante la incidencia de valores elevados de pH en los mismos, pese a que los valores actuales sobre este parámetro indicaban que en ninguna muestra se alcanzaba la neutralidad (Criado & Hansen, 2009). Por ello también se llevaron a cabo nuevas determinaciones de pH siguiendo el protocolo estándar empleado con suelos<sup>31</sup>. Optando además por seguir una ruta explicativa basada en la existencia de un pH básico extremo –al que hacen referencia buena parte de los fitolitos de La Cerera– que a su vez guardaría relación con altos porcentajes de carbonatos en el sedimento. Entendiendo que estaríamos ante signos inequívocos de este hecho o bien, siguiendo una ruta paleoambiental, ante la evidencia de cambios ambientales que habrían afectado al propio espacio de la cueva, interviniendo en la propia génesis sedimentaria mediante la concentración de carbonatos.

Dado que no se aplicó ningún estudio micromorfológico a los sedimentos de La Cerera, no podemos deducir más lecturas que las proporcionadas por los parámetros analizados durante y después del análisis microfósil. Es por ello que siguiendo una lectura lógica, basada en la aportación de carbonatos al sedimento, se consideró la hipótesis de estar ante evidencias de un aumento del pH derivado de condiciones propias de climas más secos, tal y como plantean Porta *et al.* (1999) para suelos de ambiente mediterráneo, donde se producen acumulaciones de arcilla y carbonato cálcico. Sin desestimar, por motivos obvios, la intervención antrópica en tal proceso.

Por todo ello, el siguiente tratamiento se centró de forma específica en la definición de los primeros resultados<sup>32</sup> sobre contenidos en CaCO<sub>3</sub>. Las curvas acumuladas de sus contenidos, en las muestras de los tres cortes realizados en el yacimiento de La Cerera, indican valores muy similares, con un promedio de 14,75% (Gráfico 35). Localizándose su máximo en CE-2.5, con 17,28% y el mínimo en CE-2.2c con 8,09%, siendo éste el nivel más bajo de todo el conjunto analizado (cortes 1, 2 y 3).

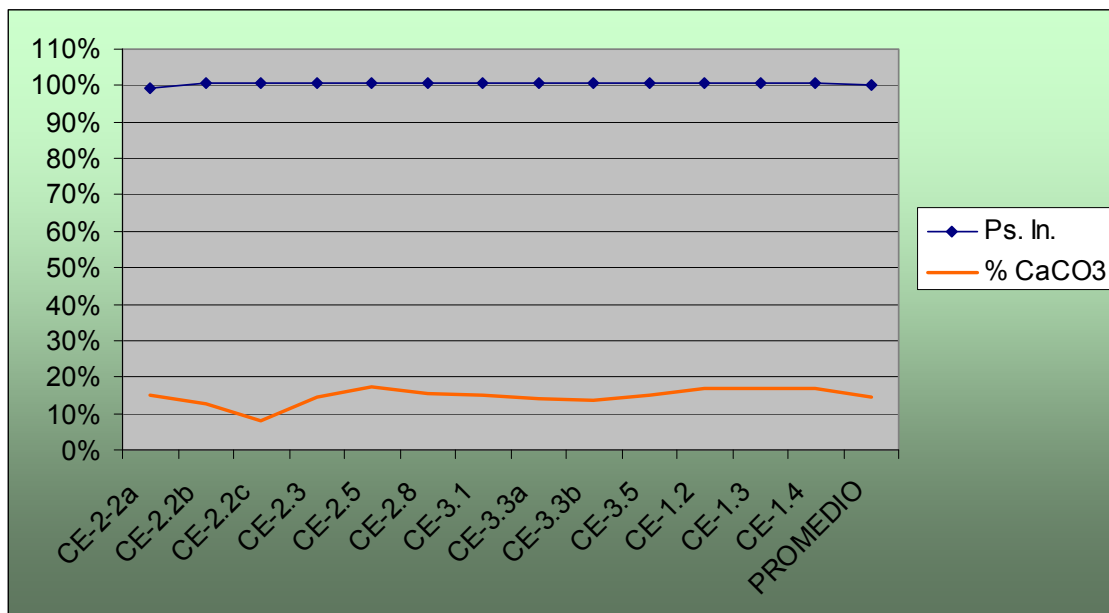
En detalle, se observa una tendencia similar entre las muestras de los tres cortes arqueológicos de La Cerera, con incrementos superiores al 15% (tomado éste como valor promedio) en varias muestras del Corte 2 (CE-2.8, CE-2.5), muy cercanas al mismo en el caso de C.3 (CE-3.5 y CE-3.1) y todas las del Corte 1. Cabe destacar por ello las desigualdades observadas sobre

---

<sup>31</sup> Llevados a cabo por M. Garín, Dpto. de Edafología y Geología, Universidad de La Laguna.

<sup>32</sup> Empleando, de forma indirecta, los resultados obtenidos mediante el protocolo de eliminación de carbonatos propuesto por Albert *et al.* (1999), para el tratamiento de sedimentos y suelos con fines propios del análisis de fitolitos. El método consiste en el ataque ácido de la muestra con clorhídrico (HCl) y nítrico (HNO<sub>3</sub>) en caliente (70°C) con un volumen de 15 ml. hasta el cese de la posible reacción. La muestra, en esa disolución, se mantuvo por espacio de 24 horas, eliminando luego el reactivo mediante sucesivos lavados con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y decantación tras centrifugado (2.000 rpm) durante 10 minutos. La estimación de carbonatos se llevó a cabo mediante la diferencia de peso observada tras el ataque ácido con respecto al peso inicial.

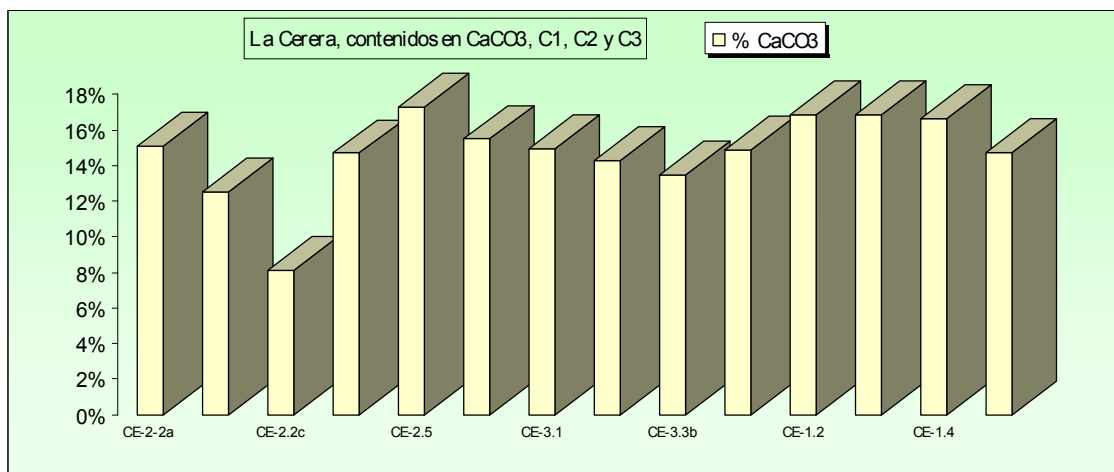
%CaCO<sub>3</sub> en la estratigrafía del Corte 2, apreciándose un notable descenso en CE-2.2b y especialmente en CE-2.2c, como ocurre en menor medida en el Corte 3, en concreto en el nivel CE-3.3b. Por el contrario el Corte 1 presenta una clara homogeneidad en este parámetro, situándose siempre por encima del 15% (Gráfico 36).



**Gráfico 35**, Curva acumulada, de contenidos en CaCO<sub>3</sub>, en las muestras de los tres cortes de La Cerera, en relación al peso de partida (Ps. In.), tomado como valor 100%.

Con estos datos conviene al menos ratificar que existen carbonatos —en las proporciones estimadas— en los sedimentos de La Cerera, estando su interpretación vinculada a la clasificación del sedimento/suelo en función del %CaCO<sub>3</sub> detectado (Marín, 2003). Si consideramos dichos porcentajes en las muestras de sedimento totales (13), en los tres cortes de La Cerera, observamos que 12 pueden considerarse como de contenido “Normal” (10.1-20%), mientras que sólo una de ellas (CE-2.2c) lo sería como “Bajo” (5-10.1%). En ninguna de las muestras se registra un valor que pueda ser considerado como “Alto” (20,1-40%). Sin embargo, creemos que los datos obtenidos ofrecen valores suficientemente explícitos como para considerar que el pH de las muestras no debería ser medianamente ácido, o con tendencia a la neutralidad, sino inexcusablemente básico, ya que existe una estrecha relación entre ambos parámetros (Marin, 2003), o al menos plantear que, para que estos sedimentos fueran ácidos, no deberían contener carbonatos. Introducimos aquí, dado que parece suficientemente coherente hacerlo, que los valores obtenidos deben considerarse válidos, aunque su obtención no se haya realizado mediante las pruebas comunes para el ello, como es el uso del *calcímetro* de Bernard (Porta, 1986). En su lugar, el empleo de ácidos como el clorhídrico y nítrico (HCL+HNO<sub>3</sub>), a los que se somete la muestra en digestión de varias horas, supone que la pérdida de peso resultante deba asociarse, creemos inexcusablemente, al contenido de las mismas en carbonatos.

Sin entrar en el debate de la interpretación de tales resultados, no al menos más allá de la confirmación de la presencia de carbonatos totales, ésta ratifica al menos la vía explicativa sobre las condiciones del sedimento, especialmente en cómo lo convirtieron, además de elemento aglutinador, en un contexto que afectó negativamente al registro microfósil. Como más adelante se expresa, con ocasión del estudio del pH y las lecturas asociadas a su posible relación con los procesos de disolución de  $\text{SiO}_2$ , el contenido en carbonatos podría vincularse a varios aspectos, entre ellos a la propia naturaleza de la cueva que alberga el yacimiento, pero también a otros que en parte son abordados más adelante.



**Gráfico 36,** Estimación detallada de %CaCO<sub>3</sub> (por descarbonatación mediante HCl) en los sedimentos de tres cortes de La Cerera.

Sin embargo, el hecho de estar ante sedimentos arqueológicos pertenecientes a un yacimiento, donde aun debe definirse su funcionamiento en el tiempo, obliga a considerar todas las opciones en cuanto a su contenido en carbonatos. Lo cual, a riesgo de relativizar las posibles conclusiones, supone una obligación inherente a la práctica arqueológica, al menos con aquella donde se busca contemplar, verificar y en lo posible jerarquizar, la participación de todos los factores que pudieron involucrarse en un determinado proceso. En ese sentido, como en el del registro microfósil, las características de un determinado parámetro pueden ser tanto naturales como antrópicas y más acertadamente la conjunción de ambas. Pero dada la complejidad de tal cuestión, parece que sólo la obtención y verificación de paralelismos o discrepancias (entre diferentes parámetros) puede permitirnos –con cierto grado de acierto– llegar a valorar la naturaleza más lógica del fenómeno estudiado.

Por todo ello, las lecturas asociadas a tales valores de CaCO<sub>3</sub> podrían vincularse también a las que implican condiciones climáticas aptas para sus concentraciones y depósito (Porta *et al.*, 2011), como las generadas por periodos de altas temperaturas y aridez<sup>33</sup>. Mientras que otras podrían

<sup>33</sup> Para lo cual, como presentan Porta *et al.* (2011) resultaría esclarecedor un análisis micromorfológico que pusiera de manifiesto la presencia de revestimientos de arcilla recalificados. En todo caso de existir ese proceso, éste habría operado como factor limitante de la dispersión de las arcillas, aspecto que inicialmente no parece haberse



encaminarse hacia aspectos paleobotánicos, ya que en virtud de lo planteado por Schmid (1980), las altas concentraciones de  $\text{CaCO}_3$  no sólo pueden obedecer a tales condiciones, sino también a que haya existido vegetación en la superficie de la montaña situada sobre la cueva. Parámetro éste que podría haberse producido al menos durante aquellas etapas iniciales, cuando no era necesaria como recurso. Pero en todo caso no puede obviarse el factor antrópico, ya que en la llegada de  $\text{CaCO}_3$  al sedimento, podría vincularse también a la presencia de estructuras de combustión en el asentamiento. Y que fueran éstas las que aportaran carbonatos –bajo la forma de pseudomorfos de calcita– como producto de la combustión de tejidos vegetales con alto contenido en oxalatos de calcio. Una lectura plausible y que como se menciona a lo largo de estas líneas, resulta totalmente factible cuando lo que se estudian son –con toda la complejidad que nuestras observaciones han detectado– sedimentos afectados por una estructura de combustión.

Las inferencias, como puede observarse, aunque complejas resultan perfectamente abordables cuando se produce la conjunción de varias fuentes de información y que, como retomamos al final de este apartado, puede venir de la mano del estudio del sustrato que engloba los conjuntos microfósiles, los mismos que sirven como armazón empírico para nuestro trabajo. De tal modo que, como se expone a lo largo de esta líneas, se trata de consideraciones analíticas que permiten ahondar en las características de los “momentos” y circunstancias que rodearon la ocupación humana de La Cerera. En todo caso, la ya mencionada complejidad de las lecturas sobre posibles condiciones sedimentológicas diferentes a las actuales, aconsejó desarrollar una valoración final al respecto, que es expuesta al final de este apartado. Algo que consideramos necesario en virtud de la evidencia directa, manifestada por el estado de conservación de silicofitolitos en el sedimento, al respecto de procesos abiertos de disolución de  $\text{SiO}_2$ .

### **Granulometría de las muestras de sedimento arqueológico.**

#### **Arcillas.**

El otro medio empleado, como información paralela obtenida mediante el tratamiento de las muestras sometidas a valoración microfósil, ha sido la estimación preliminar de las fracciones granulométricas de los sedimentos<sup>34</sup>. Obviamente los datos aportados fueron, de nuevo, fruto de la redundancia en el tratamiento de las muestras en bruto, proceder que creemos resulta muy aconsejable, en especial cuando se trabaja con cantidades ínfimas de muestras de suelos y sedimentos, como es 1 g. de las mismas<sup>35</sup>. Los datos en este caso son claros y especialmente relevantes en la principal cuestión por

---

producido o en todo caso no puede estimarse mediante la metodología empleada en esta Tesis.

<sup>34</sup> Empleando el método descrito en el protocolo MCAM, realizando una separación mixta de la fracción arcillas por decantación y del resto de fracciones por separación mediante batería de tamices.

<sup>35</sup> Atendiendo a que esta cantidad resulta ya representativa de la muestra analizada, al menos en lo que respecta a un análisis de microfósiles vegetales en contextos arqueológicos (Albert *et al.*, 1999) o paleontológicos (Bárcena & Flores, 1990; Bárcena, 1994; entre otros).

dilucidar tras la primera obtención de los mismos (**Figura 37**), como que se trata de un sustrato arqueológico rico en elementos finos, en especial de arcillas (<2  $\mu\text{m}$ ). Mientras que el máximo de las mismas, en la primera analítica, se alcanzaba en el punto CE-2.3 con 46,29%, en la segunda analítica se hacía en el punto CE-2.5, con 50,30%. Los valores mínimos coincidieron con en el nivel más bajo, CE-2.2 A, donde en el primer caso, se observa un contenido en arcilla igual a 9,04%<sup>36</sup> y el segundo 31,42%, que pese a ser notablemente más alto que en la primera estimación, sigue siendo superado como mínimo en 16 puntos por el resto de muestras. Como ocurre con la mayoría de analíticas realizadas, nos ofrecen mayores garantías las últimas, ya que en ellas se condensa la experiencia –y mejor criterio metodológico– acumulados durante el proceso formativo en tales tareas. Y en concreto las modificaciones realizadas en el protocolo tomado como base analítica (Bárcena, 1994 y posteriores) introduciendo una mejor dispersión (y eliminación) de la fracción arcilla.

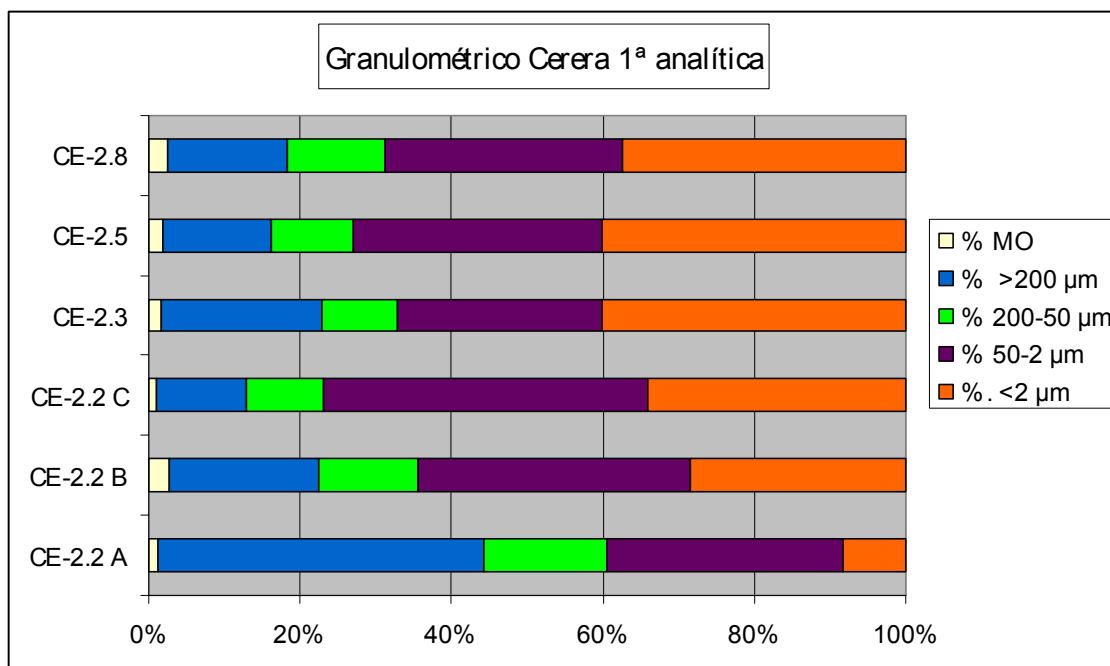
Si dicho proceder siempre es aconsejable, en el caso de las arcillas se trata de un elemento clave en la investigación de los parámetros microfósiles, como de los asociados a los sustratos que los portan. Ciertamente una de las tareas más complejas en los laboratorios de Edafología –asociadas a la determinación de la textura– es la de dispersar las arcillas, rompiendo –por procedimientos químicos y mecánicos– los complejos enlaces de éstas. Paradójicamente los mismos que permiten, entre otros parámetros asociados, que los suelos ganen en fertilidad, en un complejo y muchas veces lento proceso edafogénico. Del mismo modo son varios los trabajos versados en el análisis microfósil que acometen, como tarea más compleja, la dispersión y eliminación de la fracción arcilla (Lentfer & Boyd, 1999; entre otros).

Pero si dicha tarea es compleja, en nuestro trabajo se ha vuelto crucial, de hecho fue tomada como objetivo prioritario desde el momento en que asumimos el estudio y valoración de registros microfósiles sin separar éstos –por densidades diferenciales– de la fracción mineral, empleando el método de flotación en líquido pesado (Albert *et al.*, 1999; Piperno, 2006; Korstanje, 2006; entre otros). Por ello creemos que el objetivo de eliminar las arcillas de suelos y sedimentos, sujetos a inspección microscópica, se ha logrado al menos en un 99%. Y por tanto, la estimación de su contenido en dichas

---

<sup>36</sup> Sin duda en este valor debe considerarse una parcial desagregación y eliminación de la fracción arcilla, derivada del primer método empleado para tal fin, basado en la acción química de hexametáfosfato sódico en agitación mecánica durante 24 horas, más la acción posterior de los reactivos aportados para la oxidación de materia orgánica ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) y carbonatos ( $\text{HCl} + \text{HNO}_3$ ). Aunque creo que el segundo método empleado, que contempla la acción controlada de ultrasonidos además del tratamiento químico señalado es el más eficaz, los cambios introducidos en el protocolo, al respecto de recipientes y volúmenes de tratamiento más reducidos, son los que permiten igualmente un seguimiento más exhaustivo del proceso de desagregación y eliminación. Y comprobando que cuando éste se da por finalizado, la observación microscópica indica que el contenido en arcillas, en las preparaciones microscópicas y en la muestra en general, es notablemente inferior al observado en las preparaciones confeccionadas tras el primer tratamiento. Y confirmando igualmente la reducción de las diferencias de contenido en arcillas remanentes entre muestras, hecho que anteriormente no podía ser controlado con la misma facilidad.

muestras resulta más veraz en aquellas donde el protocolo MCAM fue aplicado con rigor y seguridad, algo que en los primeros momentos sospechamos no alcanzó, desde tales criterios, los mismos niveles de ejecución<sup>37</sup>.



**Gráfico 37**, Primera estimación de la tendencia granulométrica del sustrato arqueológico del *Corte2 de La Cerera* con fines microscópicos, donde se aprecia el predominio de la fracción limo. J.A.

Sin embargo, dados los límites interpretativos de practicar una lectura acerca de la textura de sedimentos con tan limitado peso de partida de las muestras (1 g.), debe llamarse la atención sobre los verdaderos objetivos de dicha práctica, basados en la identificación y valoración de microfósiles en las fracciones edáficas/sedimentarias que los contienen. Derivado de ello, quizás conviene matizar que las lecturas más aproximadas serían las que toman ambos valores, de la primera y segunda analítica, como intervalos máximo y mínimo. Y en todo caso únicamente como indicadores de la tendencia granulométrica en relación con su contenido en microfósiles —y resultados de la metodología empleada como valoración contextual— y no tanto para la caracterización exclusiva de los sedimentos del yacimiento.

<sup>37</sup> Sin duda existen diferencias entre el protocolo MCAM final (Método Contextual de Análisis Microfósil) y el inicialmente empleado, ya que el primero fue estructurado en función de los resultados del segundo, siendo —las arcillas— el objetivo metodológico a solventar en cuanto a grado de desagregación y eliminación posterior. La posibilidad de supervisar en recipientes de bajo volumen, como los empleados de 50 ml., el grado de eliminación de tales partículas, ha sido fundamental para garantizar la limpieza de muestras donde únicamente se encuentren presentes, de forma adecuada (dispersión homogénea sin cabalgamientos y representativas del conjunto global) las partículas minerales y biogénicas sobre las que se realiza el estudio microfósil. Dicho grado de "limpieza textural" en términos de presencia de arcillas, es el que ha sido empleado para la estimación indirecta, por diferencia de peso, del contenido en las mismas por gramo de muestra tratado y posteriormente analizado.

En la primera estimación de la textura de las muestras del Corte 2 (**Gráfico 37**) destacó el claro predominio de las fracciones finas, aspecto ya citado en trabajos anteriores<sup>38</sup>. Y en especial en cuanto a las arcillas (<2 µm) y los limos totales (50-2 µm). La primera fracción no puede considerarse importante en términos microfósiles, al menos no más allá de una representación aislada y fragmentaria del registro microfósil reconocible en los limos, ya que es ésta última la que suele contener la mayor parte de dicho registro<sup>39</sup> (Pinilla y Bustillo, 1997; Afonso, 2004a; entre otros), por tanto guarda una relevancia que supera la de tipo edáfico convencional. Por ello tomamos los primeros datos obtenidos, para el estudio microscópico, con expectación, ya que el máximo de la fracción limo se situaba cercana al 50 % (CE-2.2 C), siendo sólo superada por las arcillas (CE-2.3). Pero transcurrido el tiempo (experimental y analítico) suficiente como para poner en práctica un protocolo más exhaustivo con la eliminación de la fracción arcilla, se llevó a cabo una segunda estimación de las fracciones granulométricas que comprobaba la entidad de los limos en particular, asumiendo —ya con seguridad— que buena parte de las partículas que los integraban eran de naturaleza biogénica.

Efectivamente la segunda analítica de fracciones granulométricas realizada con fines microscópicos, ratificó el alto contenido en arcillas de las muestras, pero sobre todo su mejor disgregación y eliminación, confirmando también la idoneidad en la modificación del protocolo de actuación. Efectivamente los valores granulométricos de la segunda analítica confirmaron el aumento en la estimación de la fracción arcilla, así como una reestructuración en la estimación de las otras fracciones, que en líneas generales siguieron estando encabezadas por esta fracción y menos por los limos, como indicaba la primera estimación (**Gráfico 37**).

En todo caso eran estos aspectos que confirmaban la necesidad de aplicar un protocolo ciertamente agresivo pero más meticuloso —también más costoso en inversión de tiempo— que nos permitiera un mayor control sobre el proceso de dispersión de los agregados de arcillas. Estos complejos componentes edáficos habrían dificultado la óptima dispersión del resto de partículas minerales, y por tanto la lectura de sus verdaderas concentraciones, entre las fracciones granulométricas del sedimento.

Con todo ello los valores obtenidos en la segunda analítica (**Gráfico 39**) resultaron modificados con respecto a la primera, siendo muy apreciable en la curva creada por los datos que reflejan los contenidos en arcilla y limos (**Gráfico 38**).

Como ya he planteado, los datos de esta segunda prueba granulométrica deben ser tomados con mayor seguridad que los de la primera, realizada aun sin la exhaustividad que el método de extracción propuesto en el protocolo MCAM<sup>40</sup> aporta al tratamiento previo de las muestras. Y en concreto a la disgregación y eliminación de arcillas. En definitiva el porcentaje de arcillas es tan alto como para superar, en casi todos los niveles muestreados el 45%,

---

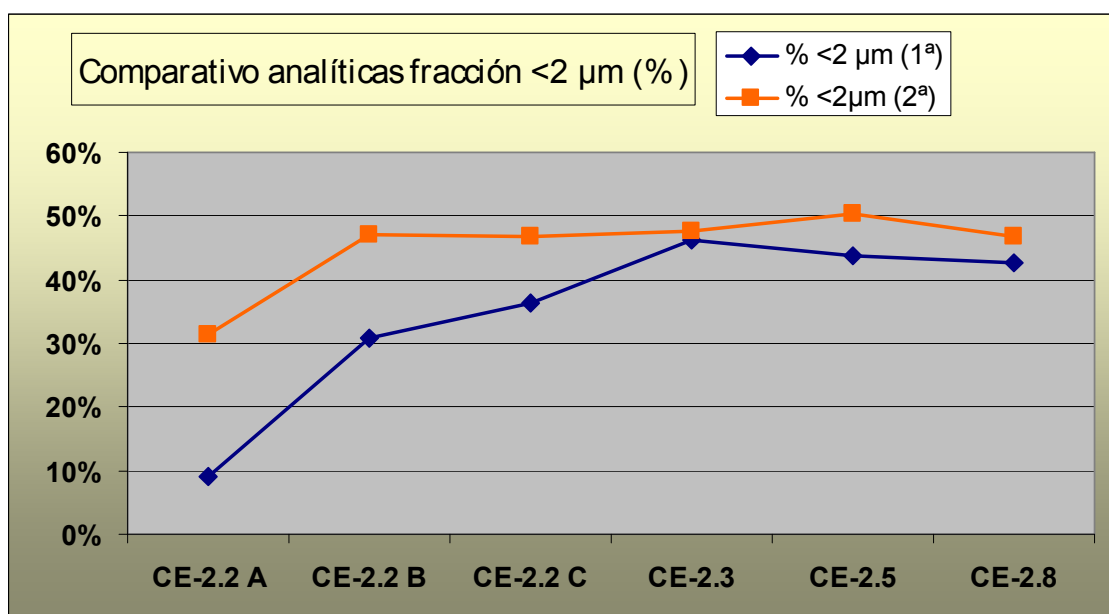
<sup>38</sup> Criado & Hansen, 2009: 41-60.

<sup>39</sup> Al menos la integrada por células cortas y largas (éstas últimas en menos casos) hasta un rango máximo de 50 µm.

<sup>40</sup> Como ya se ha explicitado, corresponde a las siglas de *Método Contextual de Análisis Microfósil*.

con excepción del correspondiente a CE-2.2A (31,44%), aspecto éste último que hay que poner en relación con la naturaleza del nivel al que pertenece la muestra, caracterizado por constituirse como la zona más baja del paquete sedimentario de la cueva, ya en contacto con el sustrato rocoso.

Pero en todo caso, pese a la obligada relectura analítica, el sedimento ya puede calificarse como de *arcilloso*, al superar en varios niveles el 30% de su contenido en arcillas. Y su comportamiento, si valorásemos por separado dicha fracción sería —entre otros parámetros dependientes de su mineralogía— la de un sustrato con alta fertilidad química, baja permeabilidad, dificultad de laboreo y manifiesta dificultad a la penetración de las raíces (Porta *et al.*, 1999). Además, tal y como citan estos mismos autores, la fracción arcilla supone un factor generalmente determinante en un horizonte y suelo, más acusado que otras fracciones para la respuesta de las plantas. Igualmente la acción de ciertas fracciones es más acentuada que la de otras, y en este caso la alta proporción de la fracción más fina (<2  $\mu\text{m}$ ) indica la presencia de suelos evolucionados.



**Gráfico 38**, Curvas acumuladas de fracción arcilla en dos analíticas. J.A.

Pero no podemos olvidar que este parámetro no puede aplicarse en su totalidad a un sedimento arqueológico, que en todo caso podría presentar —en sus datos matriciales y de microfósiles— un reflejo más o menos indirecto de los suelos del contexto ambiental inmediato. Más cuando el ambiente de cueva de La Cerera habría funcionado —en principio parcialmente— como cuenca receptora del producto sedimentario de la erosión eólica e hídrica local (Criado & Hansen, 2009). Desde dicha perspectiva, el sedimento de La Cerera nos indicaría parcialmente las características de los suelos empleados como recurso productivo, siendo su puesta en uso y explotación detectable en las mismas. De ahí la importancia de no infravalorar cualquier información extraída de los materiales arqueológicos existentes y la idoneidad, más que recomendable, de recuperar en los momentos previos a la excavación arqueológica aquellas secuencias edáficas del contexto arqueológico inmediato. Que en este caso estaría representado por una compleja mixtura

espacio-temporal de suelos naturales en origen, posteriormente antropizados en época prehistórica por las poblaciones de la zona de Arucas, luego vueltos a ser empleados con fines agrícolas en época moderna y hasta la actualidad. Que es cuando el suelo pasa a ser un recurso puramente urbanizable y por tanto susceptible de ser eliminado o sellado en su casi totalidad<sup>41</sup> (cimentación en profundidad).

Pese a la eficacia del protocolo empleado, en cuanto a la neutralización del efecto enmascarador y aglutinador de las arcillas —que culmina con una eliminación de éstas en lo que consideramos hasta un 99 % de sus partículas—, dicha fracción en su conjunto únicamente guarda un reflejo —a nivel microfósil— de lo que puede contenerse en la “fracción fértil superior<sup>42</sup>”. Incluso en aquellos casos donde al contenido microfósil del sedimento arqueológico podrían sumarse los de los residuos de molturación de las numerosas piezas líticas recuperadas durante las campañas de excavación, el registro de microfósil de la fracción arcilla —una vez situadas en suspensión y decantadas— es prácticamente inexistente.

No obstante, para comprobar este hecho, se realizó un análisis microscópico —a modo de control— del sobrenadante procedente de la decantación de los recipientes con muestras en solución, que además permitió valorar la eficacia del método de dispersión y eliminación de la fracción <2µm. El cual confirmó tanto la ingente cantidad de arcillas eliminadas, como su escaso contenido en microfósiles. Considerándose éstos no como integrantes en la fracción <2 µm<sup>43</sup>, sino como mínimos ejemplos de extracción no-deseada del registro sobre el que debe realizarse la inspección microscópica. Por ello, por lo aislado de la evidencia —si nos atenemos al considerable registro microfósil de los sedimentos de La Cerera—, este hecho debe tomarse como ejemplo de excepcionalidad que confirma una tendencia. La arcillas por tanto —y aquí sí lo son en comparación con los contenidos en materia orgánica—, son un rasgo característico de los sedimentos arqueológicos del yacimiento de La Cerera. Y al contrario que aquella, su desagregación y eliminación supone, ha supuesto, un auténtico reto

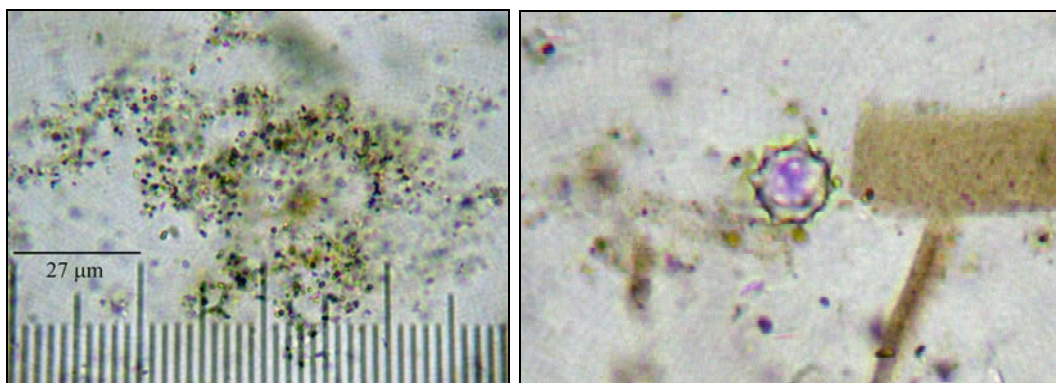
---

<sup>41</sup> Como puede apreciarse, en zonas como el núcleo y extrarradio de la ciudad de La Laguna (Tenerife), donde existen suelos muy profundos, la cimentación de las nuevas edificaciones requiere —por sus características— del desalojo de grandes cantidades de suelo, ya que la cimentación se realiza a gran profundidad —para explotar al máximo las dimensiones del solar— y cumplir con las normas de solidez de la misma. Por ello suele llegarse al nivel de rocamadre, eliminando —en la medida de lo posible— el paquete edáfico existente en la parcela edificable, que suele ser empleado como sustrato para espacios ajardinados o de huertas (en la actualidad con menor frecuencia).

<sup>42</sup> Considerando como tal la situada, en virtud de los rangos granulométricos contextuales fijados en el MCAM, entre 2 y 700 µm, intervalo del partícula suficientemente amplio como para permitirnos identificar cualquier partícula biogénica con una magnificación de rutina de 600x.

<sup>43</sup> Obviamente no-integrantes cuando se trata de las arcillas procedentes de muestras tratadas para su eliminación, en su estado natural esta fracción quizá sea —en función de su gran concentración en La Cerera— las partículas edáficas más íntimamente unidas al registro microfósil.

metodológico. Aunque obviamente la escasez de materia orgánica ha facilitado, sólo en parte, dichos procesos (**Figuras 352-353**).



**Figura 352**, Partículas de limos finos ( $<5 \mu\text{m}$ ) y arcillas pertenecientes al sobrenadante de piezas de molturación, 600x. **Figura 353** (Drcha.), silicofitolito de palmera entre partículas de arcilla agregadas por la desecación de la muestra-control, 400x.

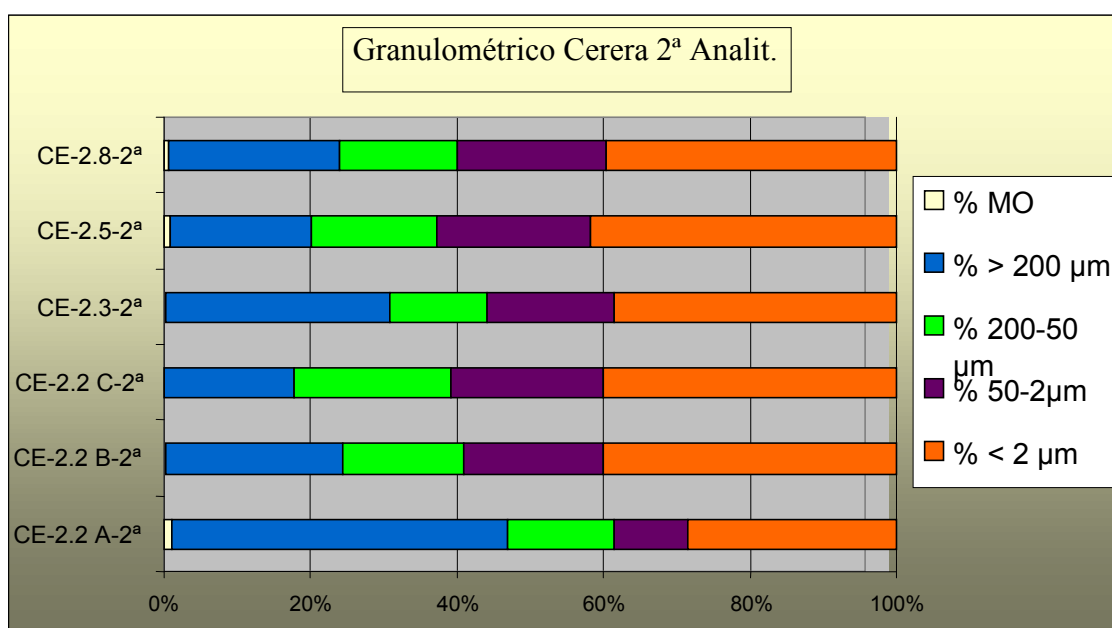
Al margen de ellos la significación del predominio de la arcilla, junto con la valoración de los limos en la textura del sedimento, puede indicar muchos aspectos, pese a que no todos sean tratados aquí. Uno de los más relevantes quizá sea el de la procedencia de tales arcillas, así como su significación a nivel paleoambiental. Por lo que ambos aspectos serán tratados primeramente, ya que la arcilla juega un importante papel en los procesos edafogénicos, y en especial en los que atañen a los criterios de fertilidad y comportamiento del suelo (Courty *et al.*, 1989).

La acumulación natural de arcillas en suelos de la zona de Arucas únicamente podemos seguirla mediante los resultados de los escasos muestreos realizados en la misma. Así la muestra más cercana –del exterior del yacimiento actual– fue tomada en las escasas superficies llanas, en este caso aterrazadas con fines agrícolas (bancales), existentes en la cota del yacimiento y en la vertiente sur de la Montaña de Arucas<sup>44</sup>, en un entorno de urbanización cerrada. La estimación preliminar de su textura (**Gráfico 40**) ofrece, aunque con apreciables diferencias en otros aspectos, un elevado porcentaje de arcillas (CE-Exter.= 31,83%), pero que sólo se aproxima al mínimo observado en el sedimento arqueológico en su nivel más antiguo (CE-2.2a= 31,44%). Aunque no disponemos de la secuencia estratigráfica completa de dichos suelos, este hecho puede estar relacionado –aquí inversamente proporcional– para con el sedimento arqueológico, mucho más rico, en su nivel superficial en dicha fracción (CE-2.8= 46,81 %). Obviamente son muchos los aspectos que pueden guardar relación con este hecho, entre ellos un comportamiento radicalmente opuesto entre los niveles arqueológicos para con los suelos actuales, al menos desde la indicación de horizonte más superficial (A).

En vista de ello la primera inferencia podría ser que entre los niveles arqueológicos no se ha producido el efecto de traslación vertical que sí acontece a nivel edáfico, pese a que en la formación de la estratigrafía hayan

<sup>44</sup> Gracias a la amable disposición del Dr. C. Criado para tomar dichas muestras.

existido procesos de acumulación hídrica y eólica, que hayan aportado partículas del exterior de la cavidad (Criado y Hansen, 2009). Estaríamos por tanto ante un buen indicador del funcionamiento microestratigráfico, que permitiría hablar de niveles interrelacionados, aunque únicamente en cuanto a contacto y no tanto a intercambio y/o traslación gravitacional de partículas constituyentes (minerales + biogénicas), o al menos no en la totalidad de los mismos. De hecho el nivel más bajo de la secuencia analizada (CE-2.2 a) presenta, en las dos analíticas realizadas, los menores contenidos en arcilla de las muestras pertenecientes al Corte 2, contradiciendo la dinámica propia de un nivel de acumulación y recepción –por traslación vertical– de partículas finas desde los niveles superiores. Proceso que en virtud de las lecturas de Criado y Hansen (2009) debería haber generado el anterior, mediante la llegada de escorrentías del exterior del yacimiento.



**Gráfico 39**, 2ª estimación de las fracciones granulométricas de las muestras de sedimento del *Corte 2 de La Cerera*, tras una mayor eliminación de la fracción arcilla. La fracción 50-2 µm deja de ser predominante para serlo la <2 µm (= />40%). J.A

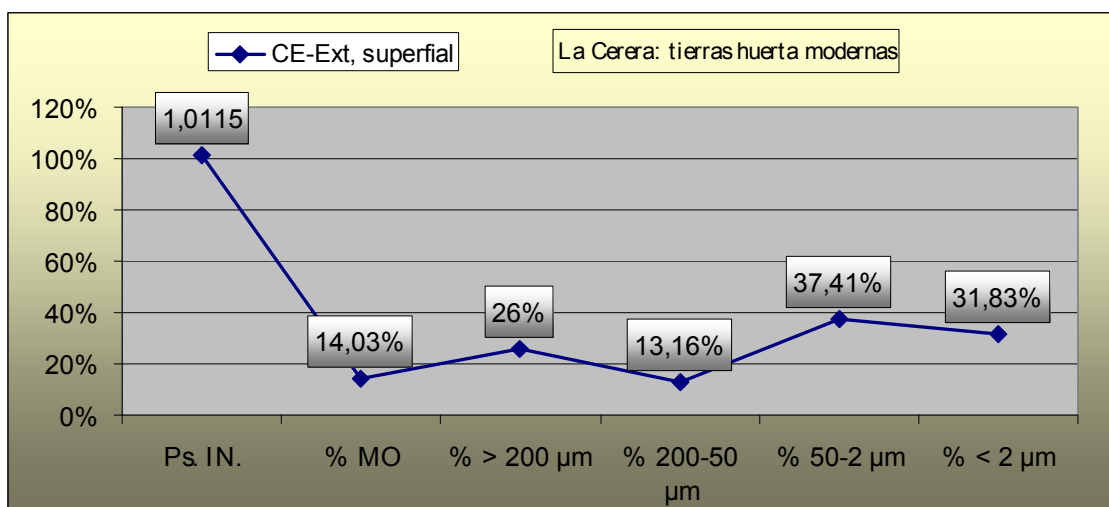
Como se aprecia en la estimación final de fracciones granulométricas (Gráfico 39), los contenidos en arcillas son muy elevados en todos los niveles, con una ligera diferencia, a la baja, en el nivel más profundo (CE-2.2a). Desde una perspectiva edafológica, este hecho contradice una dinámica propia de un sustrato afectado por iluviación de arcillas. Que supondría la migración de éstas, a través de los macroporos del suelo, desde los niveles superiores a los inferiores. Proceso que involucraría a las partículas biogénicas contenidas en la matriz del sedimento.

En todo caso, a este respecto, deben mencionarse las limitaciones de nuestro estudio, que no contempla la detección de parámetros asociados a este proceso –como los revestimientos de arcilla– y que corresponden a los estudios de Micromorfología. Quedan por tanto sujetas, las inferencias



ofrecidas, a su comprobación en ese campo, en posibles futuros estudios sobre el corte estratigráfico de La Cerera que aun se conserva *in situ* en Arucas.

Pese a que en opinión de Courty, Goldberg & al. (1989) solamente puede definirse tal aspecto mediante el estudio de láminas delgadas, creo que un análisis granulométrico preliminar permitiría también detectar la acumulación de partículas finas en los niveles mas bajos. Aunque obviamente éste tendría que ser de muy alta definición (muestreo por profundidades lo menos distanciado posible) para equipararse –sin hacerlo totalmente– a una inspección micromorfológica. La alternativa podría ser la aquí presentada, es decir acompañar el estudio de las fracciones granulométricas con un análisis de grupos microfósiles, donde se valore la presencia de unos y otros con el resto de indicativos arqueológicos, y porqué no también biológicos.



**Gráfico 40**, Curva acumulada de valores obtenidos con el análisis de la muestra correspondiente al nivel superficial de CE-Ext.

Partiendo del supuesto de que el comportamiento de los primeros será muy similar al del resto de la matriz sedimentaria que los engloba, funcionando como partículas biogénicas que permanecen o mutan en su posición junto con limos, arenas y arcillas<sup>45</sup>. Solamente un estudio de los mismos, atendiendo a variaciones por grupos en tiempo y espacio permitiría dirimir si en parámetros –como la concentración por formas y tallas microfósiles por fracciones– se detecta un proceso de esta naturaleza<sup>46</sup>. Pese a que no puede descartarse que en la secuencia estratigráfica de La Cerera haya tenido lugar una traslación de

<sup>45</sup> Tales planteamientos nuevamente nos hacen retomar el de que la exclusividad explicativa, en cuanto a disciplinas arqueológicas, no puede ofrecerse desde una única perspectiva, sino en la conjunción de todas las posibles de aplicar (por evitar el de la tan manida interdisciplinariedad) donde no exista jerarquía científica, o no al menos por propio consentimiento. El nivel de complejidad que adquiere año tras año la Arqueología, fruto de muchas esperanzas y esfuerzos personales, parece indicarnos que el camino de la investigación pasa por que ésta siga adelante sin que pierda su componente de honestidad, interna y hacia el exterior.

<sup>46</sup> Para una ampliación y posible confirmación de este proceso sígase el Capítulo de Resultados, La Cerera, Registro Microfósil, expuesto más adelante.

este tipo, la tónica en al menos los dos/tres primeros niveles sedimentarios más profundos no alude a dicho proceso (**Gráfico 39**).

A nivel paleoambiental el carácter arcilloso del sustrato arqueológico puede considerarse reflejo o indicador del que rodeó la actividad aborigen del asentamiento. Pudiéndose relacionarse con un modelo económico, eminentemente agrícola y volcado en los recursos vegetales, cuyas labores de sostenimiento –de dicho modelo– habrían propiciado la existencia en superficie de las fracciones más finas del sustrato, favorecida por prácticas como el volteo de las mismas para su aireación y fertilización, intentando con ello evitar la formación de sellados y/o encostramientos. Esta situación determinaría un alto grado de erodibilidad de los sustratos agrícolas, cuyo comportamiento en el tiempo es difícil de evaluar en los propios espacios donde se produjo, pero cuyo reflejo podría quedar en zonas que, como la cueva de La Cerera, funcionarían como cuencas receptoras de parte de las partículas resultantes de la erosión eólica e hídrica.

Aunque atendamos a la lectura de que el yacimiento analizado no forma parte directa de una tierra de labor, ello no se contradice con la idea de un aporte hacia el interior de la cavidad de aquellas partículas que, como las arcillas, resultan altamente vulnerables –en términos de erodibilidad– frente a condiciones ambientales adversas, especialmente para un suelo desprovisto de vegetación y materia orgánica natural en superficie. Parece perfectamente posible plantear que las características edáficas del sedimento arqueológico pasan, en concreto el de su textura, por permitirnos hipotetizar sobre el contexto edáfico cercano, donde existirían tierras agrícolas derivadas de suelos desprovistos de cobertura vegetal natural, los cuales serían el origen de las arcillas llegadas al interior de la cavidad del yacimiento. Ésta funcionaría, especialmente en su entrada, como zona de primer depósito, de las partículas arrastradas por el viento y por el agua (Brothwell & Higgs, 1989), al encontrarse la cavidad a una cota inferior con respecto a las zonas inmediatas, tal y como parece haberse producido.

En tales condiciones las primeras en llegar serían las partículas de arcilla, por su capacidad para incorporarse a las corrientes atmosféricas y a las mínimas escorrentías. La continuidad e intensificación del proceso determina que la siguiente fracción movilizada sea la de los limos. Mientras que las arenas serían las últimas en llegar, si el agente erosivo fuese el viento, ya que su peso las tiende a movilizar (al contrario que las anteriores) por arrastre y saltación (Courty *et al.*, 1989, retomando a Butler & Churchward, 1983). Finalmente un arrastre hídrico de moderada energía introduciría en la cavidad un componente edáfico menos seleccionado, en proporciones semejantes a las existentes en los horizontes originales del exterior.

#### **Limos (fracción 50-2 $\mu\text{m}$ )**

Constituidos como la segunda fracción en significación cuantitativa tras las arcillas, sus valores oscilan en la primera analítica siempre por encima del 30%. Por el contrario los resultados de la segunda (**Gráfico 41**), donde la dispersión y eliminación de arcillas fue más completa, indican que dichos valores no son tan altos y que en todo caso superan, en la mayoría de los niveles, el 20%. Como ocurre con el resto zonas estudiadas, la proporción en la fracción limo guarda profunda significación, especialmente a nivel

paleoambiental. Ya que un componente mayoritario de los mismos podría relacionarse con varios procesos edáficos, entre ellos el protagonizado por su alta erodibilidad (Porta *et al.* 1999; entre otros), igualmente sujeto por tanto a lecturas paleoambientales asociadas a épocas de mayor frío y viento, como las existentes durante los periodos glaciares (Chaline, 1982). En este sentido, las primeras lecturas obtenidas hicieron pensar en procesos eólicos asociados a épocas más frías y ventosas que las actuales, especialmente porque el valor máximo obtenido —en la primera estimación granulométrica— se aproximaba a 46%, (en CE-2.2 C). Aunque a tenor de los resultados observados en los sedimentos de La Cerera, como de otros sustratos con alto componente biogénico, la estimación del componente biogénico —en este caso de la fracción limo— debe relacionarse con las fracciones granulométricas de cada sustrato analizado, del que se quiere conocer su comportamiento textural.

Las primeras observaciones microscópicas pronto ratificaron que en La Cerera los limos están constituidos en gran parte por partículas biogénicas, especialmente silicofitolitos, esqueletos y quistes silicificados de microalgas. Esta afirmación se ha confirmado con posteriores observaciones y cuantificaciones, permitiendo afirmar que el contenido en limos reales es todavía más bajo de lo que los datos referentes a la textura nos indican. De este modo, observando que sus valores no sobrepasaban el 30% puede plantearse que la textura —ya calificada como eminentemente arcillosa—, no alcanzaba los valores como para calificar el sedimento de limoso. Valores que algunos autores sitúan en torno al 44% (Porta *et al.*, 1999) y que Chaline (1982) aumentaba al 70% tras la descarbonatación, en el caso de querer identificar depósitos de *loess* y con ello etapas paleoclimáticas asociadas a periodos glaciares; cuando existirían condiciones de frío y sequedad extremos y procesos asociados a las mismas, con baja cobertura vegetal y fuerte erodibilidad, lo cual provocaba superficies completa o altamente denudadas<sup>47</sup>.

Dado que una de las ideas complementarias que guiaba los objetivos de esta Tesis era la detección de condiciones ambientales diferentes a las propias de un holoceno reciente, o al menos posibles micro-oscilaciones a través del registro de fracciones finas y su registro microfósil, en La Cerera también debíamos poner en práctica el protocolo para su detección. O al menos valorar que éstas no se confirmaban y con ello ratificar las lecturas arqueobotánicas ya existentes (Machado, 2009; Morales, 2009). Y en ello era fundamental la estimación de la fracción limo, que junto con la de las arcillas indica el contenido en fracciones finas de suelos y sedimentos.

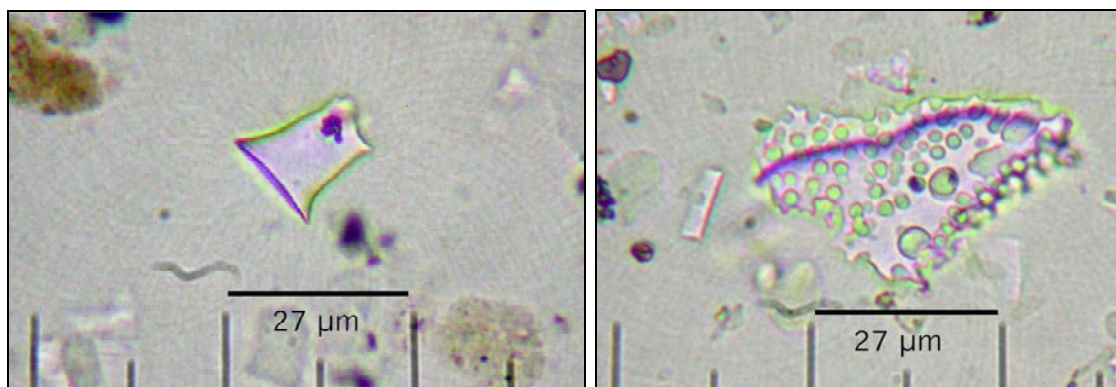
Indudablemente el registro de limos de La Cerera parece rechazar una lectura semejante y por el contrario nos orienta hacia condiciones aptas para la ocupación y explotación de suelos con fines productivos. La dualidad informativa de esta fracción (paleoambiental y de registro microfósil incorporado a la misma) queda sobradamente ratificada, permitiéndonos plantear la existencia de procesos erosivos, pero no en la medida de que estos explicasen la existencia de la totalidad de la fracción limo. Como ya hemos citado parece dibujarse una situación de aporte mixto, entre las propias características del sustrato externo llegado a la cueva y del aporte biológico

---

<sup>47</sup> Condiciones propias de los periodos glaciares del Cuaternario.

que, mediante su deposición y desintegración, provocaría la incorporación de partículas biogénicas como las ya citadas.

Efectivamente, inmersos en la fracción limos encontramos importantes indicadores fitolíticos, como células cortas de forma de cono truncado (*conical-rondel type short cell*, ICPN 1.0), que pueden clasificarse dentro de las morfologías descritas para la subfamilia *Pooideae* de las gramíneas (*Poaceae*) en los trabajos de Twiss *et al.* (1969); Twiss (1992) y Gallego & Distel (2004), entre otros. Y que aquí hacen referencia a la inflorescencia de gramíneas cultivadas de la tribu *Triticeae*, probablemente con mayor afinidad hacia la cebada (*Hordeum vulgare* sp.). Igualmente en la fracción limo se localizan otros elementos no-*Poaceae*, que podrían corresponder a silicificaciones propias del rizoma de pteridofitos como *Pteridium aquilinum*), que ya han sido descritos en los apartados anteriores. Su presencia como partículas de tamaño limo (**Figuras 354-355**) les haría funcionar físicamente como éstas, incluyendo la posibilidad de padecer fenómenos erosivos por acción eólica y/o hídrica junto a las verdaderas partículas minerales incluidas en esa fracción (50-2  $\mu\text{m}$ ).



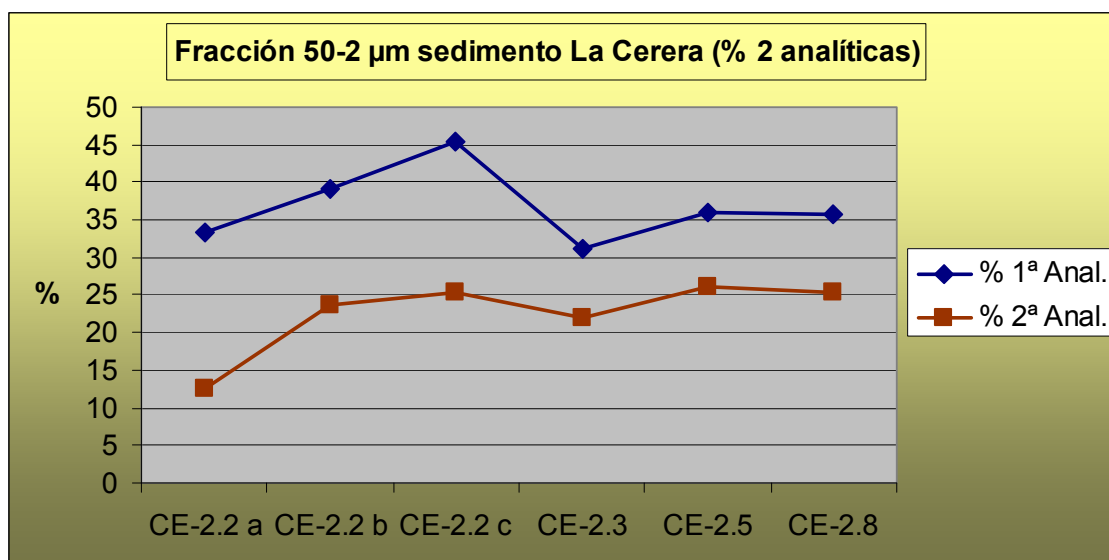
**Figura 354** (Izqda.), Fitolito de célula corta cónica (*conical short cell phytolith*, o también *rondel type*, ICPN 1.0) de una gramínea de la subfamilia *Pooideae* (*Poaceae*). **Figura 355** (Dcha.), Ejemplo de silicofitolito no-*Poaceae*. Ambas en la fracción limo de CE-2.2 A, 600x. J.A.

Pero igualmente los fitolitos insertos en esta fracción hacen referencia a la familia *Poaceae*, representada también en lo que pueden ser especies ruderales —que han llegado junto a las plantas cultivadas introducidas— e incluso nativas existentes antes de la llegada de éstas. A este grupo en todo caso pueden pertenecer conjuntos de fitolitos como los de apéndices epidérmicos de base ovalada (*prickle with oval base*) y los de células largas trapezoidales sinuosas o polilobuladas que, junto con otros de células cortas pertenecientes a especies de varias subfamilias de gramíneas como *Panicoideae* y *Chloridoideae*, se localizan en casi la totalidad de muestras de la secuencia estratigráfica analizada. Cabe precisar que las células cortas bilobuladas (*bilobate short cell*, ICPN 1.0) localizadas podrían pertenecer a la primera subfamilia citada, pero también podrían hacerlo a otras de la subfamilia *Arundinoideae* u otras con producción de este morfotipo pero igualmente con el de células buliformes cuneiformes (*cuneiform bulliform cell*, ICPN 1.0), aunque en la mayoría de los casos este último grupo se localiza más en la fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$  que en los limos, donde sí

aparece todo el repertorio de células cortas propuesto por Twiss *et al.* (1969) y posteriormente en vigor hasta la actualidad (Twiss, 1992).

Otro grupo vegetal representado en los limos de La Cerera, a través de los fitolitos presentes en sus tejidos, es el de las angiospermas dicotiledóneas, y en concreto de especies planifolias propias de ambiente de laurisilva canaria, como podría ser el “til” o “tilo” (*Ocotea foetens*). Dichos fitolitos serían los que se constituyen como masivas traqueidas facetadas y lisas (*psilate facetate tracheid*, ICPN 1.0) que presentan ornamentación denticulada (*ruminata*, ICPN 1.0) al menos en uno de sus lados (Figuras 356-357). Se trata de morfologías de tamaño moderado, que se encuentran cercanas o superan el máximo valor de las partículas de limo (50  $\mu\text{m}$ ) en su eje longitudinal, y que son desarrolladas, a nivel intracelular, por plantas similares a los de esta especie en sus tejidos foliares. Pese a que existe una variabilidad extrema en las mismas, según confirman los estudios micromorfométricos sobre plantas que los presentan, parece más razonable adscribirlas a especies arbóreas de dicotiledóneas que a otros grupos vegetales de la zona.

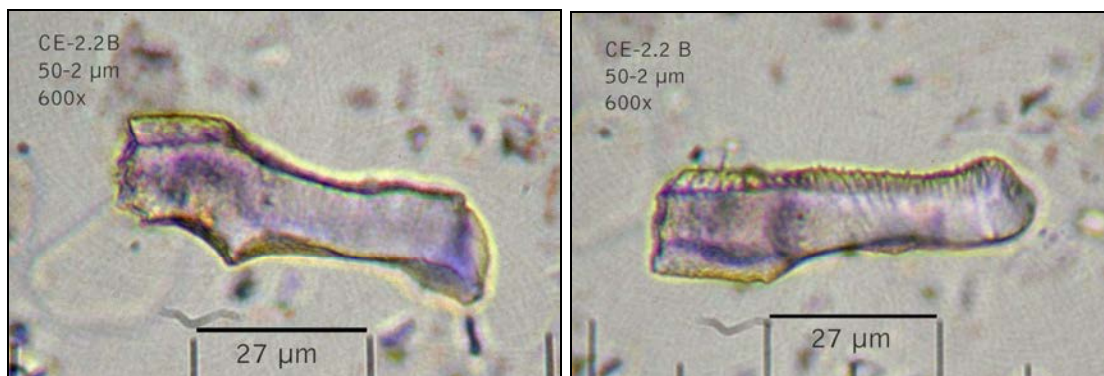
En todo caso su presencia en el sedimento parece aludir más a un aspecto antrópico que de depósito natural, derivada de la llegada de dichos tejidos como consecuencia de una determinada práctica antrópica, dado que se trata de una planta propia de ambientes húmedos y cubiertos de la laurisilva actual, que no se encontraría dentro del repertorio de especies potenciales en la zona prehistórica de La Cerera, aunque sí dentro de lo que podría ser su área de captación en dirección sur, hacia el macizo central de Gran Canaria y a una altitud algo superior respecto a la que se localiza el yacimiento.



**Gráfico 41**, Comparativo entre los porcentajes de la fracción limo de las dos estimaciones granulométricas.

Pero quizá uno de los grupos microfósiles que nos hace caracterizar los sedimentos de La Cerera como altamente biogénicos, y en especial los correspondientes a la fracción limo, son los quistes de resistencia y esqueletos externos de microalgas, de crisofitas y diatomeas respectivamente. Efectivamente su presencia, en especial de los segundos, aportan un elemento microfósil abundante entre las partículas de limo, permitiéndonos

además detectar aspectos paleoambientales precisos, como los relacionados con el factor hídrico. Al margen de la diversidad de especies, que podrían estudiarse en base a una clara heterogeneidad morfológica y de ornamentación<sup>48</sup>, el hecho de que sean cuantitativamente frecuentes nos indica que el sedimento, por niveles, estuvo relacionado con situaciones de aporte hídrico, muy probablemente de tipo eventual, pero por intervalos y cantidad suficientes como para permitir el desarrollo de algas crisofitas.



**Figura 356** (Izqda.), Fitolito de traqueida facetada, en la fracción limo de CE-2.2 b. **Figura 357** (Drcha.), La misma de la figura anterior con giro horizontal de 180°, mostrando ornamentación denticulada en otra zona de su superficie. Ambas 600x. J.A.

En este último caso, su estado de conservación es perfecto, pese a provenir de niveles sedimentarios que son considerados como afectados por procesos tafonómicos adversos, pudiéndose observar la integridad morfológica y ornamental de sus quistes de resistencia (**Figuras 358-359-360**). La presencia de estos últimos no deja dudas sobre la afectación del sedimento por condiciones hídricas, mientras que la variabilidad morfológica y ornamental de los mismos, así como sus concentraciones diferenciales en la estratigrafía, indica además posibles cambios en tales condiciones. Del mismo modo, las microalgas diatomeas confirman la presencia de condiciones hídricas aptas para su desarrollo, aunque en este caso limitadas a las de ambiente subaéreo. Este es el caso del género *Hantzschia* sp., muy probablemente *H. amphyoaxis*, especie cosmopolita y habitual en suelos (Round *et al.*, 1990), entre otros géneros menos representados, también de simetría bilateral (*pennales*).

Las tallas de dichas microalgas hacen que se sitúen en su totalidad en la fracción limo. Solamente en el caso de las diatomeas pennadas del género *Hantzschia* sp. su eje de simetría longitudinal supera (escasamente) las 50 µm, límite superior del limo (USDA). Teniendo en cuenta que esta especie –con alguna excepción de otras muy aisladas– es la de mayor talla del registro, el resto del registro diatomeas (hasta 5-6 especies más) que igualmente presentan simetría bilateral, son de un tamaño sensiblemente menor.

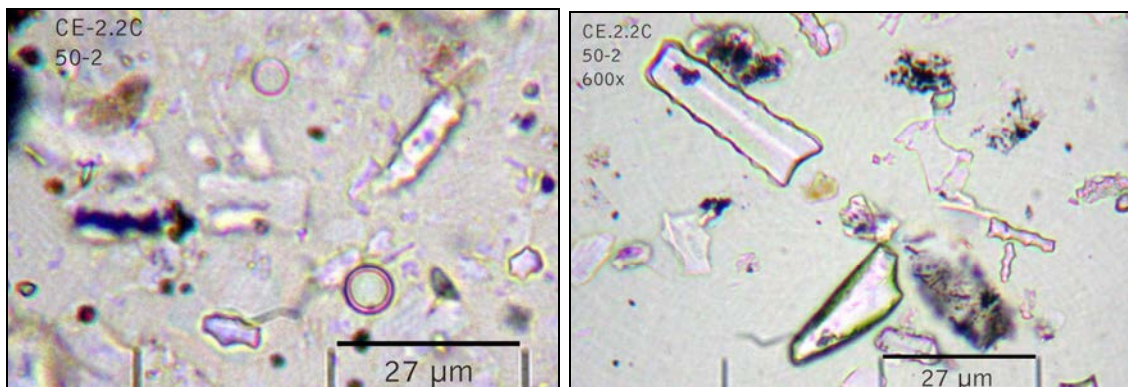
<sup>48</sup> Como se muestra en el apartado de análisis microfósil de La Cerera, las valvas de diatomeas reconocidas responden a tipologías que pueden hacer referencia a entre 6-7 especies, de las cuales en su mayoría son de simetría bilateral o pennadas.



**Figura 358** (Izqda.), Diatomea del género *Hantzschia* sp., 600x. **Figuras 359** (Centro) y **360** (Drcha.), Quistes de crisofitas en sedimentos de La Cerera, 1000x. J.A.

En el caso de los quistes de crisofitas este tamaño se reduce notablemente, situándose entre las 5-15  $\mu\text{m}$ , quedando por tanto insertos dentro de las tallas del limo medio (20-8  $\mu\text{m}$ ) y fino (8-2  $\mu\text{m}$ ). Ya que en estado fósil están constituidos únicamente por un cuerpo hueco de paredes silicificadas, donde el componente biológico ya ha desaparecido, pudiendo por tanto comportarse —a efectos de movilidad inter-sedimentaria— como verdaderas partículas minerales (**Figura 361**).

No obstante, en los sedimentos de La Cerera ha sido frecuente percibir, tras la eliminación de arcillas, la imagen de una fracción limo con alto componente biomineral (**Figura 362**). En la que abundan los microfósiles silicificados y no tanto las verdaderas partículas minerales, como las propias de un material edáfico/sedimentario. Y esto ocurre especialmente, antes de pasar a la fracción superior, con la fracción correspondiente a los limos.



**Figura 361** (Izqda.), Fracción limo con quistes de crisofitas. **Figura 362** (Drcha.), Fracción limo con fitolitos *Poaceae*. El componente biogénico de los limos de La Cerera es tan elevado que las partículas minerales pueden resultar muy escasas en proporción con las biominerales (microalgas y fitolitos). Ambas 600x. J.A.

**Arenas 200-50  $\mu\text{m}$ <sup>49</sup>.**

Se constituyen como la cuarta fracción en representatividad, en los sedimentos de La Cerera, tras las arenas  $>200 \mu\text{m}$  y los limos. Desde el punto de vista edáfico su presencia se asume como la que dejando de ser fracción fina, comienza a ofrecer un aspecto relacionado con las arenas, igualando entonces a éstas en el comportamiento global del sedimento-suelo del yacimiento. Las analíticas realizadas confirman que se trata de la fracción más estable, en las muestras tomadas en diferentes momentos de la estratigrafía arqueológica del Corte 2 (**Gráfico 42**). Pero en ningún caso aportan un componente relevante al sedimento, no pudiendo calificarlo como arenoso al estar lejos de alcanzar el 40% de la textura del mismo (Porta *et al.*, 1999). A escala de observación microscópica preliminar, debe destacarse que la fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$  no sólo se encuentra integrada por partículas minerales aisladas, sino por posibles agregados silíceos, derivados de un proceso edáfico donde intervienen restos de especies vegetales leñosas y partículas edáficas<sup>50</sup>. Como indicaran Albert & Weiner (2000) para el estudio de fitolitos en depósitos de *Kebara Cave* (Israel), se podría tratar de elementos amorfos formados por aportes de cuarzo, incluidos los existentes en el suelo, los de origen eólico y los propios agregados silíceos. En todo caso, dada su complejidad de clasificación, también pueden relacionarse con el aporte de ceniza a los sedimentos y en concreto de la derivada de especies leñosas.

Las observaciones realizadas sobre la fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$  confirman lo apuntado por Porta *et al.* (1999) sobre el grado de dispersión protagonizado por los minerales formadores de rocas de tamaño  $<200 \mu\text{m}$ , y que por tanto ya permiten realizar estudios mineralógicos. No sólo se ha comprobado tal circunstancia en cuanto a dichas partículas, sino que igualmente ha permitido observar con nitidez sus diferencias con las de tipo biogénico, en especial con las de naturaleza altamente silicificada. Pero igualmente ha sido posible —en base la separación entre granos constituyentes de esta fracción— detectar otras de origen vegetal como microcarbones, agregados amiláceo-arcillosos y posibles microfragmentos de huesos de fauna vertebrada.

A nivel metodológico y de forma general, cabe destacar el incremento observado entre la 1ª y 2ª analítica, y que en ésta última se altere la marcada linealidad en el porcentaje de esta fracción<sup>51</sup>. A nivel de valores máximos y

<sup>49</sup> Se ha operado una utilización mixta de los criterios texturales en base a su aplicación a los objetivos marcados por el estudio microfósil en las diferentes fracciones. De este modo se ha tomado el límite de 200  $\mu\text{m}$  como el superior de las arenas y que corresponde al propuesto por la clasificación Internacional (ISSS). Mientras que se toma el límite superior de los limos en 50  $\mu\text{m}$ , como fija la clasificación USDA. Esta práctica viene justificada por la ventaja de disponer, mediante tamizado selectivo, de la fracción superior a los limos e inferior a las arenas 200  $\mu\text{m}$  que se constituyen como la que puede albergar microfósiles y donde mejor pueden detectarse caracteres mineralógicos pero también biominerales.

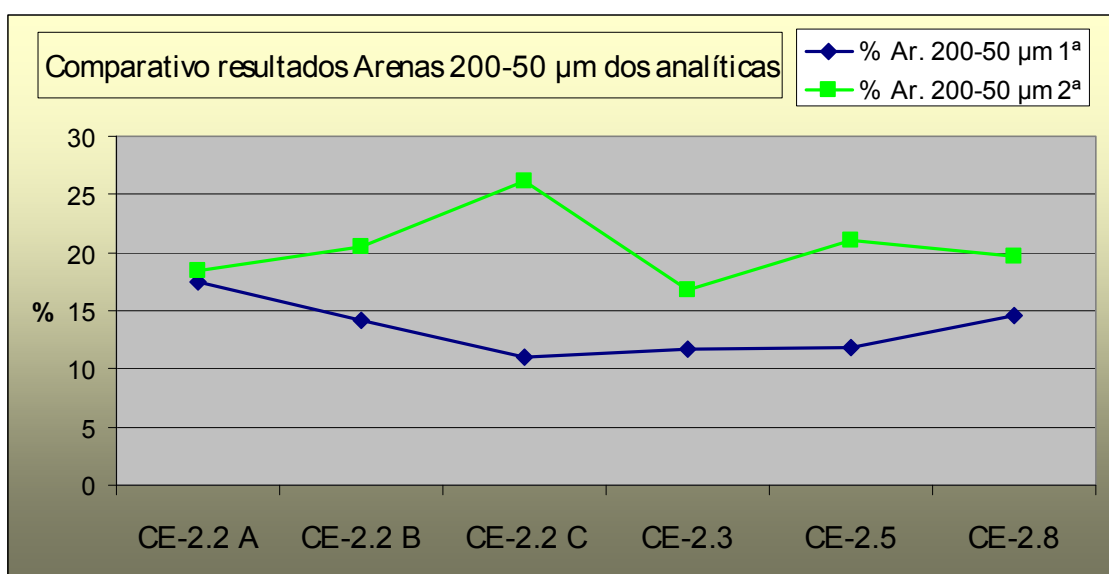
<sup>50</sup> R.Mª. Albert, 2010, Com. Pers.

<sup>51</sup> Las variaciones en las estimaciones granulométricas detectadas pueden estar —en el caso de las arenas— asociadas a las propias características de las analíticas, que parten de una cantidad quizá insuficiente para realizar una estimación de este tipo. En este caso consideramos que la cantidad de 1 gr. también lo es, dando por hecho que



mínimos, mientras que en la primera oscilaba entre 17,43%-11,03%, en la segunda lo hace entre 26,15-16,82%. Los valores promedios siempre se sitúan por encima del 15%, alcanzando en varios puntos el 20%, valor sólo superado en el nivel CE-2.2 C donde se sitúa en el mencionado 26,15%.

Obviamente el comportamiento del sedimento se vuelve diferente cuando el componente arenoso fino pasa de representar algo más de un 10% a hacerlo en más del 25% (CE-2.2 C). Pero en ese comportamiento –además de la básica lectura de un análisis granulométrico en Edafología– debemos introducir el aportado por el componente biogénico en esa fracción. En concreto el hecho de que en ella dicho componente sea netamente inferior al observado en la fracción de los limos (50-2  $\mu\text{m}$ ). Como ocurre en esa fracción, en todo su rango dimensional podemos observar un claro aunque netamente inferior al de aquellos, componente biogénico de primer orden, con la presencia aislada de varios grupos microfósiles de origen vegetal que pueden ser claramente identificados. Quizá los más evidentes sean diferentes tipos de fitolitos, de gran tamaño, generados en varias partes de plantas pertenecientes a la familia *Poaceae*. Destacando entre ellos esqueletos síliceos de hojas de gramíneas, como fragmentos completos de secciones de su epidermis foliar y uno de los morfotipos de mayor tamaño observados en las muestras. Por el contrario, no se han observado esqueletos síliceos propios de las envueltas florales de granos de cereal, que pese a ello sí han sido identificados en las preparaciones realizadas con la fracción total situada en el intervalo 700-2  $\mu\text{m}$ .



**Gráfico 42**, Tendencia de los resultados obtenidos en la fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$  de sedimentos del Corte 2 de La Cerera.

Otras partículas biogénicas de interés –que también evidencian antiguas plantas *Poaceae*– son los fitolitos de células buliformes cuneiformes o también buliformes arco-triangulares (*bulliform cuneiform cell*, ICPN 1.0; *Arc:Triangle*, Bowdery, 1998) presentes en varias de las muestras y

se asume un rango de error que sería subsanado de llevarse a cabo un nuevo análisis con al menos 5 gr. de muestra

correspondientes en este caso a grandes células masivas desarrolladas en los tejidos foliares de gramíneas (**Figura 365-366-367-368**), como las pertenecientes a la subfamilia *Arundinoideae*. Cabe destacar, como ya se hace en el capítulo correspondiente a los resultados microfósiles la presencia de estas desde el nivel CE-2.2 A, lo cual confirma una posible explotación de plantas como el carrizo (*Phragmites australis*) desde los primeros momentos de ocupación del yacimiento<sup>52</sup>.

Las lecturas paleoambientales y arqueobotánicas al respecto, obviamente se orientarían primeramente hacia los espacios lagunares que existieron en la vega de Arucas, donde se habrían desarrollado carrizales autóctonos, que serían explotados con distintos fines por los pobladores prehistóricos de Arucas. En concreto, los fitolitos detectados corresponden a sus tejidos foliares y siempre en muy baja proporción, como también ocurre en los suelos donde se desarrollan este tipo de plantas. Conociendo la baja producción de fitolitos buliformes cuneiformes en los tejidos foliares, con respecto a los de células cortas (tipo *saddle*), la detección de los primeros en la fracción arena 200-50  $\mu\text{m}$  ya sería un indicio de la presencia de gramíneas del tipo de *Phragmites australis*. Aunque a juzgar por las características morfométricas de los fitolitos buliformes cuneiformes detectados, podrían existir especies *Poaceae* pertenecientes a otros géneros botánicos y que no presentan requerimientos ambientales tan húmedos como *P. australis*. Que en su caso sí que indica la llegada de sus fitolitos al sedimento.



**Figura 363** (Izqda.), Piroxeno de augita (>80  $\mu\text{m}$ ) y fragmento de microcarbón. **Figura 364** (Drcha.), Fitolito de esqueleto silíceo propio del tejido foliar de una gramínea, formado por células cortas cónicas o *rondel*

<sup>52</sup> Inferencia que preferimos ofrecer en lugar de plantear la llegada al sedimento de La Cerera de estas partículas como aporte natural, dado que habría que replantearse entonces una lectura biogeográfica muy diferente a la que podríamos intuir en la actualidad. La presencia de carrizos en las inmediaciones del yacimiento habría requerido de sustratos y condiciones ambientales apropiadas para su desarrollo, en especial aportes hídricos alcanzables por esta planta. En virtud de las lecturas ya emitidas en material arqueobotánica y paleoambiental (Morales, 2009; entre otros), serían los espacios lagunares existentes en la Vega de Arucas los que propiciarían el desarrollo de formaciones vegetales propias de marismas y marjales, como los carrizales que aun pueden observarse en varias zonas del interior y costa de algunas islas del Archipiélago.

*type* (blanco) y células largas lisas (amarillo). Ambos en fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$  de CE-2.2A, 600x.

Desde una hipótesis paleoambiental, podríamos plantear la existencia de este tipo de plantas en las inmediaciones del yacimiento, como formación vegetal de carrizales situados en los márgenes de cauces someros –algo poco probable si nos atenemos a la información que tenemos sobre la zona, salvo que consideremos como tales las propias orillas –situadas unos centenares de metros más abajo– de las formaciones de laguna existentes en época aborígen. En todo caso el esquema morfométrico, de las células detectadas, coincide con las observadas en varias de las plantas de referencia, al que pertenecen este género y especie, aunque con posibles matizaciones a nivel de subespecie.

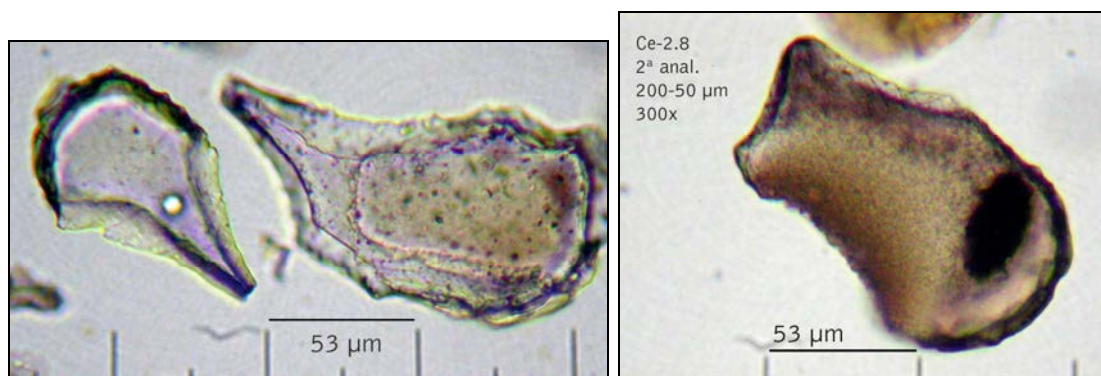
Conviene matizar, como ya se ha expuesto, que parte de estas células –las de menor tamaño– aparecen en la fracción de los limos totales (50-2  $\mu\text{m}$ ), mientras que las que superan ese límite, como los casos expuestos en las Figuras 363 y 364 (135 y 123  $\mu\text{m}$  en su eje longitudinal respectivamente) lo hacen en las arenas 200-50  $\mu\text{m}$ .

El hecho de que la mayoría de dichas células superen las 50  $\mu\text{m}$  y en algunos casos alcancen las 190  $\mu\text{m}$ , las hace comportarse en todo caso como lo hacen las arenas 200-50  $\mu\text{m}$ , con tendencia al aislamiento del resto de partículas similares. Siendo por tanto un indicativo, su presencia, de los procesos tafonómicos, y en concreto de traslación gravitacional, que podrían haber afectado a ambas partículas, biogénicas y minerales, con su concentración en los niveles más bajos del yacimiento.

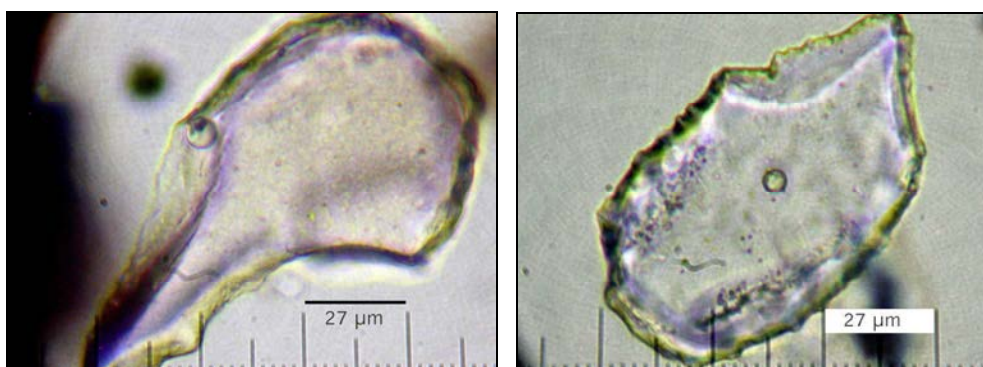
Pero es tal hecho, y en concreto su presencia desde los niveles más bajos de éste, los que en unión de los resultados obtenidos, con la estimación de la fracción más involucrada en tal tipo de migración vertical, nos permite afirmar que su presencia, en cada uno de estos niveles, incluso con significativas diferencias morfométricas que indican también de tipo taxonómico a medida que ascendemos en la estratigrafía, obedece más a una deposición, más o menos original, que a tal proceso de traslación postdeposicional. Operándose por tanto una selección en la textura –del mismo morfotipo– cuando se realiza su fraccionamiento por tamaño de partículas. Aunque por lo general dichas células suelen ser las de mayor tamaño dentro del registro de fitolitos de células individuales, al margen de cuando éstas se agrupan bajo las ya mencionadas secciones completas de tejido vegetal silicificado o esqueletos silíceos (*silica skeleton*). Cabe destacar, por concentración de células similares, los ejemplos detectados en CE-2.5 que destacan profusamente entre las partículas minerales que conforman la mayoría de esta fracción (Figura 363)

En todo caso, en los morfotipos buliformes detectados podemos comprobar la variabilidad morfológica y en especial de la distribución de los ejes de simetría que ya manifestaban los morfotipos de referencia (Fitoliteca1). Así puede observarse como en La Cerera igualmente se depositaron tejidos vegetales –hojas en este caso– que contenían dicha diversidad, presentando células de marcada simetría (Figura 368) como con cierto grado de disimetría (Figura 366) en el esquema buliforme del tipo designado como *Arc:Triangle*

(A:T) por Bowdery (1998) y que no hace otra cosa que ratificar la información obtenida con las muestras de referencia<sup>53</sup>.



**Figura 365** (Izqda.), Fitolitos de células buliformes cuneiformes en fracción arenas 200-50 µm de CE-2.5. **Figura 366** (Drcha.), células similar en la misma fracción de CE-2.8. Ambas 300x. J.A.



**Figura 367** (Izqda.) y **Figura 368** (Drcha.) Células buliformes cuneiformes en la fracción arenas 200-50 µm de CE-2.2A, presentando notables diferencias entre sus principales ejes de simetría y que no obstante podrían provenir de la misma especie vegetal, lo cual representaría claramente el concepto de “multiplicidad” de formas propuesto por Rovner (1971) para los registros de fitolitos existentes en una misma planta. 600 x. J.A.

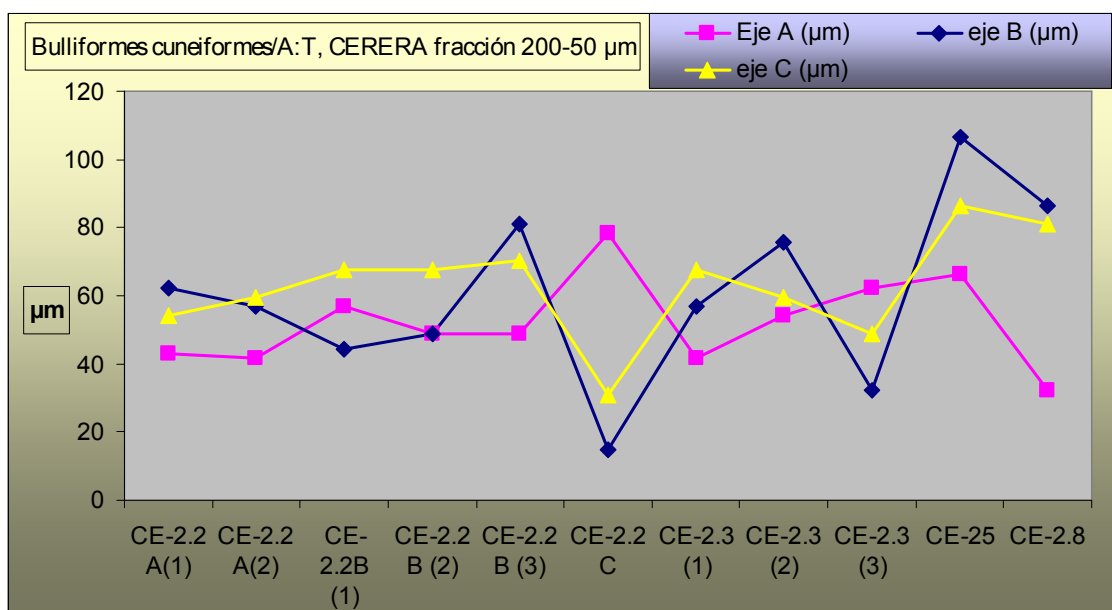
Estas células, pese a ser escasas en el conjunto de la textura de los sedimentos, aportan un aspecto relevante en cuanto al componente biogénico de los mismos, y en especial a la fracción de las arenas 200-50 µm donde aparecen de forma aislada entre partículas minerales o de agregados silíceos. Cabe destacar no sólo el gran tamaño de las células de este tipo detectadas, sino también su componente de variabilidad morfométrica especial y concreto, que concuerda con los detectados en tejidos foliares de taxones de *Phragmites australis* sp. recolectados en diversas zonas biogeográficas<sup>54</sup>. Pero si atendemos a la distribución morfométrica que designa ejes de simetría

<sup>53</sup> Ver Capítulo 5, Resultados I, Plantas patrones.

<sup>54</sup> Como ya se ha expresado, los procesos de prospección y muestreo realizados con esta especie han sido de los más amplios llevados a cabo para la elaboración de la Colección Experimental de Referencia Fitoliteca-1. Ver Capítulo Resultados 5-I.

como formas geométricas ideales, se detectan sustanciales diferencias que aluden a la presencia de varias plantas (especies y géneros) productoras de este mismo tipo de grandes células silicificadas (**Gráfico 43**).

El estado de conservación de estas grandes células no alude, en la totalidad de ellas, a procesos tafonómicos adversos, en especial las que conservan aquellas partes más frágiles de su morfología, caracterizada por zonas muy apuntadas. En la mayoría de los casos tampoco presentan, pese a situarse en zonas de la estratigrafía supuestamente afectadas por circulación hídrica, indicios de procesos de disolución de la sílice. Lo cual no deja de ser una tónica dentro del registro de fitolitos de La Cerera, caracterizado –dentro de la generalidad– por su buen estado de conservación. Sin embargo, parece existir una nítida diferencia, en dicho estado de conservación, entre las células buliformes de unos y otros niveles. Y lo hacen de nuevo con respecto a los procesos de disolución de SiO<sub>2</sub> abiertos por existencia de pH básico extremo y/o circulación hídrica. La diferencia más acusada, en ese sentido, se detecta entre las células buliformes –presentes en la fracción arena 200-50 µm– de los niveles más antiguos (CE-2.2a, b, c, 2-3) y los niveles más recientes (CE-2.5 y 2.8). Mientras que en la mayoría de los casos, del primer grupo, se observan estos grandes fitolitos casi sin alteración de su morfología y superficie, en el segundo el grado de disolución de SiO<sub>2</sub> es muy elevado, tanto como para comprometer buena parte de ambos.



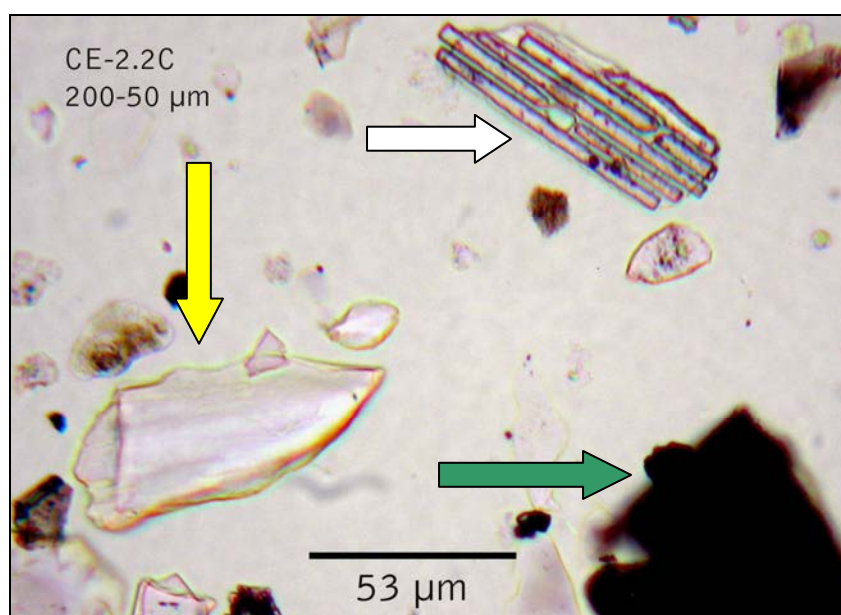
**Gráfico 43**, Comparativo de dimensiones de ejes de simetría (A, B y C) en varios fitolitos de células buliformes cuneiformes/*Arc:Triangle* detectados en la fracción 200-50 µm de sedimentos de La Cerera. J.A.

A nivel de contenido en microfósiles, y al contrario de lo que ocurre con la fracción limo, la de las arenas 200-50 µm ofrece un ratio biogénico muy bajo, pudiendo estimarse éste –en las muestras comprendidas entre CE-2.2A y 2.8– entre 2-10%<sup>55</sup>. Hecho que igualmente puede tomarse como indicador del bajo

<sup>55</sup> De partículas biogénicas por cada 100 partículas minerales.

componente biogénico de la fracción arenosa más gruesa ( $>200\ \mu\text{m}$ ), donde con mucha probabilidad no se localizan siquiera esqueletos silíceos como los observados en las arenas  $200\text{-}50\ \mu\text{m}$ , donde ese tipo de fitolitos se presentan ya de forma aislada (**Figura 369**).

Cabe igualmente destacar, en esta fracción, la inexistencia de esqueletos silicificados de microalgas (valvas y quistes de resistencia), pese a que en otros contextos, en especial edáficos, se han detectado valvas de diatomeas que superan ampliamente las  $100\ \mu\text{m}$ . Las muestras de sedimento de La Cerera y en concreto las de tamaño de partícula situada entre  $200\text{-}50\ \mu\text{m}$  no las presentan, como si ocurre en la fracción de los limos, de forma relativamente abundante en el caso del género *Hantzschia* sp. y que parece constituirse como la morfología de microalga silíceica que mayor tamaño presenta en sus valvas, al menos en los registros microfósiles analizados de la zona.



**Figura 369** Fracción arenas  $200\text{-}50\ \mu\text{m}$ , con la presencia de partículas minerales (Amarillo) y biogénicas (Blanco: esqueleto silíceo *Poaceae*; Verde: microcarbón). 300x. J.A.

#### RESTOS MICROSCÓPICOS CON OTRA FILIACIÓN BIOLÓGICA.

##### Microfragmentos óseos.

Otros de los elementos microscópicos, de origen biogénico, que han sido detectados entre las partículas minerales de las arenas  $200\text{-}50\ \mu\text{m}$ , son fragmentos de hueso (**Figuras 370-371**). Se trata de elementos de comportamiento isótropo, que pueden superar ligeramente las  $200\ \mu\text{m}$ , coloración blanca verdosa y depresiones lagunares, dispersas y de forma elíptica que podrían corresponder a las propias del tejido óseo, denominadas osteocitos u osteonas, que se constituyen el denominado Sistema de Harvers o harvesiano (León, 2007)) presente en animales de esqueleto óseo.

Los elementos de este tipo detectados aparecen en niveles como CE-2.3 y CE-2.5, siempre de forma aislada pero destacada entre el resto de partículas, en su mayoría de naturaleza mineral. Inicialmente solamente son perceptibles

en la fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$ , pareciendo presentar un proceso de desbastado de su superficie que le confiere un aspecto liso, claramente diferente al mostrado por tejidos óseos fragmentados recientemente, donde se observan morfologías más angulares, con superficie mucho más irregular. Ha sido el parámetro dimensional el que ha motivado la revisión de la fracción arenas  $>200 \mu\text{m}$ , con el objetivo de detectar fragmentos de mayor tamaño, incluso los que se acercan a 2 mm.



**Figuras 370-371**, Fragmentos microscópicos de hueso, en fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$  de los niveles CE-2.3 y CE-2.5 Ambas 300x. J.A.

Las primeras observaciones y contrastaciones microscópicas indican que se trata de fragmentos microscópicos de hueso, en concreto de fauna ictícola (Peiró<sup>56</sup>, 2011) aunque sin poder precisar por el momento su adscripción taxonómica. De hecho en el estudio de restos, en contextos arqueológicos, ya se considera un avance el poder afirmar que se está ante huesos de peces (Ryder, 1980). Si consideramos que en este caso se trata de fragmentos microscópicos de los mismos, la importancia de tal afirmación ya es considerable, dado que introduce un componente microscópico animal en lo que hasta el momento constituía un ámbito sedimentario exclusivamente vegetal, desde el punto de vista biomineral.

En todo caso se trata de restos óseos y no cartilagosos, muy comunes éstos últimos en peces que no pertenecen al grupo *Teleostei*, que comprende todos los pertenecientes a las especies más familiares (Ryder, 1980). Pero esta primera clasificación no soluciona la cuestión del ambiente al que pertenecen los restos de peces detectados. De hecho tanto pueden ser de ambiente dulceacuícola como marino, aunque en el primer caso se trataría de un grupo bastante restringido en Canarias.

La presencia de restos de peces también podría confirmar las evidencias detectadas desde otro tipo de estudios y observaciones, que plantean la explotación de este tipo de recurso, asociados tanto a la costa inmediata como a las formaciones de lagunas que existían en la zona baja de Arucas<sup>57</sup>, cercanas a las zonas de habitación aborígen. Aunque a este último aspecto

<sup>56</sup> Referencia al Dr. J.M. Peiró, Dpto. de Producción Animal y Ciencia de los Alimentos, Facultad de Veterinaria, Universidad de Zaragoza, Com. Pers.

<sup>57</sup> Citado por Morales (2009) en la publicación monográfica sobre el yacimiento de La Cerera, González, P. y Jiménez, *El yacimiento arqueológico de La Cerera. Un modelo de ocupación en la isla de Gran Canaria*

parece adecuado anteponer la importancia del recursos marinos, mucho más diversificado en fauna ictícola. Al respecto de los peces que pudieran desarrollarse en los citados espacios lagunares aun deben esperarse estudios en mayor profundidad.

En todo caso, de confirmarse su naturaleza como fragmentos óseos se trataría del único ejemplo de microfósil con origen animal superior (vertebrados) detectado, dado que las espículas de esponjas corresponden a animales muy primitivos. Si nos atenemos a la composición del hueso, mayoritariamente constituida por fosfato y carbonato cálcico, su perdurabilidad en el sedimento y en las muestras resultantes de los tratamientos de laboratorio, dependen por una parte de las condiciones de los primeros y los agentes químicos de los segundos. En ambos casos dicha perdurabilidad está asociada, entre otros aspectos, al pH de ambos medios (arqueológico y experimental), que de ser ácidos habría determinado la disolución de la matriz soluble de los tejidos óseos. En función de los datos obtenidos en este sentido, podemos afirmar que en el primer caso los sedimentos presentaban todo lo contrario, es decir una tendencia clara hacia la basicidad extrema, tal y como atestiguan los efectos causados por la misma en numerosos ejemplos de fitolitos. Igualmente el hecho de no haber aplicado reactivos comunes en el análisis de microfósiles silíceos, como el ácido clorhídrico (HCl) nos ha permitido detectar este tipo de elemento microscópico, en este caso de origen animal, sin que hayan resultado dañados, al menos más allá de su lógica fragmentación. Lo cual ha permitido complementar las lecturas realizadas sobre los registros microfósiles de origen vegetal.

#### **Microfragmentos de epidermis vegetales.**

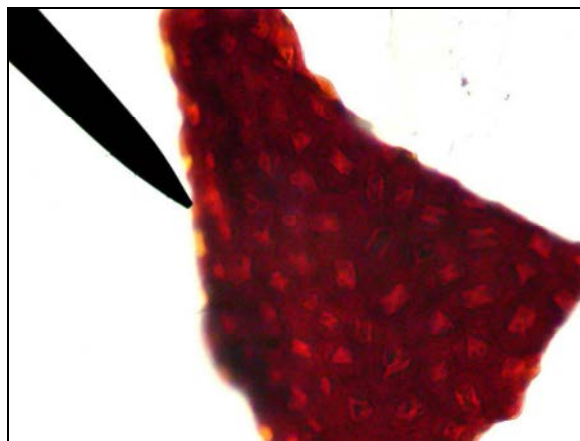
Más compleja de dilucidar es la presencia, también en la fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$ , de fragmentos de color rojo intenso, en cuyo interior se observan posibles cristalizaciones romboédricas (**Figura 371**) y que en todo caso son de naturaleza vegetal. Las primeras impresiones al respecto, es que se trata de cubiertas de semillas del tipo de la colza<sup>58</sup>, especie perteneciente al género *Brassica* (Crucíferas), que en Canarias sólo se encuentra de forma introducida (Aceves *et al.*, 2004).

Aunque se trata de un género para el que al menos se cita una especie nativa, para La Palma, Tenerife y Gomera en la especie *B. bourgeau*, cuya primera herborización parece corresponder a finales del siglo XIX por parte del botánico Bourgeau. En espera de análisis con mayor profundidad cabe plantearse inicialmente la presencia de alguna especie de este tipo en Gran Canaria y no de alguna especie introducida en época aborígen, ya que como se sabe a este género pertenece también la colza (*B. napus* L.). En todo caso se trata de fragmentos muy aislados, si tomamos como referencia los microfragmentos de hueso citados anteriormente, que aparecen de forma común en esta fracción incluso más habitualmente que silicificaciones con ese rango de tallas.

---

<sup>58</sup> Identificación igualmente realizada por el profesor D. J.M<sup>a</sup> Peiró (UNIZAR).





**Figura 371**, Fragmento vegetal adscrito de forma provisional a semillas del género *Brassica*. 300x.

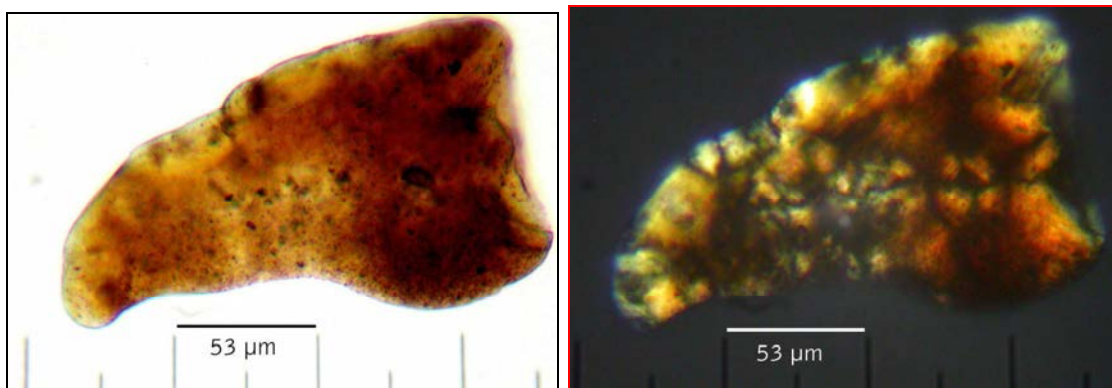
El hecho de que el sedimento ofrezca —en esta fracción— la posibilidad de detectar partículas asociadas a especies conocidas por su aprovechamiento alimenticio (en este caso como fuente oleaginosa) supone —en espera de conocer su verdadera filiación botánica y entidad— una extensión de lo que ocurre con la fracción de los limos, donde se concentran, en el caso de La Cerera, abundantes ejemplos de fitolitos de células largas dendriformes/equinadas pertenecientes a las envueltas florales de granos de cereal vestidos. Aunque las concentraciones no son ni remotamente semejantes por niveles, la evidencia es cierta aunque aislada. Futuros trabajos confirmaran la posibilidad de que su presencia en el sedimento esté indicando la explotación, con uno u otro fin de plantas pertenecientes a este género.

#### **Agregados amiláceo-arcillosos.**

Una prueba de esa representatividad aislada pero cierta, de elementos alimenticios en la fracción 200-50  $\mu\text{m}$  de La Cerera, son sin duda una serie de cuerpos microscópicos caracterizados por formas redondeadas, textura fina y comportamiento óptico complejo. Por las características microscópicas que presentan se ha optado por proponerlos como *agregados amiláceos y arcillosos*, ya que inicialmente fueron confundidos con grandes gránulos reniformes de almidón, provenientes de semillas de leguminosas. Pese a que no puede descartarse que parte de su origen tenga dicha naturaleza, su composición parece asemejarse más a una particular agrupación de partículas de almidón y arcilla que a los primeros de forma aislada (**Figuras 372 y 373**). Lo cierto es que tales agrupaciones conforman un elemento biogénico no poco abundante en el sedimento, en concreto —dado que su tamaño que puede sobrepasar ampliamente las 60  $\mu\text{m}$ — de la fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$ . Dada su consistencia parece posible que se comporten como partículas unitarias en un análisis granulométrico, superando el efecto disgregador de reactivos oxidantes y ultrasonidos. Su origen habría que explicarlo en base a la llegada, al sedimento, de cantidades moderadas de gránulos de almidón unidos en residuos de harinas, en principio parcialmente afectadas por calor (tostado),

que en unión de las muy abundantes arcillas y llegada de agua<sup>59</sup> en cantidad y naturaleza que deben ser abordadas desde la totalidad de datos arqueológicos, y de otro tipo, asociados para el estudio interdisciplinar del enclave.

La profusión de agregados de este tipo en el sedimento únicamente puede relacionarse con la llegada al mismo de harina de cereales y/o leguminosas, que interactuarían especialmente con las arcillas hasta generar estos peculiares agregados. El estado de los gránulos de almidón que los conforman es variable, comportándose en unos casos como un único cuerpo y en otros mostrando la unión de numerosos de ellos. En este último caso puede apreciarse aun parámetros por los que puede seguirse su estado de conservación y su posible estado antes de pasar a la matriz sedimentaria. Así, es apreciable –en algunos de estos agregados– numerosas cruces de extinción de luz, características de los almidones que no han sufrido un proceso de gelatinización (Hoseney, 1991; Flint, 1996; entre otros).



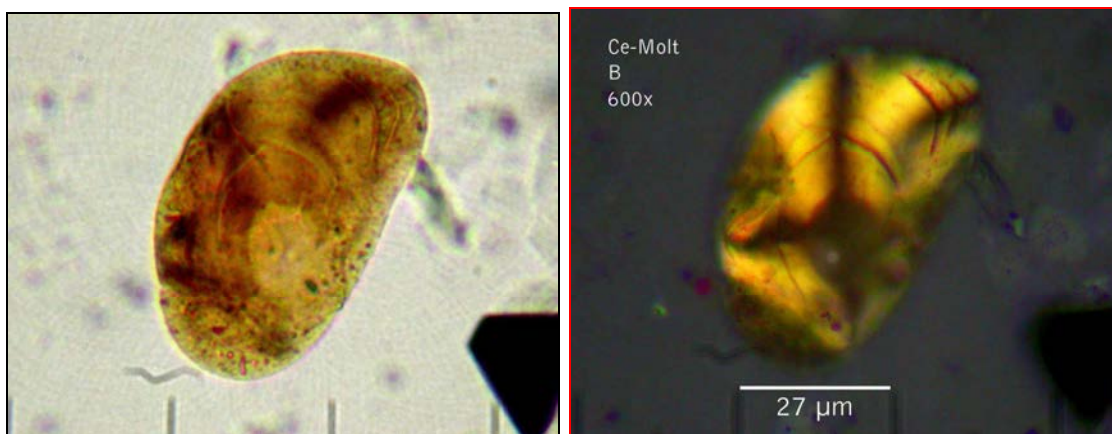
**Figura 372** (Izqda.), Agregado amiláceo-arcilloso. **Figura 373** (Drcha.), El mismo de la figura anterior bajo luz polarizada. Ambas en CE- 2.5. Ambas 300x. J.A.

En otros casos parecen mostrarse atributos individuales y estar ante gránulos de morfología y tamaño propios de semillas de leguminosas (**Figuras 374-375**), aunque sin poder adscribirlos a ninguna especie de las analizadas, fueron propuestos inicialmente para una leguminosa con gránulos que alcanzaran, como en *Vicia faba*, las 60 µm en su eje longitudinal. Sin embargo, parece probable que se produzca un fenómeno, de compleja explicación, donde la conjunción de abundantes arcillas y gránulos de almidón generen elementos como los descritos. Que en algunos casos presentan la apariencia de grandes gránulos de almidones reniformes, con parámetros similares a los de éstos de forma aislada, pero en este caso procedentes de su alteración y posterior agregación bajo la formulación de un morfotipo aislado con comportamiento unitario (**Figura 375**). En todo caso la detección de este tipo de agregados en la fracción arenas 200-50 µm, motivó una nueva revisión

<sup>59</sup> Ofreceremos al menos una explicación lógica para este hecho, que nos parece de trascendental importancia para conocer el funcionamiento del lugar de ocupación de La Cerera, dado que parecen existir evidencias y datos suficientes como para plantear lecturas específicas sobre su papel en la zona ocupada por estructuras de habitación y otras asociadas a las mismas.

morfométrica de los mismos, comprobando que efectivamente el tamaño máximo de su eje longitudinal podía superar las 180  $\mu\text{m}$ , alcanzando por tanto el límite de esta parte de la fracción arena.

La detección de este grupo microfósil —de compleja lectura arqueobotánica— sólo hace confirmar la de estar ante un sedimento altamente antropizado, y en lo que atañe a nuestro objetivo, de valorar la presencia de vegetales en la dinámica económico-social de las poblaciones prehistóricas de La Cerera, de reescribir claramente la naturaleza de los materiales arqueológicos —en este caso del propio sedimento—, hasta el punto de llamar la atención sobre su alto componente biogénico. Y es que en vista a la profusión de partículas, que en el caso de los mencionados agregados deberíamos denominarlos así para una más acertada definición de su naturaleza no-individualizada, ya que su número supera al de las silicificaciones ya mencionadas. Pareciendo por tanto acertado plantear que estos sedimentos no pueden ser tratados únicamente, analizados y valorados desde una perspectiva puramente edafológica y geomorfológica, ya su alto componente biomineral (fitolitos) y biogénico, por la también presencia de dichos compuestos amiláceos, aconseja hacerlo también desde una perspectiva arqueobotánica, en este caso a escala microscópica.



**Figuras 374 y 375**, Posible gránulo de almidón de gran tamaño y morfología reniforme. En sedimento envolvente de industrias de molturación de La Cerera. El parámetro cruz de extinción de luz es el único que parece ratificar estar ante un gránulo de almidón (izquierda). Con un tamaño que supera las 60  $\mu\text{m}$  su tendencia reniforme se asemeja a otras tantas presentes en los sedimentos extraídos directamente de fragmentos de molinos de diferentes tipologías. Ambas 600x. J.A.

Con ello los datos aportados por los cálculos texturales deben como mínimo matizarse. Y esto es especialmente relevante con respecto a dichos agregados, que superando los procesos de eliminación de elementos cementantes (materia orgánica), desagregación de arcillas y eliminación de estas, se mantienen dispersos por el sedimento, formado sólidos agregados biominerales con rango de arenas 200-50  $\mu\text{m}$ , aunque en menor medida también se localicen en los limos.

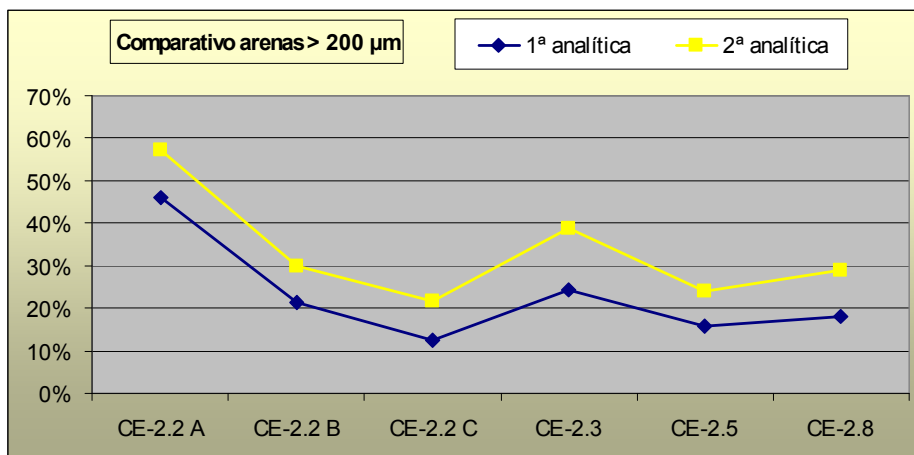
**Microcarbones.**

Un último grupo microfósil, no por ello menos importante a escala arqueobotánica, está constituido por fragmentos microscópicos de carbón (microcarbones). Aunque pueden apreciarse ya en la fracción limo, su presencia en las arenas 200-50  $\mu\text{m}$  es también muy importante. En este caso la imposibilidad para llevar a cabo una identificación taxonómica del grupo vegetal al que pertenecen, por su escaso tamaño, no nos impide hipotetizar que suponen un indicio directo de afectación de los sedimentos por fragmentos carbonizados y cenizas provenientes de estructuras de combustión cercanas. Y que tales elementos pueden estar relacionados con vegetación leñosa, más que con aquella que ha producido la mayoría de fitolitos presentes en el sustrato, y en especial los desarrollados en los tejidos internos y externos de gramíneas, que no son precisamente de los grupos vegetales más idóneos para ser empleados como combustible.

**Arenas >200  $\mu\text{m}$ .**

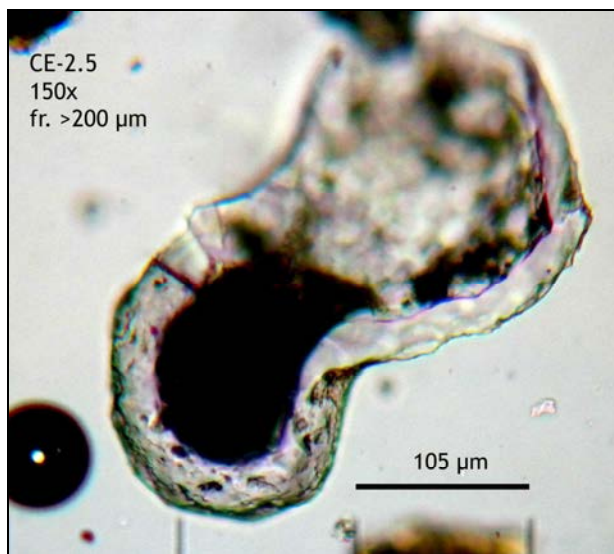
Como ya se ha expresado, ésta supone la fracción más estéril desde el punto de vista microfósil, más cuando ya se ha comprobado la escasez —con algunas salvedades— de partículas biogénicas en la fracción mineral anterior (arenas 200-50  $\mu\text{m}$ ). En todo caso puede afirmarse que aun con ese manifiesto vacío se trata de la fracción que supera, en algunos niveles, a la de las arenas 200-50  $\mu\text{m}$ , que sí presenta cierto carácter biogénico, aunque de forma mucho más aislada que la fracción limo. Ambas analíticas confirman, pese a su aumento en la segunda con respecto a la primera, que el nivel más rico en fracción gruesa es el nivel base: CE-2.2A (Gráfico 44). Para el mismo se han obtenido unos valores situados entre el 46,13% (1ª analítica) y 57,24 % (2ª analítica), superando en ésta última incluso al valor máximo de las arcillas, que se erige como fracción dominante en el resto de la secuencia estratigráfica.

Claramente estos datos confirman los obtenidos por Criado & Hansen (2009) al respecto de la naturaleza del nivel CE-2.2A y su escasez en elementos finos. Sin embargo, como se ha expresado, dicha escasez no es sinónima de esterilidad microfósil, ni a nivel cualitativo ni de concentraciones. En todo caso cabe destacar que en ambas analíticas, pese a manifestar diferencias cuantitativas, la tendencia sea la misma, destacando los máximos valores, en CE-2.2A y CE-2.3 y siendo más bajos en el resto de niveles. El mínimo de estos se sitúan entre 12,54 y 21,62 %, coincidiendo ambos en el nivel CE-2.2 C. Tratándose de la única fracción que no experimenta cambios de tendencia en toda la secuencia, puede entenderse que los cambios producidos por la inserción de técnicas de desagregación más agresivas, entre ambas analíticas, hayan afectado a las fracciones más finas —donde la acción de las arcillas se hace más patente—, y no a la más gruesa, pese a que ésta experimente un aumento porcentual generalizado de un 10% (promedio) con respecto a los primeros datos obtenidos.



**Gráfico 44.** Comparativo contenidos en Arenas >200 µm en dos analíticas sobre sedimentos de La Cerera.

Sin embargo, se detectaron –mediante la revisión de esta fracción– algunas silicificaciones de gran tamaño (>300 µm) que aun no han podido ser adscritas a ninguna familia botánica (**Figura 376**). Se trata de morfologías onduladas, a modo de capa silicificada con unas paredes que presentan unas 20 µm de espesor, constituidas por una zona convexa y otra cóncava.



**Figura 376.** Gran elemento silicificado por identificar. 150x.

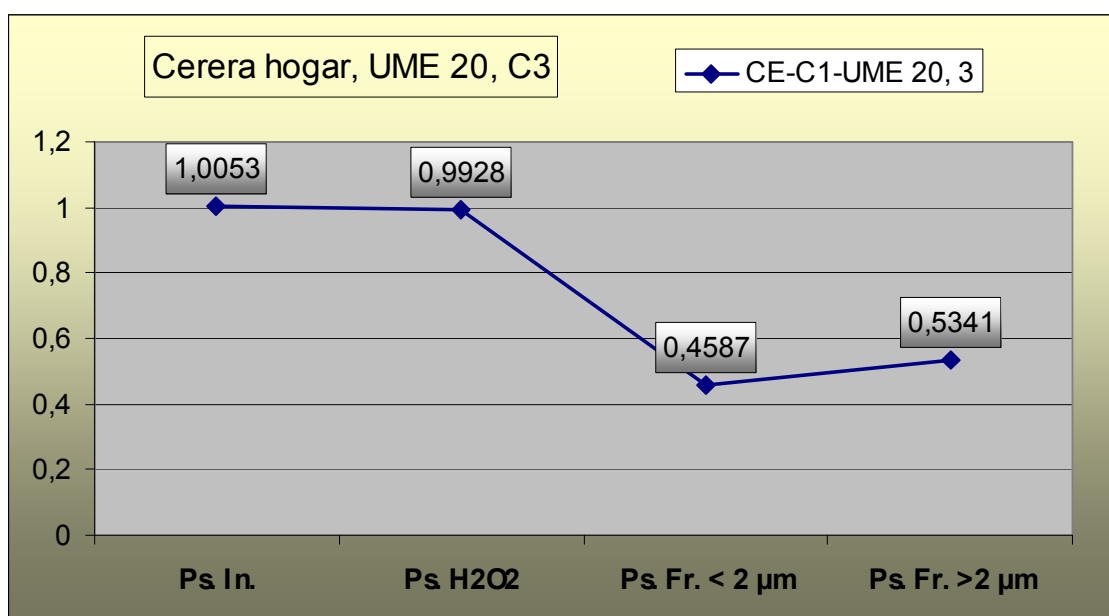
### Sedimentos de estructuras de combustión (UME-20, C3)

Durante la intervención arqueológica de 2004 se puso de manifiesto la existencia de estructuras de combustión en varias áreas del yacimiento, las cuales presentaban cambios en su tipología. En todo caso se trata siempre de hogares de reducidas dimensiones pero con su espacio bien definido, por lo se plantea el uso del fuego sin una adecuación especial del espacio ocupado para ello (González *et al.*, 2009). El estudio de una muestra, correspondiente a una de estas estructuras de combustión, debía proveernos de información microscópica diferencial con respecto a la observada dentro de la

sedimentación arqueológica del Corte 2. La muestra parece poder adscribirse al nivel CE-2.8, el más reciente de toda la secuencia estratigráfica analizada.

Se trata de una muestra con un contenido en materia orgánica oxidable (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) similar al ya estimado en las analíticas realizadas sobre el resto de muestras del yacimiento, superando escasamente el 1% en dicho concepto. Igualmente se trata de una muestra rica en la fracción arcilla, que alcanza el 46% de la misma, correspondiendo el resto a las fracciones arenas y limos.

Pero es esa fracción situada entre 2 y 200 micras la que resulta enormemente diferente con las muestras pertenecientes a la estratigrafía de La Cerera. Y en concreto lo es por la presencia mayoritaria de fitolitos de palmáceas (Figura 379-380 Drcha.) en el sedimento donde se recogió la muestra, correspondiente a los niveles datados del yacimiento y en concreto el más moderno de los mismos: CE-2.8. Como se verá en el apartado de Análisis Microfósil de La Cerera, las concentraciones de fitolitos de palmeras en esta muestra es sensiblemente superior al detectado en las muestras de sedimentos del Corte 2.



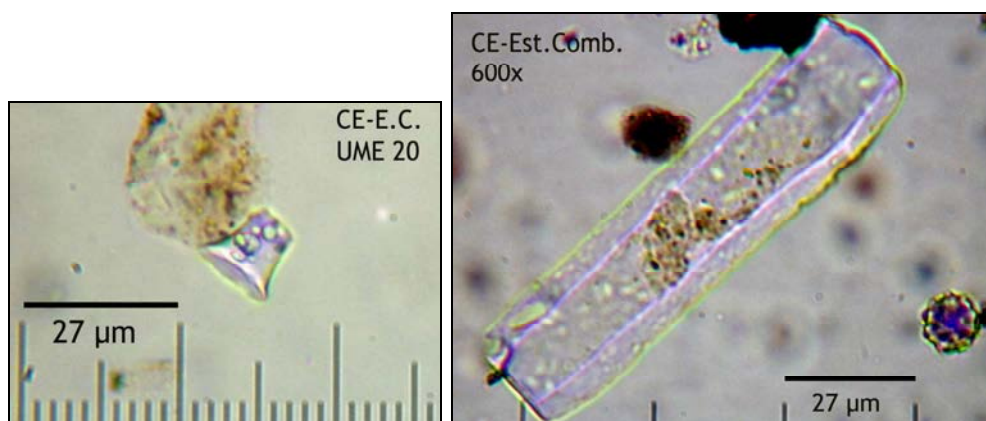
**Gráfico 45,** Peso inicial, tras aplicación de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, arcilla (<2 µm) y >2 µm (Arenas y limos) del sedimento de la estructura de combustión UME 20.

Pero si bien los datos analíticos, complementarios al estudio microscópico, no evidencian diferencias significativas con el resto de muestras, el registro de microfósiles puede considerarse –teniendo en cuenta el existente en éste– como claramente excepcional.

En concreto debe destacarse el contenido en morfologías fitolíticas propias de *Palmae* y muy probablemente de la especie *Phoenix canariensis* y la casi ausencia de fitolitos de células largas equinadas, tan representados en el resto de niveles de La Cerera. La cuantificación de los primeros, por preparaciones completas<sup>60</sup>, acusa una significativa diferencia con respecto a los niveles sedimentarios, que apunta sin lugar a dudas al empleo de tejidos

<sup>60</sup> Realizadas sobre 1000 µl desde 40 ml. de suspensión.

de esta planta como combustible de la estructura de combustión analizada. Efectivamente, las concentraciones de este tipo de fitolitos, que ya ha sido denominada como globular/esférico con ornamentación completa de pequeños salientes apuntados (*globular/spheric echinate*, ICPN 1.0), son muy superiores a las detectadas en los niveles estratigráficos analizados. Por ello los sedimentos de tal estructura deben valorarse como los de mayor grado de biogenicidad, en este caso en términos de su contenido en silicofitolitos y no tanto en microalgas silíceas, como ocurre con el resto de niveles de la secuencia estratigráfica del yacimiento.



**Figuras 377**, Silicofitolitos en la estructura de combustión UME-20, de célula corta *Pooideae* con síntomas de disolución de SiO<sub>2</sub> (Izqda.). De gran tamaño y posible sección hexagonal (Drcha.). Ambas 600x

Del mismo modo, al tratarse de una estructura de combustión, dichos sedimentos deben entenderse que se encuentran constituidos por una parte mayoritaria de ceniza que los del resto, que pese a presentar rasgos ostensibles de la llegada de tales partículas, estarían formados básicamente por partículas minerales y biogénicas pero en menor proporción que los primeros.

La importancia de conocer toda la información posible sobre los sedimentos de la estructura de combustión denominada UME 20 C3, motivó una analítica paralela a la del resto, intentando igualmente conocer los parámetros básicos que nos permiten conocer algunos detalles de la matriz que engloba el registro microfósil. Derivado de la importancia de conocer posibles aportes de carbonatos (oxalatos de calcio *versus* pseudomorfos de calcita) al sedimento, mediante el aporte de tejidos vegetales calcinados, se procedió primeramente a la estimación de %CaCO<sub>3</sub>. Y al igual que con el resto de muestras, se operó posteriormente con los contenidos en materia orgánica y fracciones granulométricas.

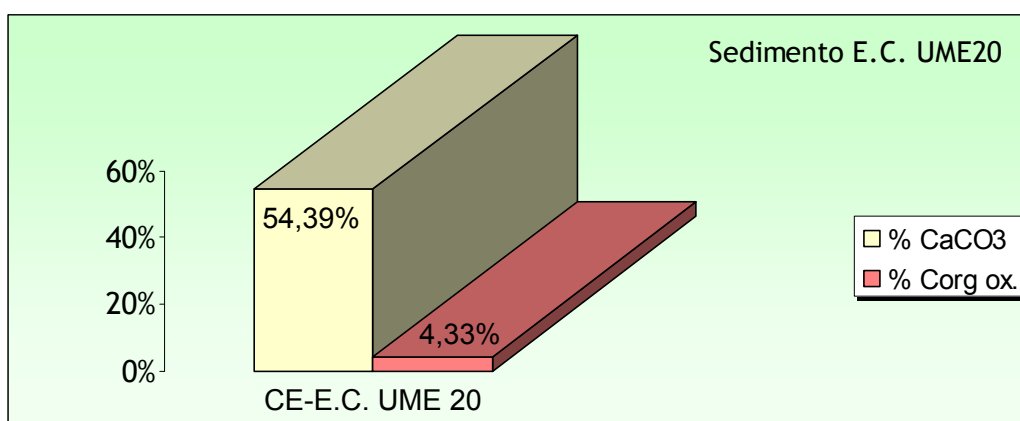
#### %CaCO<sub>3</sub> en sedimentos.

La prueba y estimación de carbonatos no pudo ser más explícita, puesto que confirmó su alto contenido en los mismos. Con un valor que supone el 54,39% del peso total de la muestra. Lo cual constituye, como intuíamos, un aspecto digno de ser tomado en consideración y reflexión, ya que por el momento es el valor más alto sobre contenidos en carbonatos, al menos en cuanto a

sedimentos arqueológicos se refiere. Las diferencias de este parámetro para con el contenido en materia orgánica son sustanciales (**Gráfico 46**).

Por su parte la estimación de la materia orgánica oxidable en  $H_2O_2$  ofrece un valor sustancialmente más bajo, aunque significativamente mayor que el obtenido en la totalidad de los sedimentos del yacimiento.

Si sumamos los parámetros obtenidos al registro microfósil existente en las muestras, obtenemos sin duda lecturas que los diferencian del resto de sedimentos de La Cerera. Indicándonos aspectos muy importantes a la hora de caracterizar este tipo de sustratos, y sobre todo la posibilidad de detectar parámetros que permiten su diferenciación de sedimentos de zonas no afectadas por la combustión de tejidos vegetales. Obviamente parece posible afirmar que, a los parámetros físico-químicos básicos analizados, es posible sumar los datos aportados por el registro microfósil, tanto en su componente cualitativo y cuantitativo como de afectación por procesos determinados procesos tafonómicos, para los que sin duda también se revelan como indispensables indicadores.



**Gráfico 46**, Porcentajes de CaCO<sub>3</sub> y materia orgánica oxidable del sedimento de la estructura de combustión UME 20.

Con todo ellos creemos que parece evidenciarse una diferenciación entre la *génesis del sedimento de la estructura de combustión* y el resto de sedimentos del yacimiento, que como ocurre en otros con estructuras semejantes, se producen cambios sustanciales que atienden no sólo al propio hecho funcional sino a los procesos desencadenados por la combustión de materiales vegetales. De tal forma que el análisis de la zona del yacimiento, a la que pertenecen estos sedimentos, que aun debe definirse dentro de la estratigrafía, guarda patentes diferencias, como el sustancial incremento en %CaCO<sub>3</sub> y la concentración de un tipo de fitolitos que, como los propios de las palmeras (globular equinados), es superior a la media observada en los sedimentos que, en principio, no están afectados por las características de una estructura de combustión.

Todo lo cual nos permite enfrentarnos a la interpretación de un sedimento afectado por el proceso de combustión de materiales, mediante el estudio comparativo con las muestras de la estratigrafía del Corte 2. Atendiendo, primeramente, a los cambios producidos por la acción de la calcinación de elementos vegetales por efecto del calor en el sedimento-soporte.



### Otros elementos microscópicos de la estructura UME-20, C3.

Además de los microfósiles ya citados, debe subrayarse la presencia de elementos microscópicos sin posible adscripción a elementos biogénicos, siendo la lectura más obvia que no pertenecen a ninguno de los grupos ya tratados. Sus características son: tendencia rectangular —aunque gran variabilidad en cuanto a sus dimensiones—, bordes romos y superficie casi lisa y carente de ornamentación, coloración clara de tonos verdosos, siendo su comportamiento óptico el propio de cuerpos isótropos (**Figura 378-379-380**).



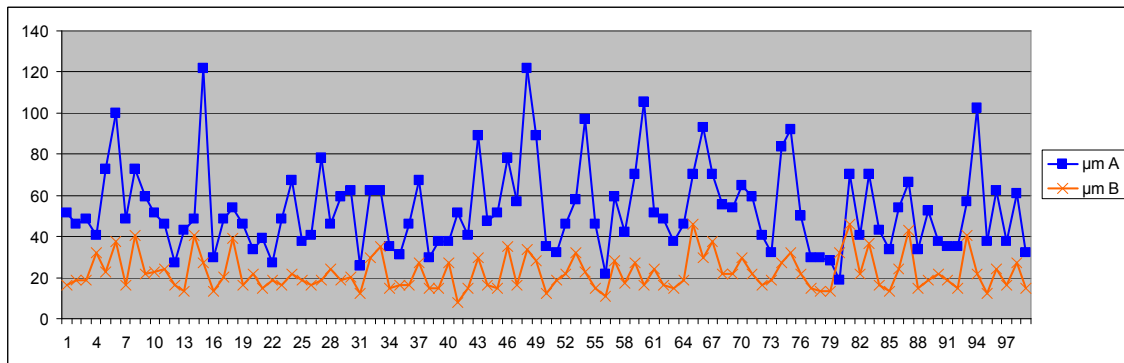
**Figura 378**, Elementos citados en el texto, tal y como se observan en las preparaciones confeccionadas con sedimentos de la estructura de combustión (UME 20). 300x.

Los datos obtenidos mediante estudio morfométrico (sobre 99 ejemplares) indican varios aspectos, como la predominancia de un eje (longitudinal A) sobre otro (transversal B), que generan una simetría de tipo rectangular (**Gráfico 47**). El valor promedio obtenido, en su longitudinal se sitúa en 53,40 μm, aunque son numerosos los casos que superan 60 μm. Mientras que los valores máximos superan 100 μm (eje A) y 40 μm (eje B), los mínimos se sitúan entre 18,90-8,10 μm (eje A y B respectivamente).

Estos elementos, de los cuales desconocemos su naturaleza y si poseen filiación biológica, se encuentran bien representados en el sedimento gris de la estructura de combustión, siendo el elemento más representativo junto con los fitolitos de palmáceas, que aquí presentan igualmente una significativa concentración. Debe destacarse que este tipo de elementos no ha sido localizado en el resto de muestras de sedimento de La Cerera, pudiendo afirmarse su directa vinculación con la estructura de combustión analizada, y por tanto con alguno de los aspectos relacionados con su funcionamiento como tal.

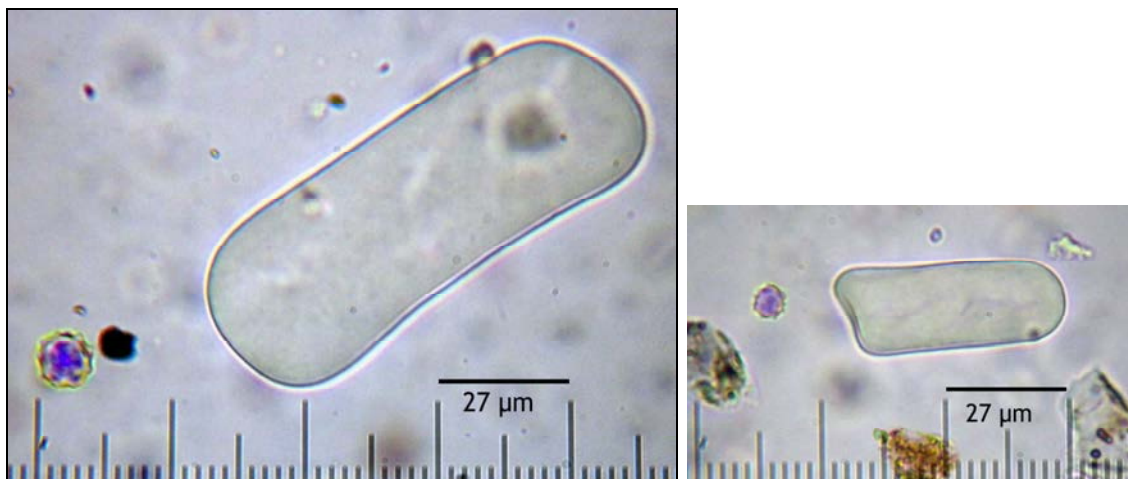
Ante las características observadas en este tipo de elementos, creemos que pueden ofrecerse dos posibles lecturas en base a los conocimientos y

datos disponibles, siendo la primera de ellas, que se trata de fragmentos óseos, cuya apariencia habría mutado por acción del calor del hogar.



**Gráfico 47**, Curva acumulada de datos morfométricos obtenidas sobre los elementos microscópicos descritos en el texto. Como puede apreciarse el componente métrico del eje longitudinal (A) supera en su mayoría al eje transversal (B), generando la figura geométrica, de tendencia rectangular, observada al microscopio. J.A.

Sin embargo, la experiencia de analizar en detalle microscópico todos los registros microfósiles de La Cerera, con particularidades que han funcionado como una continúa enseñanza (con formulación de nuevas preguntas y cauces explicativos), que podría tratarse de un tipo de fitolitos (indeterminado en cuanto a su filiación vegetal) que habría resultado muy afectado por condiciones sedimentarias adversas, como lo serían la presencia de carbonatos que harían posible la existencia de un pH muy elevado, tanto como para transformar —por vía de la disolución de  $\text{SiO}_2$ — la sílice amorfa en un nuevo elemento microscópico, con características muy concretas, profundamente restringidas en materia de morfología, ornamentación y coloración.



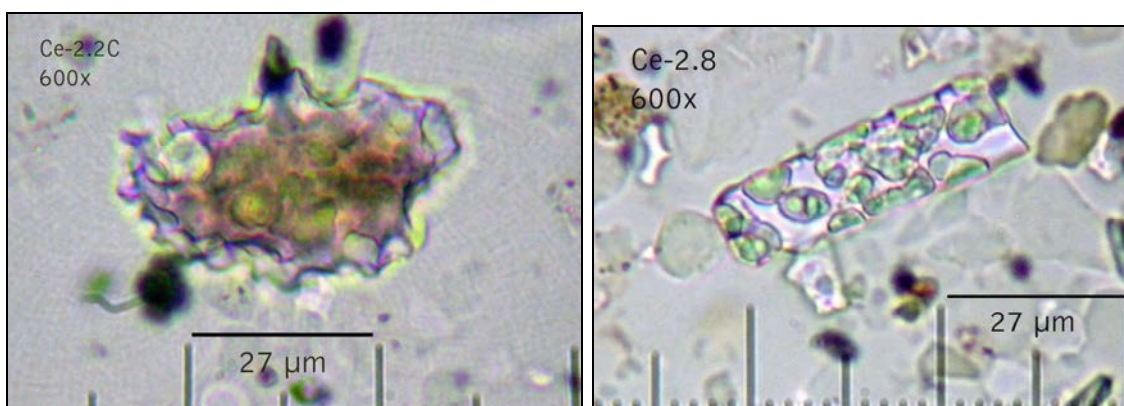
**Figuras 379 y 380**, Comparativo de dimensiones entre elementos verdes romos y fitolitos de palmera (Imagen izquierda, abajo). Ambas 600x.

Sin embargo, el registro microfósil de esta zona del yacimiento, como se expresa con mayor precisión en el apartado correspondiente, no se limita a

tales elementos y fitolitos, sino que presenta cierta diversidad en los segundos, observándose tanto células cortas como largas. Al respecto de su relación con el sedimento, cabe destacar las claras evidencias de procesos abiertos de disolución de  $\text{SiO}_2$ , que afectan diferencialmente al registro de fitolitos, aspecto que inicialmente vinculamos a la influencia de la reacción del suelo, de componente fuertemente alcalino por derivación de la concentración de carbonatos propia de una estructura de combustión. La importancia de los procesos asociados a tales evidencias y lecturas, dado que establece una clara relación entre pH, carbonatos y registro de microfósiles motiva que a continuación se desarrollen, dichos apartados, de forma más amplia.

#### Procesos de disolución de $\text{SiO}_2$ asociados al paleoambiente sedimentario y cambios en la reacción del suelo (pH).

En numerosos ejemplos del registro microfósil silicificado (especialmente en fitolitos) se detectan síntomas inequívocos de disolución del  $\text{SiO}_2$  que lo integra (**Figuras 381-382**). Este proceso puede relacionarse directamente con dos aspectos propios del paleoambiente sedimentario, como son valores elevados de pH –con tendencia a la basicidad extrema– y posibles procesos de circulación hídrica, con alta probabilidad de la conjunción de ambos. Proceso donde puede resultar determinante la acción de la segunda opción<sup>61</sup>.



**Figuras 381 y 382**, Fitolitos afectados por fuerte proceso de disolución de  $\text{SiO}_2$ , en niveles CE-2.2c y CE-2.8 respectivamente. Ambas a 600x. J.A.

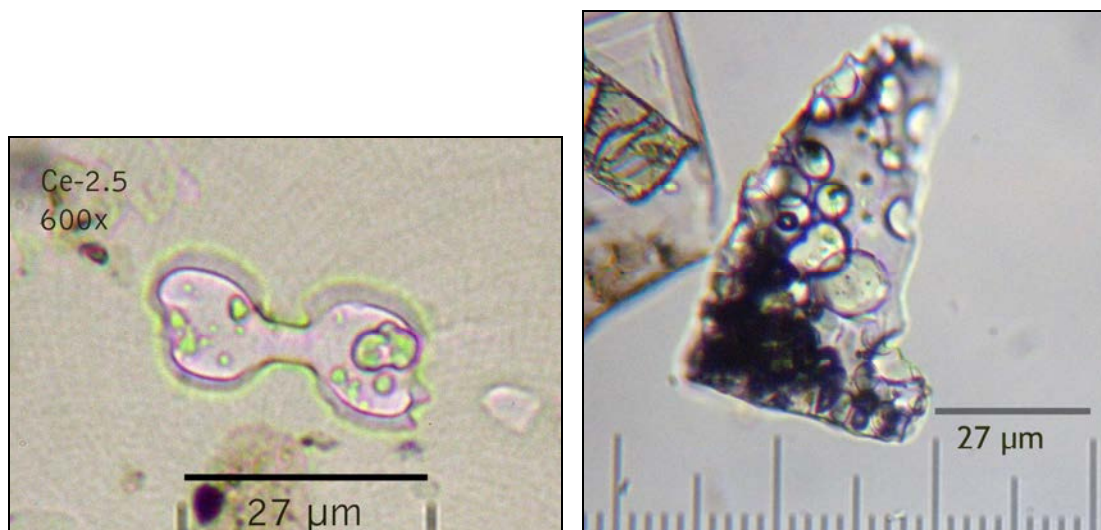
En el caso de los niveles CE-2.8 y CE-2.5 el proceso de disolución se muestra de forma especialmente intensa, afectando a numerosos morfotipos fitolíticos de menor tamaño, que son los que suelen presentar una mayor densidad de sílice en sus formas, más compactas incluso que los de células largas. Pero es en los fitolitos de mayores dimensiones (>50  $\mu\text{m}$ ) donde el proceso se encuentra en muchas ocasiones, en estado muy avanzado, incluso haciendo difícil la identificación de un determinado tipo de fitolito. En los que se aprecian signos inequívocos de disolución de  $\text{SiO}_2$ , afectando no sólo a morfotipos de gran tamaño, a los que llega a transformar totalmente en coloración y aspecto (**Figuras 387-388-389**) impidiendo su clasificación morfométrica, sino igualmente a morfotipos de pequeño tamaño, como los desarrollados por la familia *Palmae*, donde una serie de hoyuelos y

<sup>61</sup> Albert *et al.*, 1999; Piperno, 2006; Notario, 2010, Com. Pers.; entre otros.

perforaciones que afectan a su superficie, produciendo la pérdida de buena parte de la misma. En células cortas bilobuladas de la familia *Poaceae* (Figuras 383) igualmente se aprecian síntomas de apertura del proceso de disolución. E incluso los fitolitos de células largas equinados, sin duda uno de las tipologías más representadas en los sedimentos de La Cerera aparecen, en el nivel CE-2.5, muy afectados por dicho proceso.

Por el contrario los fitolitos menos afectados por tal proceso parecen ser los pertenecientes a niveles más profundos (CE-2.2 A, B y C), aunque en este caso con menos intensidad y en menos ejemplares. En todo caso debe destacarse la variabilidad en dicho proceso, observándose como en unos niveles y otros existen morfotipos completamente afectados y otros que no lo están tanto.

Los valores de pH obtenidos como parte de las pruebas actuales, encaminadas a conocer las características del sedimento de La Cerera y llevadas a cabo por Criado & Hansen (2009), en los diferentes niveles muestreados, no presentan en ningún caso tendencia a la alcalinidad, ofreciendo valores siempre ligeramente ácidos y en algunos casos cercanos a la neutralidad (Gráfico 48). Aspecto que como se ha mencionado debe someterse a revisión, dados los primeros datos obtenidos al respecto.

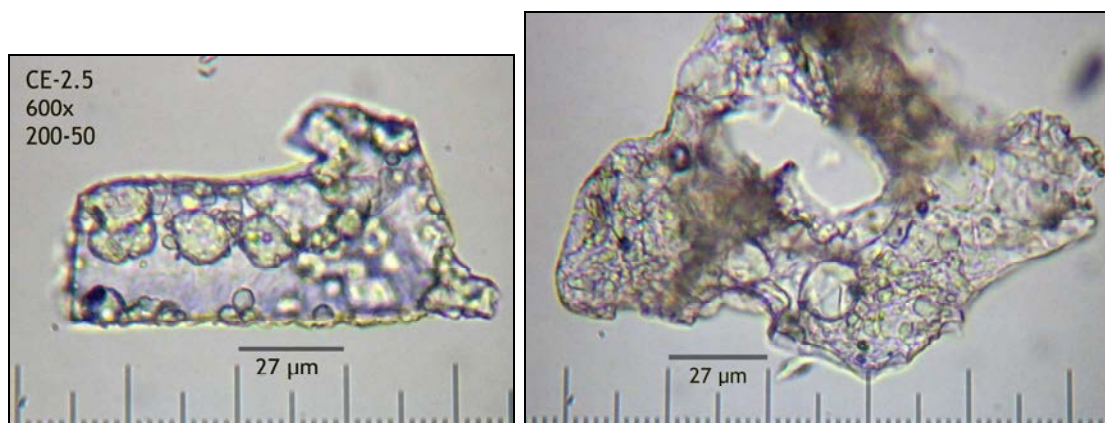


**Figura 383**, (Izqda.), Fitolito de célula corta bilobulado afectado por proceso de disolución de  $\text{SiO}_2$ , en CE-2.5. **Figura 384** (Drcha.), Silicificación indeterminada con el mismo proceso y correspondiente al mismo nivel arqueológico. Ambas 600x.

De haberse mantenido esa tendencia a la acidez del sedimento (CE-2.2 c), que se vuelve menos evidente en los niveles más profundos (CE-2.2 b, CE-2.2 a) con algunas zonas que coinciden con los niveles superiores (CE-2.5, CE-2.8), en el tiempo de formación de los paquetes sedimentarios de la cueva, no se habría producido –como se observa en parte del registro de silicofitolitos– un proceso de disolución de  $\text{SiO}_2$  tan importante como el que afecta a varios tipos de fitolitos y microalgas, de valvas y quistes silicificados. Confirmando que dicho proceso puede ser consecuencia directa de un pH, en

el sedimento, con tendencia a la basicidad extrema, en asociación con la más que probable circulación hídrica.

Efectivamente la disolución de las partículas integradas por sílice amorfo, como ya se ha expresado, resulta muy evidente en diversas zonas de la secuencia estratigráfica muestreada, constatándose en la superficie de algunos de los morfotipos fitolíticos con mayor envergadura, como los de células buliformes cuneiformes (*bulliform cuneiform cells*, ICP 1.0) y otras más comunes en los tejidos de gramíneas (*Poaceae*), como las formas alargadas rectangulares y lisas (*elongate psilate and rectangle cells*, ICPN 1.0) sobre las que igualmente se ha operado un fuerte proceso de disolución, patente en los mismos síntomas observados igualmente sobre fitolitos del nivel CE.2.5. En algunas ocasiones dicho proceso es tan intenso como para no sólo presumir la acción conjunta de circulación hídrica, sino también de posible exposición a altas temperaturas, tanto como para haber alterado el aspecto propio de silicificaciones biominerales, en textura y color, ofreciéndonos la imagen de posibles fitolitos que comienzan a dejar de serlo, y donde a parte de la morfología, algunas veces conservada, queda un rastro del aspecto propio de la sílice amorfa que los conforma (**Figura 385-386**).



**Figuras 385 y 386**, Silicificaciones en CE-2.5 (fr. 200-50 µm) en avanzado proceso de disolución de SiO<sub>2</sub>. Ambas 600x.

En todo caso creemos estar aquí ante con un proceso que no puede ser seguido mediante la valoración del pH en la actualidad, dada la capacidad del sustrato para mutar sus propiedades en el tiempo, entre otros aspectos, por acción de la climatología posterior a su formación y procesos internos, los cuales son puestos de manifiesto mediante la observación detallada de microfósiles insertos en la matriz sedimentaria. Operándose aquí una circunstancia inversa a la mencionada por Biek (1963), al observar la disolución total de esqueletos humanos<sup>62</sup> en contextos de la zona de Cork

<sup>62</sup> Comprobada por la presencia de lo que igualmente describen Brothwell & Higgs (1980) como *siluetas de cuerpos* en contextos arqueológicos de los Países Bajos (Westerbolk, Drente) e Inglaterra (Mucking, Essex), que por toda señal han dejado una mancha —que no obstante describe la forma del esqueleto humano con cierta fidelidad— de manganeso férrico sobre el lecho de grava ácida de la que está compuesto el sustrato donde se realizó la inhumación en el pasado.

(U.K.), donde la valoración post-arqueológica mostró valores de pH ligeramente ácidos o muy cercanos a la neutralidad (6,5 y 6.8). Entonces la ausencia de huesos, únicamente identificables por la silueta dejada tras la disolución de sus componentes, llevó a Biek a hipotetizar sobre variaciones del pH en el *tiempo y espacio sedimentario*. Planteando que se habían producido cambios que, en ese caso, se orientaría hacia la neutralidad del mismo, conforme avanzaron los siglos hasta el siglo XX (1963), pero planteando que había existido un sustrato con pH tan ácido como para propiciar la disolución de los tejidos óseos.

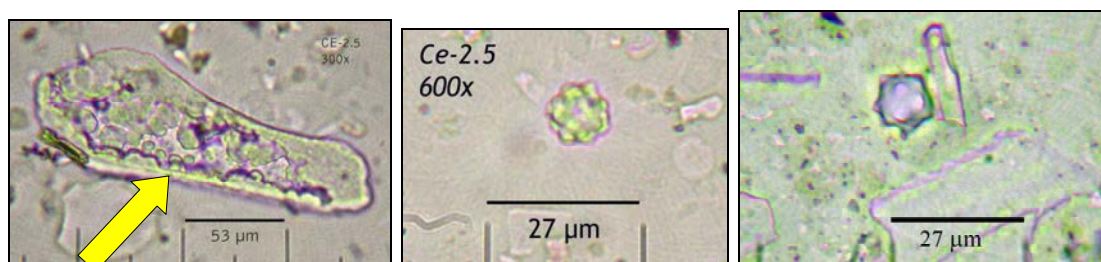
Desde la perspectiva de que ciertamente la secuencia de cambios en el pH puede ser detectada y estudiada en cualquier tipo de secuencia estratigráfica, y de que estos condicionan —en uno u otro sentido— el registro microarqueológico contenido en las mismas, planteamos su estudio en los sedimentos de La Cerera, aunque se trate de una secuencia diferente e incluso inversa a la estudiada por Biek. Como en los casos citados, en La Cerera parecen existir evidencias de dichos cambios en sentido totalmente inverso. La matriz del terreno circundante y el propio sedimento presentarían en determinados momentos un pH más básico que en la actualidad, tan elevado (>8) como para acelerar la disolución de la sílice, siendo incluso cercano a la basicidad extrema (>9).

Las evidencias de dicha particularidad quedaría reflejada en la disolución parcial, o al menos de fuerte afectación, del registro microfósil y en concreto de las tipologías propias de los fitolitos. Pese a que no puede decirse que todos presenten tal efecto, algunos de ellos lo hacen en un estado tal que impide su clasificación. Aunque en todo caso pueden considerarse al menos dentro de los parámetros morfológicos de las diversas clases de fitolitos de sílice y no de partículas de SiO<sub>2</sub> mineral, como ocurre con las de vidrio volcánico, hasta el momento no detectadas en los sedimentos de La Cerera. Estaríamos por tanto ante la evidencia de un sedimento con valores de pH más altos que en la actualidad, al menos en los momentos posteriores a la deposición de los tejidos vegetales o sus residuos que contenían fitolitos, que resultarán afectados por dicha tendencia a la basicidad extrema. Las lecturas arqueobotánicas por lo tanto trascienden aquí a las confeccionadas mediante metodologías tendentes a conocer las características del sustrato arqueológico. Si consideramos que el pH del sedimento fue más alcalino que lo que revelan sus valores actuales (Criado & Hansen, 2009), podemos plantear que las lecturas sobre el medio natural, pero también antropizado, de La Cerera deberían reorientarse hacia la existencia de condiciones diferentes a las actuales, y en todo caso un ambiente sedimentario que propiciaría la preservación de restos orgánicos, pero no de microfósiles biominerales de base silicificada, efecto ya mencionado en trabajos anteriores (Albert *et al.*, 1999; entre otros).

Obviamente las connotaciones de tales lecturas nos llevarían a valorar el ambiente sedimentario de forma diferente, en especial el que atañe a dos tipos de condiciones, las inmediatas —o del propio ambiente de cueva del yacimiento—, y las cercanas al mismo, donde probablemente existían tierras de cultivo, si no el grueso de éstas que podrían situarse ladera abajo del yacimiento, en zonas llanas con mayor potencia edáfica que en dichas laderas, sí en algunas de las mismas. Sabemos que los valores de pH, o mejor

expresado de *reacción de un suelo*, producen efectos más o menos benévolos para el uso del mismo con fines agrícolas. De la correcta evaluación de dicha reacción, deriva el conocer la repercusión de esos efectos en la calidad<sup>63</sup> de los suelos. Conocemos que los dos valores extremos del intervalo son perjudiciales para dicho estado, ya que la acidez extrema y fuerte aportan condiciones muy desfavorables, derivadas de la toxicidad de elementos como Al y exceso de Co, Cu, Fe, Mn o Zn. En el caso de pH alto, la basicidad o alcalinidad extrema ocasionaría igualmente condiciones desfavorables, en este caso por la presencia de carbonato cálcico, toxicidad por Na o B, que no propiciarían la actividad bacteriana ni la disponibilidad de la mayoría de micronutrientes (Porta *et al.*, 1999).

En definitiva hablaríamos de indicios de un pH más básico que en la actualidad, suficientemente alto como para propiciar la disolución de elementos microscópicos altamente silicificados. Lo cual nos permite hipotetizar sobre los dos tipos de ambientes citados (inmediato y zonal cercano). Y aunque dejando las lecturas más complejas para posibles futuros trabajos al respecto, cabría reflexionar primeramente sobre los valores de pH obtenidos en la actualidad, que sitúan su rango entre 5,7 y 6,8 (Criado & Hansen, 2009), lo cual permite clasificarlo entre los rangos de medianamente ácido a neutro (Porta *et al.*, 1999). Para dicho rango los efectos que cabría que esperar del sustrato es que sería adecuado —de ser un suelo agrícola— para la mayoría de los cultivos, existiría máxima disponibilidad de nutrientes, habrían mínimos efectos tóxicos y se vería comprometida la estabilidad del carbonato cálcico en suelos (<7).



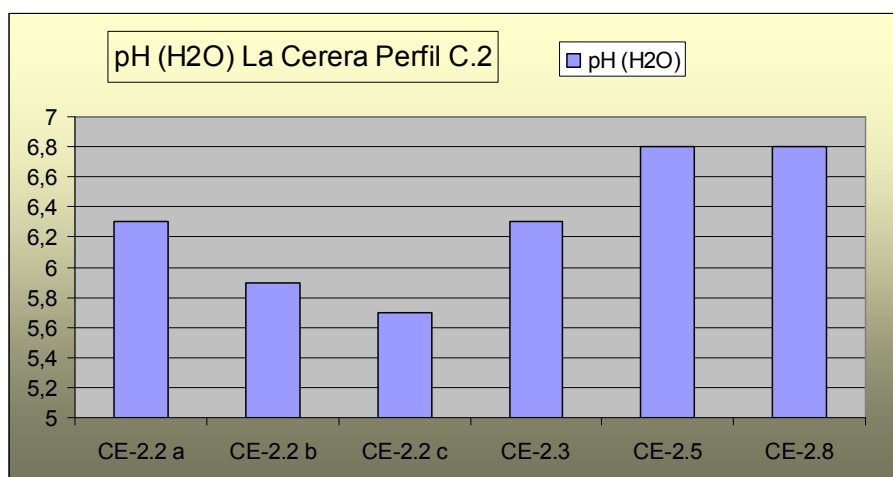
**Figura 387** (Izqda.), Posible fitolito afectado por fuerte proceso de alteración y transformación, la flecha indica el aspecto, residual en este caso, de las silicificaciones remanentes, aun no afectadas por dicho proceso. 300x. **Figura 388** (Centro), Posible fitolito de palmera (*Palmae*) donde se ha finalizado el proceso de transformación de SiO<sub>2</sub>, apreciable por su coloración netamente diferente a las morfotipos similares localizados en el sedimento (**Figura 389**, Drcha.) 600x.

Es decir, que si tomásemos como único parámetro explicativo el pH observado en la actualidad en el sedimento y que éste pudiese guardar una imagen residual de algunas de las características del ambiente edáfico circundante, hace unos 1.600 años, estaríamos ante la idea de que los suelos cercanos eran fértiles. Obviamente podemos únicamente valorar el sedimento en su propio protagonismo interespacial, sin aventurar conjeturas del

<sup>63</sup> Entendiendo por tal la capacidad de un suelo para impedir la acción de los elementos tóxicos y propiciar la disponibilidad de todos los nutrientes necesarios para el desarrollo de organismos vivos.

contexto cercano. Pero en ese caso poco podemos decir al respecto más allá de los procesos formadores del ambiente sedimentario de la cueva en cuestión, por lo demás ampliamente descritos e interpretados por Criado & Hansen (2009). Eso y la repercusión –a nivel taxonómico– en los materiales insertos en la matriz sedimentaria.

Sin embargo, la evidencia de que la reacción del suelo no fue la misma en el pasado que en el momento (actual), contrasta con su medida convencional (suspensión suelo-agua 1:2,5), que aunque totalmente fiable siempre nos ofrece datos actuales. De haberse mantenido el componente medianamente ácido y con tendencia a la neutralidad en el «tiempo sedimentario» que transcurre entre el nivel CE-2.2a y CE-2.8, el registro de fitolitos no acusaría el avanzado proceso de disolución de SiO<sub>2</sub> observado en numerosos ejemplos de ellos, especialmente en algunos de los niveles analizados, concretamente en CE-2.5 y CE-2.8. Pero atendiendo a la baja resolución del muestreo estratigráfico realizado (por niveles y no cada 1-5 cm.), no podemos descartar que en otros niveles o en algunos subniveles de los mismos se hayan operado condiciones propicias para la disolución de SiO<sub>2</sub>, como atestiguan los claros ejemplos detectados en el nivel base (CE-2.2 a pero también CE-2.2 c).



**Gráfico 48**, Valores de pH actuales en el perfil C.2, tomados y adaptados de Criado & Hansen, 2009. J.A.

La presencia de carbonato cálcico, derivado de la propia estructura natural de la cueva que alojó el asentamiento aborigen, podría solventar en parte la cuestión. Periodos de mayor humedad y temperatura ambiental habrían generado mayor cantidad de inflorescencias carbonatadas, que pasarían al sustrato de la cueva modificando la química del suelo y por tanto su reacción, que se volvería más alcalina. En este sentido cabe citar el papel jugado por la propia dinámica de la cueva que aloja el paquete sedimentario, y ya no sólo por el aporte de cascotes procedentes de paredes y techo sino también por posibles filtraciones de éstos, así como de la propia línea de destilación situada en los bordes de la entrada de la cavidad (Schmid, 1980).

El clima de la zona, caracterizado por temperaturas moderadamente altas, propiciaría la concentración de carbonato cálcico que terminaría pasando al sustrato y aumentando su pH. La importancia de este proceso radicaría en funcionar como marcador medioambiental, de poderse valorar su



acción-detención en función de posibles cambios climáticos. Sin duda el estudio de micro-secuencias de microfósiles, tomando la estratigrafía como material de alta resolución y muestreándola centímetro a centímetro en toda su potencia, permitiría a través del estudio de fitolitos afectados o no por disolución de SiO<sub>2</sub>, conocer cambios en la precipitación del carbonato cálcico que por derivación habría aumentado, o mantenido con tendencia a la acidez, el pH de cada capa de sedimento. No obstante, ofrecer una única interpretación a tal proceso resulta complejo, dado que tanto pueden estar involucrados en él procesos naturales –incluida la propia dinámica de disolución de SiO<sub>2</sub> en función de la profundidad edáfica– como los de naturaleza antrópica. De modo que también habría que valorar algún tipo de actividad con esa naturaleza, que pudiera incrementar el contenido en carbonatos, aumentando con ello el pH y la apertura de los procesos de disolución de SiO<sub>2</sub> que atestigua el registro de fitolitos. Tal circunstancia podría darse con la llegada al sedimento de oxalatos de calcio transformados en pseudomorfos de calcita como los contenidos en materia vegetal leñosa, que se verían alterados por el calor de estructuras de combustión, produciéndose un aporte inducido de carbonatos. Algo que supondría ofrecer al proceso de disolución una clara y verificable causa antrópica.

Pero también podría ofrecerse otra lectura, que no es otra que asumir que el proceso de disolución –según nos indica Piperno (2006)– vinculado a los fitolitos no en todos los casos debe relacionarse con un pH básico, sino que también sería propiciado/acelerado por el efecto de una circulación hídrica sostenida en el tiempo, como ocurre en los suelos ocupados por selva tropical. En este caso no habría igualmente problemas en aceptar tal hipótesis ya que según los estudios geomorfológicos realizados (Criado & Hansen, 2009), dicho proceso sería una constante en los de formación del paquete sedimentario de la cueva. Como se adelantó al principio de esta discusión, aunque no puede descartarse la conjunción de ambos factores y que en especial, unidos a un posible aporte de carbonato cálcico, afectara a los sedimentos de los niveles superiores (CE-2.5, CE-2.8) provocando la apertura del proceso de disolución, que en todo caso ya no sería detectable mediante la medida del pH en la actualidad.

### **Pruebas e inferencias finales al respecto de la reacción del sedimento de La Cerera.**

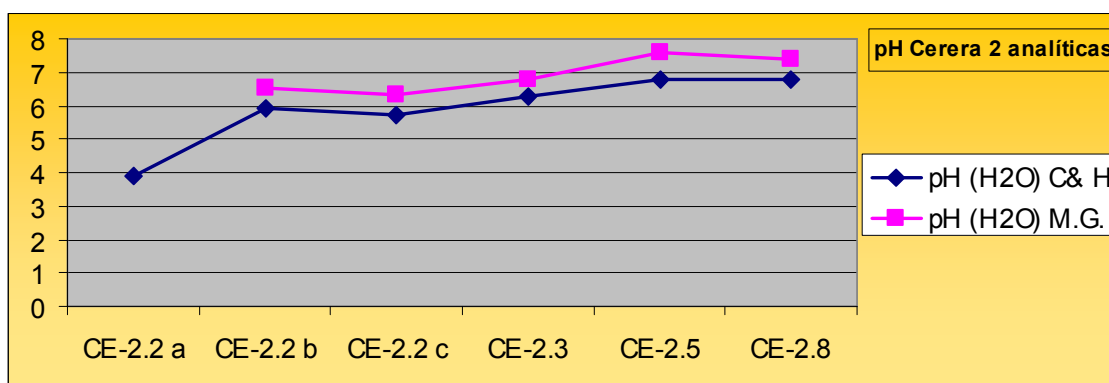
Finalmente, dada la incertidumbre creada por las lecturas citadas, con respecto al papel informativo de pruebas como la determinación actual del pH en sedimentos arqueológicos y especialmente cuando se presumen cambios en tales valores en el pasado, se procedió a una nueva analítica<sup>64</sup>. Los valores obtenidos difieren ligeramente con respecto a los anteriores (Criado & Hansen, 2010), aunque la tendencia es muy similar en todas las muestras, salvo en el nivel CE-2.2a, donde no fue posible realizarla por ser insuficiente la cantidad de muestra requerida para la realizar la prueba. En todo caso dichos valores se confirman próximos a la neutralidad (7) e incluso la superación de ésta, con indicación de una ligera basicidad (**Gráfico 49**), al menos en los dos niveles más recientes (CE-2.5 y 2.8).

---

<sup>64</sup> Llevada a cabo por M. Garín (Laboratorio del Dpto. de Edafología y Geología, ULL) siguiendo el protocolo habitual para la estimación del pH.

Debe resaltarse la tendencia de ambas estimaciones, con un ligero incremento del pH desde el nivel CE-2.2c, que alcanza su máximo en CE-2.5 (7,6), manteniéndose sobre la neutralidad también en el siguiente y más reciente nivel datado (CE-2.8, pH=7,41). Confirmando en cierto modo la hipótesis de que existió una oscilación significativa en la reacción del sedimento con mucha anterioridad a la extracción de muestras, produciéndose probablemente las condiciones para que éste fuera más básico en determinados momentos. Mientras que en otros la circulación o condición hídrica, evidente por el registro de microalgas –especialmente de flora de crisofitas–, aumentó significativamente en unos momentos indeterminados situados con posterioridad al siglo V d.C. y con anterioridad al s. VII d.C., cuyos sedimentos y otros materiales arqueológicos se sitúan, en la estratigrafía de La Cerera, en el nivel CE-2.3.

Dada la complejidad de tales aspectos, por su propio carácter arqueológico y multidireccional, las lecturas que pueden ofrecerse al respecto pueden seguir dos versiones, de las cuales la primera debe ser inexcusablemente la relacionada con las características del sedimento y de estos con los distintos momentos de ocupación y funcionalidad antrópica a los que corresponden. Por ello la primera lectura nos obliga a establecer una relación entre valores de pH, carbonatos y sedimentos, algo que obviamente ya se encuentra suficientemente confirmado en la práctica edafológica (Marín, 2003; Porta *et al.* 1999; entre otros). Desde ese punto, cabe decir que la presencia de carbonatos tenderá a manifestarse en un pH alcalino y su ausencia en todo lo contrario. Pero, como ya hemos mencionado, el comportamiento cambiante de ambos parámetros (%CaCO<sub>3</sub> y pH) en el tiempo es algo poco estudiado pero posible, tanto como la propia dinámica de los procesos tafonómicos en un espacio de cueva. Y como ya afirmara Biek (1963) debe entonces buscarse un tercer parámetro de que confirme dichos cambios. El registro de silicofitolitos puede ser uno de ellos, como en el caso mencionado por Biek (a la inversa) fueron los elementos óseos y orgánicos.



**Gráfico 49**, Curvas acumuladas de dos estimaciones de pH en sedimentos del Corte 2 de La Cerera.

El segundo valor de pH obtenido para el nivel CE-2.5 (cercano a 8) y la revisión del registro de fitolitos del mismo no pueden ser más explícitos, el efecto de un medio alcalino, quizás en conjunción con circulación hídrica, se refleja nítidamente en todo tipo de fitolitos. Una cuestión que quizás pueda tomarse como reflejo de que el pH llegó a ser más alto en ese nivel, tanto

como para que el registro microfósil esté afectado por fuerte disolución de SiO<sub>2</sub>. Indicándonos sobre todo que existe diferencia con la actualidad, y que ese pH, fuertemente alcalino que manifiestan los fitolitos, pudo tener una causa asociada a algunos de los parámetros citados, como un aporte superior de carbonatos. Explicar su procedencia tiene varias vías, una de ellas –que no podemos descartar porque trabajamos con sedimentos arqueológicos– es que existió un aporte de carbonatos procedente de una estructura de combustión. Mientras que otra podría ser, ya desde una perspectiva paleoambiental, posibles cambios en el ambiente. Porque si hubiésemos seguido una ruta basada en sólo lo que indican los fitolitos tendríamos, quizá, una única versión, pero contemplar paralelamente el registro de microalgas aporta el beneficio de la diversidad de fuentes informativas. Obviamente, las lecturas adquieren así complejidad y las respuestas, también en esta Tesis, son limitadas.

### **Cambios paleoambientales del holoceno reciente, aspectos sedimentológicos y microfósiles: microarqueología en La Cerera.**

En segundo término habría que plantear una posible evidencia de cambios paleoambientales, en este caso empleando la proporcionada por el registro de microalgas y de éstas en conjunción con los detectados en el pH de los sedimentos de La Cerera. Se trataría este enfoque de una aproximación *proxy-data* como aportación al estudio paleoclimático del yacimiento y su entorno, en la secuencia cronológica designada por los datos absolutos obtenidos (González *et al.*, 2009). Pese a que se trata de lecturas basadas en sedimentos arqueológicos, puede plantearse su interpretación intentando asociar dichos cambios a los existentes en materia de las tan desconocidas secuencias de cambios paleoambientales en el Archipiélago Canario, pese a que una de las zonas más estudiadas, también desde enfoques *multy-proxy*, sea el cercano desierto del Sahara (Labeyre, 2002). No obstante, en este sentido existe la manifiesta dificultad –como ocurre con otros contextos geográficos– de saber si esos cambios fueron sincrónicos en todas las regiones, y si pueden extrapolarse directamente a los contextos de Canarias, caracterizados por condiciones climáticas muy heterogéneas, y en buena parte diferentes a la existentes en la misma franja latitudinal que ocupa el desierto del Sahara.

Las fluctuaciones en el clima de La Tierra en el pasado es campo directo de la paleoclimatología y pese a que se disponga de amplios datos, obtenidos en su mayor parte por secuencias polínicas (Renfrew & Bahn, 1993; entre otros), así como las numerosas evidencias –sobre edades glaciares– que serán aportadas tras ser inicialmente propuestas por Agassiz en 1837<sup>65</sup>. Pero para el Archipiélago Canario, hasta la actualidad, sólo se disponen de algunas aportaciones al respecto, entre ellas las realizadas en el campo de la geomorfología (Quirantes y Martínez, 1991; Criado, 1990; entre otros), así como las inferencias que puedan extrapolarse con respecto a los cambios atmosféricos propuestos para el cercano continente africano (Mejía-Molina *et al.* 2006).

---

<sup>65</sup> Siguiendo la secuencia propuesta, para el estudio de los glaciares, por Labeyre (2002).

Tampoco la arqueología en Canarias se ha centrado en este tema, y pese a disponer de algunos registros arqueobotánicos que podrían enlazarse con cambios medioambientales, los arqueólogos se han interesado más por definir el papel de los recursos naturales en la estructura de las sociedades aborígenes<sup>66</sup> que en identificar aspectos paleoambientales, dejados más éstos a la labor de geólogos, geomorfólogos y paleontólogos. Aunque compartimos en parte la inquietud del resto de investigadores arqueólogos por centrarse los aspectos sociales y económicos, entendemos que esa visión intenta cuidarse de entrar en posibles versiones deterministas y en este caso de corte ecológico. Sin embargo, creo que no deben separarse ambos aspectos, ya que la verificación de la existencia de cambios a nivel natural –puestos en relación con dichas estructuras socioeconómicas– no hace sino mostrarnos su grado de correlación, quedando clara –mediante el estudio de los oportunos parámetros– si ésta es o no vinculante. Indicadores como los aportados por algunos estudios arqueobotánicos muestran que existieron –en las culturas aborígenes– cambios asociados a los productos vegetales explotados y consumidos, sin que para ello se ofrezcan lecturas concretas más allá del interés por describir aspectos como el cambio en los territorios de captación o modificación de las propias estructuras, siempre por causas del propio comportamiento de esas sociedades.

#### **Cambios globales y locales: paleoclima en La Cerera.**

Sin embargo, comienza a conocerse mejor –al menos a escala zonal– la amplia secuencia de cambios paleoclimáticos, más o menos dilatados en el tiempo, que acontecieron durante el Cuaternario (2 Ma-presente) tanto en la Península Ibérica como el Norte de África. En este sentido, existen trabajos que correlacionan las variaciones en el pH con las del registro de microalgas (diatomeas) y ambos con las oscilaciones climáticas, involucrando concretamente al parámetro temperatura. De forma general se comparte que en periodos cálidos el pH se incrementa y disminuye cuando se prolongan etapas frías. Tanto el desarrollo de diatomeas como el pH del sedimento reaccionan ante el aumento o disminución de la temperatura (Lotter *et al.*, 1999). La evidencia de procesos de disolución de SiO<sub>2</sub> conjuntamente con un desarrollo variable de microalgas silíceas (diatomeas y crisofitas), puede asociarse también a cambios en el paleoambiente de Arucas y La Cerera.

Si tomamos en cuenta que los efectos de la disolución siempre están asociados a los efectos conjuntos de un pH básico alto/ extremo y circulación hídrica (Albert *et al.* 1999; Piperno, 2006; entre otros), el registro de microalgas solamente estaría indicando que existieron, en estas zonas, épocas de más calor, con incremento de las precipitaciones locales. Una visión únicamente paleoambiental de la secuencia del registro de microalgas de La Cerera indicaría tales eventos. Siendo éstos especialmente intensos a partir de la formación del nivel CE-2.2c y con posterioridad al siglo V d.C. Es decir que tendríamos que plantear un periodo más cálido y húmedo desde esas fechas, con un incremento de las condiciones propicias para el desarrollo de microalgas, que tendría su repercusión en el incremento del pH volviendo, al sedimento, un medio significativamente más alcalino. Sin embargo, el tipo de

---

<sup>66</sup> Y especialmente en la repercusión a nivel social del modelo económico agrícola implantado, con fines productivos, por grupos dominantes locales.

microalgas es aquí un parámetro clave a tener en cuenta, en este caso haciendo necesaria diferenciación entre el registro de diatomeas (valvas) y el de crisofitas (quistes de resistencia).

Las lecturas generales sobre la situación climática de Canarias, hacia mediados del primer milenio de la Era, podrían tener un referente en los datos existentes sobre columnas sedimentarias del norte de la Península Ibérica y África. En el primer caso tendrían que ver con las oscilaciones Dansgaard/Oeschger, cuya repercusión podrían haber sido ciclos climáticos de corta duración, acaecidos en época postglacial cada 1500 años. Dichas oscilaciones han sido detectadas en estudios paleoclimáticos del Atlántico Norte y Groenlandia y cuya característica básica —a nivel sedimentario— es su bajo contenido en materia orgánica, como consecuencia de un clima frío y alta erodibilidad. En el caso de las oscilaciones realizadas en sedimentos del Lago de Sanabria (Luque, 2003) y a nivel microfósil, la repercusión de esta situación sería la disminución del contenido en diatomeas en el sedimento, lo cual sugeriría la llegada de condiciones climáticas frías, propias de lo que conoce como Pequeña Edad del Hielo (*Little Ice Age*). La cual, en opinión de Luque (2003) no resulta un evento aislado ni aleatorio en la historia climática, sino que se encuentra asociada al ciclo climático de 1.500 años del Atlántico Norte. Se trataría en todo caso del periodo más frío del último ciclo de Bond, de claro enfriamiento, en lo que supone todo un conjunto de eventos fríos que acontecieron antes cada 1.500 años. Esas fechas, correlacionándolas con las dataciones disponibles para La Cerera, situarían tal evento frío hacia el siglo V d.C.

Pero ¿cómo podríamos situar más concretamente los datos aportados por el registro microfósil del yacimiento en el contexto de semejantes oscilaciones?. Si se toman éstos como datos asimilados (*Proxy data*) provenientes de un tipo de limnología sin cursos/masas de agua aparentes, vemos que generan una información susceptible de ser puesta en relación con la situación climática de la zona de Canarias. Y dada la escasez de datos con respecto a su paleoambiente, al menos sí que pueden emplearse —como aproximación— los existentes para con una de las zonas que más ha atraído el interés de los investigadores paleoambientales: el desierto del Sahara. De nuevo aquí la posibilidad de emplear datos asimilados de otras disciplinas enlaza estas lecturas con el análisis de sedimento, sus características y además con el registro microfósil. Los trabajos sobre cocolitofóridos asociados a cambios atmosféricos y oceanográficos durante el Periodo Húmedo Africano, holocénicos en el Atlántico (Mejía-Molina *et al.*, 2006) detectan las condiciones húmedas que afectan al Sahara durante la primera parte del Holoceno, en lo que se ha denominado Periodo Húmedo Africano del Holoceno (o AHP, *Holocen African Humid Period*). Esta situación afectaría al Sahara entre el Pleistoceno final y el Holoceno reciente (<5.5 ka) cuando existirían mayores tasas de humedad ambiental como para generar abundante vegetación y aparición de masas de agua que contribuirían al desarrollo de amplias zonas de pradera hasta los 23° N (Claussen & Gayler, 1997). Mientras duraron tales condiciones, parámetros como los proporcionados por varias especies de cocolitofóridos, indican la presencia de condiciones más húmedas y frías que las actuales. Aspectos que son confirmados con la tasa de

terrágenos eólicos, que disminuye notablemente antes de la inflexión climática posterior.

En los registros de microfósiles estudiados por Mejía-Molina *et al.* (2006) correspondientes al testigo MD03 2705 DUST de la costa africana<sup>67</sup>, se aprecia además un aumento de cocolitos de condiciones cálidas y un incremento gradual, desde la finalización del AHP, de diatomeas de agua dulce y fitolitos de gramíneas. Parámetros que son interpretados por los autores como indicativos de procesos erosivos sobre cuencas lacustres, las cuales resultarían afectadas por las nuevas condiciones secas con la exposición de su fondo (deseccación) a los vientos dominantes. Proceso que determinaría el arrastre de terrígenos eólicos y microfósiles lejos de su lugar de origen, con eventos que permiten que estos se depositen a una longitud mayor incluso a la que se encuentran las Islas Canarias. Desde 5.5 ka tales procesos se producirían de forma continuada hasta la actualidad.

La secuencia posterior a esa etapa ha sido estudiada más detalladamente por Criado (2008), situando un episodio cálido “intenso” entre 4,5-4 ka, así como un proceso de aridificación sostenida entre 4,2 y 2,8 ka. Hacia el cambio de era en el Sahara se estaría produciendo un intenso proceso de desertización, que se mantendría hasta el presente con algunos episodios de pulsaciones húmedas, como la que acontece entre principios del siglo XVI y mediados del XIX, en el periodo conocido como Pequeña Edad de Hielo o *Little Ice Age* (LIA). Si esa pulsación se corresponde o no con la tesis de Luque Marin (2003) sobre los ciclos climáticos ocurridos cada 1.500 años y en concreto del último Ciclo de Bond, es materia de otras lecturas que deben realizarse al amparo de analíticas sobre paleoambientes como los de Canarias, para las cuales desconocemos el grado de afectación en esa escala global.

Pero al nivel que nos ocupa, en el estudio de la zona norte de Gran Canaria, la parte de las lecturas paleobotánicas que pueden asumirse desde un registro microfósil, indica que hacia el siglo V d.C. el contenido en algas crisofitas aumenta ligeramente, situándose en unas concentraciones que ya no descenderán en los niveles posteriores. Habrá que esperar a las condiciones que presenta el nivel CE-2.3 –posteriores al siglo V d.C. y anteriores al siglo VII d.C.– para que se produzca un incremento sustancial en tales concentraciones. Entre esas fechas existe un proceso que permite una mayor llegada de quistes de crisofitas al sedimento, cuyas concentraciones duplican las de cronología situada entre los siglos IV y V d.C. Si nos atenemos a las lecturas proporcionadas por Criado & Hansen (2009) sobre el nivel CE-2.3, éstos lo definen como un lentejón de material fino (97% material <2 mm), acuñado hacia el oeste de la cavidad, con bajo contenido en materia orgánica (4%) y fósforo (4) así como de pH ligeramente ácido (6,3). Siendo quizás la nota más importante, con respecto a la naturaleza del sedimento donde se contienen los microfósiles estudiados en esta Tesis, que se encuentran asociados a concentraciones de la fracción arena, derivadas éstas –según dichos autores– con corrientes hídricas de baja energía y aportación eólica. De uno u otro origen, el registro de crisofitas presente en el sedimento de CE-

---

<sup>67</sup> Recuperado mediante sondeo en profundidad sobre el istmo submarino que comunica África con las Islas de Cabo Verde (entre 18° N y 21° W) a una profundidad de 3100 metros.

2.3 es el más alto del registro estratigráfico global, mientras que el de algas diatomeas solamente lo es ligeramente con respecto al resto de niveles (Gráfico 50).

Desde una hipótesis de partida, asumiendo todos los parámetros mencionados, podría plantearse que ese paquete sedimentario fino, al que aluden Criado & Hansen (2009) para CE-2.3, representaría –en unión del conjunto de restos de microalgas que contiene– una etapa de mayor humedad e incluso temperaturas más suaves que las actuales. Pero el hecho de que la matriz sobre las que realizamos tales lecturas sea de origen arqueológico, no aconseja que debamos desvincular sus registros con causas antrópicas. Aunque resulta complejo vincular tanto la naturaleza de los sedimentos como su contenido a una determinada actividad dentro del espacio arqueológico, ésta podría ser igualmente la existencia inmediata de condiciones hídricas –en este caso inducidas– como para favorecer la formación del particular registro de microalgas de CE-2.3.

Lamentablemente no existe consenso actual para las inferencias confeccionadas con los datos de los registros de crisofitas, debido en parte a que se conocen mejor en contextos no-antropizados y menos durante las oscilaciones climáticas del Cuaternario y periodos anteriores. Mientras algunos autores consideran que proliferan en aguas puras y oligotróficas (Del Hoyo, en Luque, 2003) también algunas especies se asocian a condiciones específicas de baja concentraciones de nutrientes y pH ácido. Y un dato importante quedaría constituido con la lectura de que porcentaje mayor de crisofitas, dentro del total de algas, resulta mayor en épocas frías. Por el contrario Cronberg (1986) plantea que se trata de aguas no totalmente limpias. Por su parte Pla (2001) afirma que proliferan en masas de agua no-antropizadas, sólo en algunos casos no-eutrofizadas, entonces sí que serían más propias de aguas limpias. El hecho de que este último investigador haya desarrollado un trabajo específico sobre su presencia en lagos de montaña (Pirineos), denotando sustanciales variaciones en cuanto a morfologías y ornamentaciones hace que sus lecturas permitan asociar los desarrollos de crisofitas a aguas de los tipos mencionados.

Una alta presencia de quistes en comparación incluso con valvas de diatomeas, ampliamente superadas en el caso de los sedimentos de La Cerera, vuelve nuestra interpretación hacia un componente ambiental importante, que si no es exclusivamente la clave de su desarrollo sí podría pesar sobre otras interpretaciones arqueológicas, como la existencia de un aporte hídrico relacionado con prácticas antrópicas muy concretas, como el abastecimiento doméstico o agrícola. Aspectos que no obstante, resultan difíciles de obviar en un contexto prehistórico donde, en virtud de las informaciones complementarias, existe un fuerte componente agrícola como base de la estructura económico-social de los grupos aborígenes asentados en el entorno de La Cerera, al menos en la secuencia temporal reflejada por las dataciones existentes.

### **Granulometría de sedimentos y aspectos paleoambientales.**

Los aspectos granulométricos asociados a cambios paleoambientales constituían uno de los principales objetivos del análisis de sedimentos enclavados en esta tesis, también los de La Cerera. Por ello y desde una

perspectiva basada en dicho aspectos, la fracción limo (50-2  $\mu\text{m}$ ) era tomada, como ya se ha explicitado, como la que podría aportarnos información sobre aspectos climáticos diferentes a los actuales. Entendiendo que es el porcentaje de esta fracción el que nos indica si los sustratos de hace más de 2.000 años estuvieron sometidos a fuerte erosión eólica, propia de las corrientes atmosféricas de etapas glaciares y clima periglacial, donde las superficies terrestres estaban prácticamente desprovistas de vegetación como la actual.

#### **Evidencias de afectación hídrica en el sedimento: el registro de microalgas silíceas.**

Desde la reafirmación de que el sedimento de La Cerera posee un alto componente biogénico, basado no sólo en silicofitolitos sino también en valvas y quistes de microalgas, la importancia de detectar restos de microalgas en el sedimento de La Cerera revierte en que éste ha sido un sustrato sometido a condiciones hídricas, o ha recibido un aporte sustancial de otros que lo estaban. Pese a las diferencias entre ambas hipótesis, en las dos se contiene un mismo principio: la afectación hídrica de una u otra forma. Un yacimiento arqueológico en cueva cuyos sedimentos tuvieron tal contacto con agua como para propiciar el desarrollo de microalgas, o bien tan inmediato a los que lo estaban como para recibir parte del registro microfósil de los mismos, debe ser interrogado e interpretado siguiendo el rastro ineludible del agua. De tal modo que no sólo se trata de sedimentos que recibieron aportes de tejidos de cereales, sino que además estuvieron vinculados con procesos de humedad, sino alta sí constante en el tiempo. Algo inusual en un sedimento situado fuera de la influencia de acumulaciones del líquido elemento, como sí ocurre en la Vega de Arucas. Pero atendiendo al desconocimiento del paleoambiente real que rodeó el yacimiento, durante la formación de su paquete estratigráfico, cualquier afirmación al respecto –antes de valorar todos los datos posibles– es pura suposición.

Porque, como ya se ha expuesto, el registro de microalgas de valvas y quistes silicificados (diatomeas y crisófitas respectivamente) es una constante en el registro de microfósiles de La Cerera. Particular que no sólo revierte en las lecturas arqueológicas sino además, dentro de ellas, a las de tipo paleoambiental. Y sobre todo a las preguntas del tipo ¿porqué un sedimento arqueológico que denota tanta ocupación presenta un registro tan constante de microalgas?. Obviamente se trata de una cuestión que no responde a una intencionalidad antrópica, como podría ser el depósito de ciertos tipos de tejidos vegetales, sino una consecuencia que tanto puede derivar de los mecanismos naturales que afectaron a la cueva, en materia de circulación hídrica exterior-interior, como a las condiciones ambientales generadas por las actividades antrópicas generadas en la misma.

En el sedimento arqueológico el registro de microalgas es claro, o lo es al menos en un aspecto: en el de indicar que existieron determinadas condiciones de humedad, que se mantuvieron a lo largo de toda la secuencia a la que corresponden las muestras. O lo fueron hasta el punto de generar condiciones propicias para el desarrollo de un restringido grupo de diatomeas y que éstas aparecen antes del siglo IV-V d.C. hasta después del VII-VII d.C., con muy escasas variaciones. Condiciones que aportaron además un grado de



humedad idóneo para el desarrollo de crisofitas. Tanto como para que sus quistes sean significativamente más abundantes –en preparación microscópica y por gramo de muestra– que las valvas de diatomeas, y no menos diversos que éstas. Indicándonos incluso la existencia de un algido en tal desarrollo, situado antes del siglo VII-VIII d.C. y que desciende hacia esas fechas, continuando y acrecentando dicha tendencia en épocas posteriores.

Las características del registro algal quizás sea uno de los parámetros que permiten ponerlo en relación con secuencias paleoambientales, y lo es tanto a nivel cualitativo como cuantitativo. Las diatomeas de La Cerera se caracterizan por estar dominadas por una especie de *Hantzschia* sp., quizás *H. amphyoxis*. Sería entonces una diatomea del poco conocido grupo de las de ambiente subaéreo, común en los primeros centímetros de suelos húmedos forestales e incluso ajardinados. A nivel paleoambiental su presencia se ha asociado, junto a *Aulacoseira* sp., a las condiciones de un río Nilo en estado previo al funcionamiento de la presa de Aswan, cuando las aguas del Lago Manzala (delta) presentaban condiciones eutróficas y alcalinas (Zalat, 2000). Su desaparición, junto con otras especies, se asocia a la apertura de un proceso de salinización y aumento de nutrientes abierto al cesar la influencia de la corriente descendente del Nilo, con acentuación de la del litoral cercano. Sin embargo, en La Cerera no existe una concentración significativa de valvas de *Aulacoseira*.

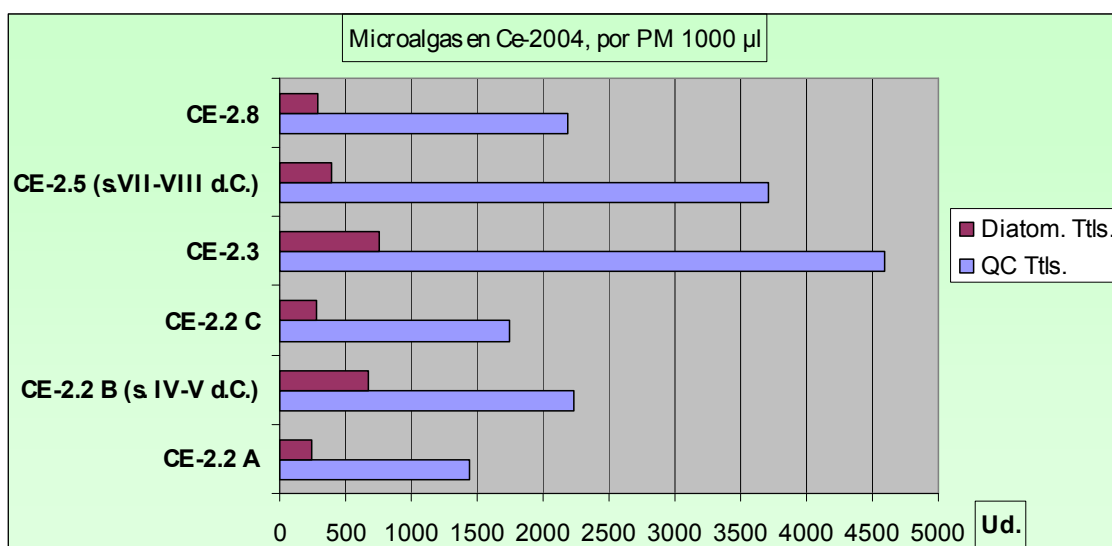
En La Cerera, el registro de *Hantzschia* sp. se mantiene durante toda la secuencia analizada, lo cual indica pocos cambios en las condiciones propicias para su desarrollo, salvo que éste es notable en CE-2.2b y especialmente en CE-2.3, durante los siglos IV-V d.C. y antes del siglo VI a.C. Ascenso que involucra igualmente a las algas crisofitas, cuyos quistes de resistencia son muy abundantes en los mismos niveles arqueológicos, mucho más en CE-2.3, cuando sus concentraciones se vuelven especialmente relevantes. Pero lo que habría podido ser una curva ascendente, con posterioridad al siglo V d.C., es un descenso significativo en la producción de microalgas en el nivel CE-2.2 c, especialmente de diatomeas y no tanto de crisofitas.

Pero ¿qué reflexiones pueden hacerse en torno a estos datos?, ¿pueden relacionarse con cambios paleoambientales o existe un parámetro antrópico que no puede ser obviado?. Rotundamente deben considerarse ambos aspectos y que por ello conviene emitir interpretaciones que los relacionen, o que al menos no desvinculen el registro sedimentario de la actividad humana, que es la que sin duda colabora en la formación del yacimiento. El hecho de que sean las crisofitas, y una diatomea de ambiente subaéreo, las que protagonizan buena parte del componente biogénico (microalgal) del sedimento, sintetiza el de tipo ambiental para su desarrollo, no necesariamente vinculado a condiciones propias de láminas de agua abundantes, sino escasas e incluso episodiales (**Gráfico 50**). Concretamente podría hablarse de un sustrato húmedo pero no encharcado permanentemente, donde de forma constante se desarrollaron algas diatomeas, incluso antes de la ocupación humana del entorno de la cueva. Por su parte las crisofitas igualmente están presentes, pero haciendo referencia a procesos de encharcamiento con desecación, que propiciaría la aparición de sus quistes de resistencia. En el tiempo esta aparición se vuelve más numerosa, incrementándose los procesos de aumento de humedad/agua a partir del siglo V d.C. y más concretamente en los albores

del siglo VII d.C. No cabe duda de que en esos momentos el sedimento adquiere humedad, viéndose afectado por los mecanismos asociados, entre ellos los de tipo biológico.

Antes del siglo VII d.C. el registro de microalgas marca un algido máximo, que poco puede explicarse por causas antrópicas o al menos matizando...¿qué actividad humana podría aportar una cantidad mayor de agua a un sedimento que constituía un suelo de ocupación, más que posiblemente vinculado a actividades económicas?, pero en todo caso no de cultivo. Descartando además el aporte de elementos marinos, por razones ya explicitadas por el registro e interpretación del registro malacológico (Mesa, 2009), posibles aportes hídricos, por pérdidas, de canalizaciones o prácticas agrícolas vinculadas al regadío, serían los únicos que potenciarían el desarrollo de microalgas en un contexto inmediato.

Fuera de esas lecturas queda la de tipo paleoambiental, ya que en función de todo lo expuesto estaríamos ante condiciones climáticas que experimentaron un algido húmedo antes del siglo VII d.C., que se mantuvo hasta el siglo VIII d.C. y luego decreció. Serían momentos de mayores precipitaciones y humedad en los sedimentos de La Cerera, cuando disminuyen ligeramente la fracción limo (CE-2.3) y alcanza su nivel máximo la de las arcillas (CE-2.5). La pregunta podría ser cumplimentada siguiendo objetivos interpretativos basados en los parámetros analizados, entendiendo que en esos momentos se produjo un aumento de la humedad sin casi producirse cambios en las fracciones granulométricas. Quizá porque ese eventual aumento de las condiciones de humedad fue aprovechado para potenciar el modelo agrícola de la sociedad aborigen de Arucas.



**Gráfico 50**, Registro de microalgas en los sedimentos de la secuencia estratigráfica correspondiente al Corte-2, por cada 1000 µl de muestra en disolución. J.A.

El sedimento arqueológico ofrece por tanto una lectura específica sobre su afectación por procesos hídricos pero también por condiciones de humedad. Unos y otras responden sin duda a aspectos paleoambientales como de actividad/ocupación antrópica, en todo caso una compleja realidad que

futuros estudios específicos permitirán discriminar entre causas naturales y antrópicas. Creemos que tal y como confirma el componente biogénico de los sedimentos, éstos están íntimamente ligados –por su propia génesis en el interior de una cueva– no sólo con las prácticas antrópicas allí realizadas (en diferentes tiempos en un mismo espacio) sino con concretas secuencias paleoambientales, cuya estructuración y estudio detallado constituye una aproximación a las mismas, confirmando que la investigación arqueológica en Canarias también puede aportar datos consistentes, a la hora de ofrecer conclusiones sobre los posibles cambios ambientales acontecidos sobre su medioambiente y sus gentes en la Prehistoria.

#### **Otros referentes paleoclimáticos: fitolitos de células cortas.**

Dado que el estudio parcial de los sedimentos de La Cerera indica aspectos que proponen lecturas un tanto diferentes a las ya enunciadas mediante otras disciplinas (Criado & Hansen, 2009), he creído acertado incluir aquí –como en otros aspectos– la posibilidad de que parte del registro de fitolitos arqueológicos colabore en inclinar el signo de las inferencias ya planteadas. Especialmente en cuanto a si se detectan cambios sustanciales en el espectro de fitolitos de células cortas –que hacen referencia a uno u otro tipo de gramíneas– como para indicarnos cambios paleoambientales que tuvieran repercusión en la génesis del sedimento del yacimiento. Entendiendo por tanto que al menos una parte del sedimento ha recogido no sólo evidencias microscópicas de prácticas relacionadas con la captación, almacenamiento y/o procesado de cereales –y quizás frutales– sino también del propio ambiente natural de La Cerera. Al menos de aquél que aunque resultara afectado por las prácticas antrópicas, representara el medio natural mediante la presencia de plantas silvestres, no-introducidas.

Los fitolitos *Poaceae* de células cortas ya han sido empleados como referentes paleoambientales desde el trabajo clásico de Twiss *et al.* (1969) y posteriores (Fredlung & Tieszen, 1994; entre otros). Tal y como ya hemos expuesto, su valor taxonómico radica en que sus morfologías resultan de diagnóstico para identificar tres subfamilias *Poaceae* como *Pooideae*, *Panicoideae* y *Chloridoideae*, las cuales presentan una distribución geográfica y ecológica acorde a los requerimientos medioambientales del tipo de gramínea que los produce. En La Cerera, tras conocer que buena parte del espectro fitolítico *Poaceae* tenía un fuerte componente *Pooideae*, derivado de la deposición de tejidos de cereales pertenecientes a esa subfamilia, cabía preguntarse por otras gramíneas del entorno que pertenecieran a otras subfamilias. Dado que se habían detectado los parámetros ya señalados en este apartado, que generan numerosas cuestiones taxonómicas y sobre el paleoambiente local, la opción de conocer un parámetro más como la existencia de gramíneas silvestres en la zona de La Cerera podría aportarnos más información para la resolución de tales cuestiones.

Tal y como se muestra en el análisis pormenorizado de los grupos microfósiles detectados en el sedimento, el espectro de fitolitos de gramíneas es muy elevado, especialmente en lo que atañe a sus inflorescencias y hojas. Mientras que las primeras indican claramente un predominio de la función agrícola, con la presencia de numerosas células largas equinadas o dendriformes y células cortas tipo *Pooideae*, otras hacen referencia a hojas de gramíneas, en unos casos *Pooideae* pero en otros *Panicoideae* o *Arundionideae*

e incluso *Chloridoideae*. Siendo éstos dos últimos conjuntos los que podrían colaborar en determinar el medioambiente no-cultivado de La Cerera, como ya hemos propuesto con la presencia de fitolitos de palmeras, que salvo para la estructura de combustión (UME 20) no parece atestiguar un uso concreto de los tejidos de la palmera, en principio de la especie endémica canaria (*Phoenix canariensis*). En todo caso su presencia, salvo en los sedimentos de la estructura de combustión, haría referencia a la eventual llegada de sus fitolitos por causas vinculadas al transporte exterior-interior de la cueva. Debiéndose por tanto ser considerada una presencia asociada al ambiente nativo de La Cerera, y un indicativo de las condiciones externas al yacimiento.

Dado que el registro de células cortas de tipo *Pooideae* pueden estar, a menos en parte, vinculado a cereales pertenecientes a esa subfamilia y ser claramente de origen introducido, centramos nuestra atención en el que representa a las dos subfamilias restantes. Que por una parte producen fitolitos de células cortas bilobuladas, siempre presentes en *Panicoideae* y ocasionalmente en otras subfamilias, y de tipo *saddle* por el otro, que pueden hacer referencia tanto a *Chloridoideae* como a *Arundinoideae*. Como hemos descrito, con ocasión del estudio detallado de la fracción arenas 200-50 µm, parece poder afirmarse la presencia de fitolitos correspondientes a una gramínea *Arundinoideae* como *Phragmites australis*, o a una subespecie indeterminada de la misma. Aunque las morfologías que nos hacen reafirmarnos en tal lectura (buliformes cuneiformes, según ICPN 1.0) son escasas con respecto a las correspondientes a células cortas y largas, así como para con otros microfósiles como diatomeas y quistes de crisófitas, su particular morfología no ofrece muchas dudas al respecto de la llegada, al sedimento, de sus grandes células buliformes. Obviamente una forma de corroborarlo –sin que exista indicio en contra de lo propuesto para *Phragmites australis*– sería hallar otras tipologías de fitolitos igualmente presentes en las hojas de gramíneas *Arundinoideae*. Y las células cortas, tipo *saddle*, detectadas y especificadas en el apartado de Análisis Microfósil de La Cerera funcionan perfectamente con ese propósito.

### **Conclusiones sobre el estudio parcial de los sedimentos de La Cerera.**

El estudio de sedimentos desde una perspectiva microfósil, que comienza con la percepción de algunos parámetros de los mismos como los contenidos en materia orgánica, carbonatos y fracciones granulométricas, ha revelado aspectos que tienen que ver con la propia naturaleza del sustrato, como el alto contenido en biomineralizaciones microfósiles de la fracción limo y las modificaciones metodológicas que sido necesarias para lograr valorar éstas en el plano cualitativo y cuantitativo. Creo que la naturaleza de esos microfósiles se encuentran íntimamente ligados a las características del sustrato arqueológico que, en mi opinión, supone un material que refleja fielmente el ambiente exterior y el uso dado a éste, el agrícola.

Por ello el primer aspecto relevante corresponde sin dudas a las características edáficas del sedimento, marcadas por bajo contenido en materia orgánica y muy alto en la fracción coloidal ( $\pm 40\%$ ). Este último parámetro ha resultado ser crucial para entender parte del registro microfósil de origen vegetal, que a su vez hace referencia expresa a un aporte, al sedimento, de cantidades significativas de elementos contenidos en granos de cereales de grano vestido, en principio de *Hordeum vulgare* sp., sin descartar

la presencia de algunas variedades de trigo y entre ellas alguna de grano vestido. Dichos elementos se presentan no son sólo bajo la forma de silicificaciones de muy variada tipología, y casi siempre alta concentración, sino además del tipo de los gránulos de almidón, lo cual puede hacer referencia a harinas derivadas de procesos de molturación.

Por su parte las lecturas conjuntas sobre el estado de conservación de fitolitos (afectados por procesos de disolución de  $\text{SiO}_2$ ), valores de pH y  $\%\text{CaCO}_3$  indican que en la dinámica del sedimento habrían podido incidir aspectos relacionados con condiciones adversas para los conjuntos microfósiles de base silíceo. Aspectos que bien pueden ponerse en relación con la funcionalidad del espacio de La Cerera, bien con otros de tipo paleoambiental. En todo caso, los datos conjuntos en ese sentido indican que el pH pudo ser más básico que lo que indica su estimación actual y que en conjunción o no con circulación hídrica, se produjo la apertura de procesos de disolución en el registro de microfósiles silíceos que les afecta grave y diferencialmente. Algo que es perfectamente constatable, con diferencias por niveles, tanto en los fitolitos de células largas pero también cortas. El abundante registro de almidones detectado bajo la forma encubierta de agregados amiláceo-arcillosos, el cual no se hubiese conservado de no constituirse en unión a la abundante presencia de arcillas como cuerpos microscópicos con entidad propia y naturaleza resultante de las propiedades de ambos tipos de partículas. Podemos decir que, a la ya de por sí compleja entidad de los agregados de arcilla, se sumaron en el pasado la de los gránulos de almidón, dando como resultado una serie de morfologías muy características, de formas por lo general elipsoidales y reniformes, con tamaños que en ocasiones superan las 180  $\mu\text{m}$ .

Con respecto al método escogido, para llevar a cabo una contextualización del registro microfósil en el sedimento y suelos portantes, cabe afirmar que a pesar del cierto minimalismo analítico del que podría adolecer el apartado granulométrico —dado que se basa en una cantidad ínfima de sedimento para un estudio semejante— éste siempre indica la tendencia real del mismo. La cual podrá afianzarse y definirse mediante el análisis de mayores cantidades de muestra. Pero que en virtud de las numerosas repeticiones realizadas con los sedimentos de La Cerera, parece confirmar que la tendencia descrita es fiel reflejo de la realidad, aspecto y afirmación extrapolables también al estudio de sus registros microfósiles.

Aunque tal y como ya se había previsto los resultados únicamente son considerados como “revisables” en cuanto a la fracción más gruesa: la de las arenas  $>200 \mu\text{m}$ . La previsibilidad de esta lectura se basa en que entendimos que era esta la fracción que podría variar sustancialmente de un muestreo a otro. Pero pese a ello, y entendiendo que el objetivo final era valorar la presencia de microfósiles en las fracciones finas, en concreto en los limos, los objetivos no resultan tan negativos como pareciera, pues el método de tamizar con batería de tamices (200-50  $\mu\text{m}$  de luz) garantiza contar al menos con las tres fracciones principales para llevar a cabo la mencionada contextualización. Efectivamente el contar con las arenas 200-50  $\mu\text{m}$  y los limos (50-2  $\mu\text{m}$ ) ya supone hacerlo con las fracciones que de forma común son consideradas portadoras de microfósiles. Mientras que las arenas  $>200 \mu\text{m}$  lo

hacen en excepcionales circunstancias<sup>68</sup>, las arcillas solamente deben guardar un escaso y fragmentado reflejo de los registros existentes en las fracciones “fértiles” en biomineralizaciones fósiles (fitolitos, microalgas, espículas).

Entendemos por tanto que la inusual oscilación entre los valores de la fracción arenas >200  $\mu\text{m}$ , que por lo general debería ser la menos sujeta a las fuerzas de cohesión coloidales, es algo que no lesiona las lecturas granulométricas obtenidas con las fracciones <200  $\mu\text{m}$ . Y otorgando por ello mayor veracidad a sus datos, pues son las verdaderamente involucradas en el aparato metodológico empleado, así como las variaciones introducidas en el mismo con el fin de lograr una visión fidedigna del panorama granulométrico, donde se encuentran insertos los microfósiles silicificados de La Cerera.

Las lecturas paleoambientales asociadas al estudio del sedimento —desde una perspectiva no-micromorfológica—, es decir emitidas tras el tratamiento de éstos sin atender a su estructura y disposición originales, pueden orientarse hacia el propio comportamiento del sedimento en el tiempo y espacio microsedimentario. El sedimento de La Cerera posee un alto componente de erodabilidad/erodibilidad que bien puede ser interpretado como un resultado de la misma —afectando a sustratos externos— y no tanto como su riesgo de posible pérdida de suelo. Un sedimento con más del 60% de partículas <50  $\mu\text{m}$ , sin cobertura vegetal podría relacionarse con procesos erosivos, lo cual ya se ha hecho desde el punto de vista de circulación hídrica (Criado y Hansen, 2009).

Pero desde nuestra perspectiva aunque la evidencia de la misma es cierta, no explica la totalidad de una lectura paleobotánica con atención expresa al contenido en microfósiles vegetales, especialmente los de base silíceos, que con diferencia a los palinomorfos (polen y esporas) no dependen —para su movimiento— de la acción de los agentes atmosféricos, tampoco de la acción de corrientes hídricas, de menor o menor energía. La existencia del registro de microfósiles de tallas que alcanzan las 200  $\mu\text{m}$  y en mayor cuantía de tamaño limo (50-2  $\mu\text{m}$ ) no tiene porque deberse únicamente con aportes externos, no al menos en toda su cuantía. Aunque puede asumirse la participación de los procesos enunciados por Criado y Hansen (2009), debo plantear que el registro microfósil obedece a un proceso de depósito interno en el espacio de la cueva, a donde llegaron igualmente partículas minerales finas (arenas finas, limos y arcillas) y gruesas (arenas > 200  $\mu\text{m}$ ).

Pero el alto componente biogénico de los limos de La Cerera debe insertarse en las lecturas paleoambientales aportando la idea de un sustrato con menos contenido en dicha fracción que el estimado desde su componente mineral total. Dado que buena parte de los mismos están constituidos por elementos biogénicos, en concreto microfósiles silíceos. Pese a que el comportamiento de la fracción biomineral sea el mismo que el anterior, debe entenderse su aporte como algo ajeno al sedimento, que no presentaría dicho grado de biogenicidad de no haberse producido un aporte de factura antrópica. Hemos propuesto una lectura basada en las condiciones del sustrato externo a la cueva de La Cerera, cuyo sedimento consideramos

---

<sup>68</sup> Como la detección de grandes esqueletos silicificados de cereal, a nivel de lupa binocular (R. Albert, 2003, Com. Pers.), en contextos sedimentarios de Próximo Oriente.

subsidiario de las primeras. Se trataría de sustratos donde el componente agrícola marcaría sus características, un manejo acentuado –del que desconocemos los detalles– para potenciar la calidad del sustrato a la hora de garantizar arraigos de plantas cultivadas. En todo caso un sustrato de matriz fina, de alta erodabilidad donde la pendiente sería un factor a favor de la formación de un paquete sedimentario en la oquedad natural de La Cerera, que se encontraría ligeramente por debajo de la zona de cultivos.

Pero no puede descartarse un aporte procedente de la ladera superior, la que se configura como la vertiente sur de la Montaña de Arucas, en donde pudimos localizar un pequeño cauce, justo por encima del yacimiento de La Cerera, donde aun existen ejemplares de palmera canaria (*Phoenix canariensis*) cercanos a una zona de barranquillo, a cuyos márgenes se habrían situado bancales posteriores a la época moderna o de la misma, probablemente con el fin de aprovechar dicho cauce cuando éste estuviese en funcionamiento, durante y tras episodios de precipitación (**Figuras 390-391**).



**Figuras 390 y 391**, Posible cauce hídrico, con adecuación final, proveniente de la Montaña de Arucas (derecha), que circula en dirección a la vega de esta localidad y se encuentra cercano al yacimiento de La Cerera, aunque en la actualidad resulta cortado por el trazado de una carretera. J.A

En función de las observaciones de campo realizadas en zonas de medianías de Tenerife, La Gomera y Gran Canaria, la presencia de *Phoenix canariensis* en torno a cauces de circulación eventual –como la gran mayoría de los presentes en Canarias– es algo muy frecuente. La presión antrópica en las laderas de la Montaña de Arucas desde época prehistórica, probablemente mucho más intensa tras la misma, habría limitado el número de ejemplares de palmeras que sin duda existieron durante la fase de ocupación aborigen de la zona. La baja concentración de fitolitos de palmeras detectada en casi todas las muestras de los sedimentos de La Cerera, podría indicar su llegada con

escorrentías, donde funcionarían como otras partículas arrastradas por la corriente. O bien que se trate solamente de un “reflejo microscópico” de la situación sedimentológica y de microfósiles del exterior del yacimiento.

El sedimento de La Cerera podría tener tal componente, en este caso menos inmediato al protagonizado por los primeros metros alrededor de la cueva, donde pudo igualmente existir algún ejemplar de palmera antes de ser eliminado por acción antrópica<sup>69</sup>. Aunque no podemos decantarnos aun por ninguna de las dos versiones, su presencia en el sedimento es cierta, como lo son las lecturas paleobotánicas asociadas, que salvo en los niveles donde se incrementan las concentraciones de tales fitolitos, como CE-2.5 y especialmente la estructura de combustión, pueden vincularse al crecimiento nativo de *Phoenix canariensis*. Un crecimiento quizá abundante, como corresponde a una zona tan fértil como la vega y alrededores de Arucas, donde incluso hoy pueden localizarse, tanto en las zonas de pendiente moderada como en las más cercanas a las cuencas lagunares activas, que aunque hoy modificadas con respecto al pasado, resultan suficientemente indicadas para el crecimiento de varios tipos de vegetación, como ocurre con las palmeras. Pero que —más que probablemente— también diera lugar a formaciones hidrófilas, como carrizales de *Phragmites australis*, que sin duda crecía —de forma silvestre— en alguna parte de sus riberas.

Ese tipo de vegetación, descartando su crecimiento en alguna zona costera próxima<sup>70</sup>, ofrece una indicación clara de disponibilidad de agua dulce de calidad. Aunque no parece tan fácil afirmar la distancia a la que se encontraba ésta del yacimiento. Si primeramente la lógica nos lleva a dirigir nuestra atención hacia los espacios lagunares que existían en la vega de Arucas (Jiménez, 2006, 2008; Morales, 2009), no podemos descartar que la existencia de condiciones ambientales, diferentes a la actuales, propiciaran el desarrollo de esta planta en posibles cauces de la red hidrográfica local, es

---

<sup>69</sup> En la actualidad (2010) hemos localizado el ejemplar de palmera más cercano, montaña de Arucas arriba, en un pequeño cauce que entendemos pudo/puede funcionar episodialmente en periodo de lluvias. En la **Figura 390** puede observarse dicho ejemplar aislado, creemos de *Phoenix canariensis*.

<sup>70</sup> El desarrollo de *Phragmites australis* es bien conocido, ya que tiende a formar extensiones monoespecíficas conocidas como *carrizales*, una vegetación propia de marismas con gramíneas de regiones costeras templadas y latitudes altas. Aunque en el caso de ciertas zonas de Gran Canaria, creo que dicha situación se produjo en el pasado, favorecida por una situación climática propia de un periodo interglaciar, aun no excesivamente cálido. Pero ésta no parece ser el caso de esta zona del norte de la Isla, cuya costa se caracteriza por ser mayoritariamente acantilada, sin las extensiones aluviales —con marismas y marjales— del tipo que sí es evidente en el sur de la misma, con un claro ejemplo en lo que hoy se conoce como Charca de Maspalomas. Como ya hemos mencionado este tipo de ecosistemas no sólo es entendido como posible en la Prehistoria de Gran Canaria (Jiménez, 2006), sino que su repercusión fue cierta como elemento de fijación antrópica, dada la potencialidad de recursos (hídricos, vegetales, animales, etc.) que presentaba para el asentamiento humano. Igualmente, si atendemos al ambiente común de la costa sur de las Islas, puede entenderse que zonas como las descritas resultarían atrayentes para establecer asentamientos humanos estables.



decir mucho más cerca de lo que creemos del enclave arqueológico de La Cerera.

En todo caso, el elemento hídrico y su protagonismo en el espacio microsedimentario es una realidad, al menos en cuanto al registro microfósil, tomando éste como derivación del desarrollo biológico potenciado por aportes de agua, en el exterior o interior de la cueva. Y ello queda de manifiesto en el registro de microalgas, tanto diatomeas como crisofitas, que en algunos casos llegan a tener gran representación dentro del cómputo total de microfósiles de origen vegetal. Las variaciones de dicho registro no solamente deben ponerse en cambios en las condiciones ambientales que los motivaron, sino además con actividades antrópicas que igualmente propiciaron unas u otras en función de aspectos que aun deben abordarse.

Del mismo modo, el componente en fracciones finas del sedimento arqueológico hace referencia expresa a concretos procesos de depósito, que a su vez pueden estar en relación las condiciones propias de un ambiente húmedo. Y aquí prevalece la función del espacio de la cueva de La Cerera en una secuencia muy amplia, función que sin duda puede asociarse a ciertos aspectos domésticos y más a los de procesamiento de elementos vegetales. Pero ¿porqué emplear un ambiente tan reducido cuando el modelo de hábitat doméstico de Gran Canaria era casi siempre el de cabañas al aire libre?. Las lecturas sobre los sedimentos del yacimiento, con un marcado índice de componente biogénico de factura antrópica, predominancia de las fracciones finas (arcillas + limos), evidencias de pH más básico que el actual y condiciones hídricas, nos invita a plantear que la ocupación de este enclave se llevó a cabo por condiciones propicias para ello. O que al menos éstas acontecieron en varios momentos (más o menos amplios a escala temporal) de la secuencia prehistórica de La Cerera. Lo cual, en unión de la idoneidad de los suelos locales –suficientemente evolucionados como para ser sometidos a intenso manejo agrícola–, con épocas/periodos de mayor humedad favorecieron la productividad de los campos sujetos al mismo. El medio ambiente proveía además de elementos vegetales que hicieron posible una intensa ocupación antrópica, acorde a lo que era sin duda un territorio clave para la sociedad prehistórica de Gran Canaria.

Desde los datos parciales empleados y las lecturas confeccionadas con los mismo, parece claro que la *cuestión ambiental* –sugerida por las evidencias analizadas– puede calificarse como idónea (nunca sabremos la opinión de los pobladores de La Cerera al respecto) para la agricultura en base a los sustratos y ambiente locales. Pero queda por definir en todo caso el componente antrópico, elemento modificador y claramente beneficiario de las potencialidades de esta zona de Gran Canaria. Desde los parámetros que podemos observar con el estudio parcial de sedimentos, el componente antrópico es una constante desde el momento en que a las propiedades físicas y químicas se suman evidencias clarísimas de ocupación del entorno. Dichas evidencias, ya de clara dimensión macroscópica (Morales, 2009; entre otros) son ratificadas con un registro de microfósiles abundante, consistente y clarificador. Uno y otro solamente indican un aspecto clave a nivel

prehistórico: la existencia de elementos naturales fundamentales que fueron intensamente empleados como parte de la estructura económica de poblaciones que sabían como hacerlo. Lamentablemente en esta Tesis –dado su carácter evaluador en el plano metodológico y teórico– sólo podemos plantear la alta potencialidad de los recursos naturales, que nos lleva desde la existencia de sustratos fértiles y la disponibilidad de agua a la lectura sobre el manejo de los primeros y clara explotación de los segundos. Una ecuación donde la incógnita por despejar es siempre la sociedad humana en un determinado espacio, pero diferentes tiempos y quizás actividades, lo cual obliga a fijar los términos que la despejen, y que en este caso se encuentran inmersos en la fundamental matriz de cada gramo de sedimento arqueológico.

## **Registro microfósil de La Cerera: Cualitativo y cuantitativo parcial.**

### **Aspectos previos**

Desde los primeros análisis microscópicos de muestras (extraídas entre 2004, 2005), y sometidas también a estudio geomorfológico y sedimentológico por Criado & Hansen<sup>71</sup>, se puso de manifiesto el amplio repertorio de microfósiles silíceos existentes en todos los niveles muestreados de este yacimiento. Hasta el momento no se ha detectado, mediante una metodología similar, y tomando como referencia el conjunto de yacimientos estudiados en las Islas<sup>72</sup>, un sedimento más rico en los tres grupos microfósiles (silicofitolitos, diatomeas y quistes de crisófitas) que sirven como armazón empírico a nuestro trabajo. Este hecho permitió vislumbrar que el estudio de fitolitos sería tan esclarecedor como otras analíticas realizadas –sobre materiales de este yacimiento– también desde la perspectiva arqueobotánica (Morales, 2006, Tesis doctoral) aunque en este caso a nivel macroscópico (frutos y semillas). Igualmente se podía contar con los resultados obtenidos en el estudio sedimentológico realizado por Criado (2006, Com. Pers.), sobre los

---

<sup>71</sup> Cuyos resultados pueden en parte ponerse en consonancia con los obtenidos en el análisis de microfósiles aquí expuesto.

<sup>72</sup> Efectivamente en las muestras procedentes de los yacimientos analizados hasta el momento, como el conchero Las Arenas-2 (Buenavista del Norte, Tenerife), el enterramiento colectivo de Acceso al Pescante Vallehermoso (Vallehermoso, La Gomera), Las Candelarias (Agaete, Gran Canaria), El Llanillo (Arguineguin, Gran Canaria) o el mismo yacimiento de Chafarí (Las Cañadas del Teide) no se ha detectado una concentración similar de microfósiles vegetales, propios de plantas terrestres y acuáticos (microalgas). Ésta únicamente se ha apreciado en los sedimentos acuáticos de zonas y puntos húmedos, como riberas de ríos y pequeñas charcas, sujetas, éstas últimas, probablemente a procesos de eutrofización con derivación en deposiciones masivas de esqueletos de microalgas silicificadas. Pero en este caso, la concentración se observa precisamente en tales esqueletos, o también quistes de crisófitas, y no tanto en cuanto a silicofitolitos de las plantas del entorno. Con todo, los sedimentos de La Cerera, deben ser entendidos como una conjunción excepcional de factores de deposición microfósil, ejemplificando perfectamente los que atañen a las actividades humanas con respecto a las plantas del entorno natural y modificado (introducción de especies cultivadas), a los que hay que sumar y relacionar con los acontecidos a nivel natural antes, durante y después de la conformación de cada nivel estratigráfico.

particulares procesos de formación del sustrato interno de la cavidad donde se aloja el yacimiento. De tal manera que sería posible confeccionar inferencias no sólo sobre la actividad aborigen en la misma, sino sobre el propio funcionamiento de las estructuras (natural y artificiales) que las albergaron.

La totalidad de las muestras sedimentarias de La Cerera presentan una conjunción cualitativa similar de silicofitolitos, microalgas diatomeas y quistes de crisófitas, aunque con sustanciales variaciones dependiendo del nivel estudiado. Aspectos que evidencian concretas peculiaridades cuando se aplica un análisis cuantitativo detallado en cada uno de estos grupos. En algunos casos su concentración es tal alta —dentro del resto de partículas que forman el sedimento— como para afirmar que buena parte de la composición de las fracciones finas —especialmente la de los limos<sup>73</sup>— se encuentra formada por biomineralizaciones silicificadas. Desde esa primera impresión y pese a encontramos ante un material sedimentario, parcialmente generado por procesos que involucraron a paquetes edáficos/sedimentarios externos y con contenido mineral (arenas, limos y arcillas), éste presenta un acusado carácter biogénico. Es decir que la inspección microscópica del rango de partícula situado entre 700-2  $\mu\text{m}$  muestra numerosos microfósiles —en este caso silíceos— en tal concentración como para ser predominantes entre las partículas minerales<sup>74</sup>. Incluso sin necesidad de aplicar una separación de esta última, que habitualmente se realiza en flotación sobre un líquido pesado.

Un registro que deriva sin duda de un intenso proceso de deposición de restos vegetales, inducido en buena parte por diversas actividades antrópicas, sobre la parte del sustrato de origen natural. El resultado ha sido un sedimento que presenta elevadas concentraciones de microfósiles silíceos, que responden tanto a una deposición de tejidos vegetales como a las condiciones en las que se realizó la misma. Unos y otros, como veremos fitolitos y microalgas, permiten una aproximación muy directa al funcionamiento del espacio de La Cerera en el tiempo. Aunque en esta Tesis el análisis pormenorizado de ambos grupos de restrinja a una aproximación más cualitativa que cuantitativa, creo que supone ya una aproximación viable a sus principales características, permitiéndonos igualmente comprobar el elevado componente biogénico que presentan las muestras. Apreciaciones que parecen suficientes para establecer varios parámetros iniciales respecto a los grupos vegetales representados en el espectro microfósil, que representa tanto a plantas directamente relacionadas con la práctica agrícola como del entorno. Las cuales, en algunos casos no concuerdan con las anteriores, sino que pueden entenderse como reflejo de las condiciones ambientales imperantes.

---

<sup>73</sup> Siempre que se hace referencia a los limos se alude a la totalidad de los mismos, siguiendo el criterio de la clasificación USDA y por tanto las partículas situadas entre 50 y 2  $\mu\text{m}$ .

<sup>74</sup> Obviamente el estudio de un sedimento tan rico en microfósiles silíceos ha permitido tomarlo como punto de referencia, ya que cualquier otro sustrato —arqueológico o edáfico— analizado mediante la misma metodología tendría que aportarnos diferencias o similitudes con respecto a dicho componente biogénico.

Aunque en términos de relación recursos económicos, *versus* explotación vegetal en este caso, y contexto natural asociado al mismo nos resulte complejo definir qué registro microfósil deriva del otro, creo que la complejidad del registro de fitolitos (incluso entre fitolitos) y microalgas ya confirma que dicha relación existe. Y que el hecho de analizarlos conjuntamente debe comenzar emitiendo la inferencia de que se trata de conjuntos indisociables, que responden a momentos concretos de una secuencia de ocupación prehistórica en un concreto espacio natural. De la transformación del mismo en lugar habitable/habitado, nos hablan tanto los fitolitos asociados a prácticas agrícolas (con clara introducción de plantas domesticadas) como aquellos que responden a las formaciones vegetales nativas del entorno. Así cereales, palmeras, vegetación arbórea y arbustiva en conjunción con esas pequeñas maravillas microscópicas (a nivel biológico y microfósil) que son las microalgas, son los parámetros e incógnitas de la ecuación microscópica de La Cerera, que guarda la clave de esa relación.

El resultado de su estudio, limitado en esta Tesis al estudio cualitativo y cuantitativo de sólo unos determinados grupos microfósiles, ha sido obtener una idea —la cual creo veraz— de las características de algunas de las plantas que se depositaron o desarrollaron en La Cerera durante su secuencia de ocupación prehistórica, y que sin duda pueden insertarse en el preciso modelo socioeconómico ya definido por otros investigadores e investigaciones (González *et al.*, 2006). Pero corroborando que el estudio microfósil, donde primeramente destaca el alto componente biogénico del sustrato arqueológico, aporta tanto datos complementarios y nuevos. Este último es un particular que me ha sugerido una percepción más compleja del espacio natural pero antropizado de La Cerera, que funcionó en un entorno que ahora nos es más conocido, gracias a la información que fitolitos, microalgas y contexto sedimentario nos proporcionan.

Como ya he adelantado, resulta especialmente importante señalar —dentro de la característica biogénica del sedimento—, la necesidad de discernir si tal conjunto microfósil obedece en su totalidad a dichas actividades antrópicas, dado que la existencia de restos de microalgas silíceas introduce un factor de complejidad a las interpretaciones del registro, algo que sólo mediante el estudio pormenorizado (cualitativo y cuantitativo) puede ser abordado. En este sentido parece oportuno citar la apreciación realizada por Morales (2006, Tesis Doctoral) al respecto de que el registro de elementos vegetales, en un contexto arqueológico, puede realizarse asumiendo éste al margen de los procesos tafonómicos que afectaron al yacimiento, entendiendo que derivan de diferentes actividades antrópicas. No obstante, para afianzar aun más los resultados obtenidos con el de microfósiles vegetales, se han tenido en cuenta algunos aspectos referentes al contexto sedimentario, en concreto los que involucran a algunas propiedades fundamentales de sedimentos y suelos, que como la granulometría, colaboran en que los primeros presenten unas u otras particularidades.

**Objetivos arqueobotánicos: conjuntos de microfósiles por grupos vegetales.**

Como ya se ha expresado con respecto a la adscripción de determinadas tipologías de fitolitos a grupos vegetales concretos, parece fundamental

analizar registros microfósiles sin olvidar los aspectos que los relacionaban íntimamente con la matriz sedimentaria que los ha mantenido unidos, como partículas minerales y biominerales, a lo largo del tiempo. Este es el caso de la materia orgánica y las proporciones de las fracciones minerales y coloidales existentes en cada nivel, que nos permiten realizar lecturas conjuntas, descartando la percepción de registros microscópicos aislados en tiempo y espacio, sino como resultado de la deposición de elementos vegetales en un determinado tipo de sustrato. Aunque asumamos que en buena parte dicha deposición ha sido inducida por actividades humanas asociadas a la acumulación, procesado y desecho de vegetales, no pueden obviarse la acción de procesos tafonómicos que pudieron afectar al yacimiento durante su conformación. No guardo reservas sobre la conjunción de ambos procesos en la cavidad que conforma el yacimiento de La Cerera, cuya ordenación y estructuración –tendente a discernir la importancia de uno con respecto a otro–, resulta uno de los objetivos de obligado abordaje a la vista de los resultados obtenidos, tanto con los registros microfósiles como con su contexto sedimentario inmediato.

Con ese fin, la investigación microscópica llevada a cabo puede decirse que ha sido realizada siguiendo un esquema basado en dos objetivos, ambos relacionados con el registro microfósil contenido en los sedimentos. El primero de corte paleoambiental, aquel que define el contexto natural de la zona mediante la presencia fitolitos de especies vegetales no-introducidas (nativas), y las ya conocidas por trabajos paleobotánicos y arqueobotánicos previos (Machado, 2009; Morales, 2009), que en su mayoría hacen referencia a gramíneas cultivadas (cereales) y frutales, con el único ejemplo de la higuera (*Ficus carica*).

En principio las microalgas deberían incluirse en el primer grupo y estar relacionadas con las condiciones ecológicas de la zona, pero la conjunción de criterios paleobotánicos con arqueobotánicos (por lo demás la más acertada para evaluar la intervención humana en el medio) aconseja tratarlas del mismo modo conjunto, dado que su presencia podría obedecer tanto a procesos naturales como antrópicos.

La complejidad del registro ha aconsejado su abordaje parcial, tanto a nivel de descripción y clasificación de morfologías de fitolitos como de reconocimiento taxonómico y cuantificación, limitando el estudio morfométrico a muy concretas tipologías microfósiles, profundizando únicamente en aquellas que hacen referencia a alguno de los grupos vegetales buscados, que se restringen a los mencionados a continuación:

- 1.- Cereales
- 2.- Frutales: higuera
- 3.- Dicotiledóneas arbóreas (lauráceas, bosque termófilo, etc.)
- 4.- Palmáceas
- 5.- Pteridofitos
- 6.- Gramíneas silvestres
- 7.- Microalgas (diatomeas y crisofitas)

A esta primera selección se han ido añadiendo otros grupos vegetales no contemplados de forma preliminar, basándonos en la detección de biomineralizaciones que respondían a tipologías propias de Ciperáceas o

Espículas de esponjas. Obviamente su presencia, aunque no ha sido cuantificada, aporta un dato al menos cualitativo sobre el espectro florístico representado por sus biomineralizaciones, silíceas en ambos casos.

El primer objetivo ha sido logrado parcialmente con la detección de fitolitos de al menos tres plantas nativas del entorno, desarrolladas en estado silvestre en la zona, perteneciendo la primera de ellas al grupo de las palmeras (*Palmae*) y en concreto a la *palmera canaria* (*Phoenix canariensis*). Su presencia está atestiguada desde el nivel Ce-2.2 A, aunque no en las concentraciones que cabría esperar, punto que se desarrolla más adelante.

Le siguen una gramínea (*Poaceae*) de porte medio-alto como el *carrizo* (*Phragmites australis*) y una especie representante de los pteridofitos como es el *helecho común* (*Pteridium aquilinum* L.). Completando un conjunto vegetal que parece permitir reconstruir, parcialmente desde el registro de fitolitos, un paleoambiente prehistórico dominado por las condiciones hídricas del sustrato y la existencia de especies vegetales de diferentes –a veces en extremo– requerimientos medioambientales. Obviamente la presencia en el yacimiento de estos grupos vegetales debe tener tanto una lectura arqueológica como de referencia medioambiental, pero puntualizando que se trata de plantas no-introducidas a nivel botánico y ecológico, siendo más que probable su presencia mucho antes de la llegada humana a la Isla y luego al entorno de Arucas. En ese sentido, empleando el gradual estudio microscópico de las muestras como herramienta exploratoria, la detección de determinadas morfologías de fitolitos –como las de tipo bilobulado asociadas a gramíneas *Panicoideae*– han introducido un factor vinculado al ambiente imperante desde los primeros momentos de formación del paquete sedimentario de La Cerera. Aportando, con su análisis, la posibilidad de definir aspectos medioambientales y paleoclimáticos más precisos, o si se quiere con mayor posibilidad de inserción en las lecturas emanadas del registro microfósil. Y sin duda con la ampliación de éstas hacia aspectos no sólo relacionados con las actividades económicas –aspecto para el que los fitolitos resultan muy apropiados– sino también con cuestiones paleoambientales, para lo cual resultan igualmente importantes. Y que en el caso concreto de La Cerera aun no habían sido abordados.

El segundo objetivo, vinculado a especies vegetales propias de un medio y modelo de producción agrícola, ha quedado suficientemente claro desde las primeras analíticas, por la abundante presencia de morfotipos fitolíticos pertenecientes a las envueltas florales de los granos de cereal, que como la cebada (*Hordeum vulgare*) están presentes –en concentraciones significativas– desde el nivel base Ce-2.2 A, sin ser éste donde más se encuentran representadas (Ejemplificados en Figuras 392-b, 393 y 397).

Complementando todo lo anterior, se han detectado grupos vegetales –como las gramíneas– que en algunos casos ya han sido citados, y se encuentran representados por diferentes géneros al mencionado pero también otros, como podrían ser plantas del grupo de las dicotiledóneas, con especies arbóreas cuya presencia puede tanto vincularse a formaciones vegetales propias del piso bioclimático donde se encuentra La Cerera (transición bosque termófilo a laurisilva) e incluso más a ésta última formación. Lamentablemente, como se expresará en detalle más adelante, las lecturas asociadas a la filiación botánica de algunas tipologías de fitolitos, vinculados a

plantas propias de tales formaciones, se ven restringidas por la cuestión de la redundancia entre fitolitos de diferentes grupos vegetales (Rovner, 1971). Aunque en algunos casos parece posible la identificación, limitada pero algo más precisa, de concretas especies arbóreas. De las que no obstante creo se encuentran limitadas, al menos en los sedimentos no-pertenecientes a estructuras de combustión, en cuanto a representación.

Teniendo en cuenta tales características, creemos que el registro microscópico de La Cerera permite caracterizar el sustrato arqueológico como un suelo de ocupación, probablemente intermitente pero ciertamente intensa en determinados periodos. En el mismo, o en su espacio inmediato, debieron realizarse diversas actividades antrópicas que involucraron depósitos de restos vegetales, y donde además se desarrollaron y/o depositaron valvas y quistes de resistencia de microalgas. En este caso vegetales propios de un medio ambiente con presencia de circulación y/o estancamiento hídrico, cuya presencia probablemente se encuentre igualmente relacionada con la secuencia de ocupación de este yacimiento, así como con posibles asentamientos humanos situados en las inmediaciones del mismo.

El estudio, tanto cualitativo como cuantitativo, se ha llevado a cabo analizando muestra por muestra, y por afinidad con los estudios geoarqueológicos realizados en los niveles arqueológicos del yacimiento, se ha seguido el orden establecido por C. Criado y Hansen (2009) y que se relacionan directamente con la estratigrafía designada por González et al. (2009). El estudio cuantitativo sigue de este modo un orden de mayor a menor profundidad, y dando por hecho que no existen cabalgamientos estratigráficos de mayor a menor antigüedad.

La clasificación, por grupos morfológicos, se ha realizado siguiendo las categorías, por descriptores de formas en 3D y 2D (planar) y ornamentación, y en algunos casos atendiendo al origen anatómico de determinados tipos fitolíticos, tal y como se contempla en la propuesta de clasificación contenida en el ICPN 1.0 (Madella *et al.*, 2005). No obstante, dada la ausencia de una norma internacional comúnmente aceptada, la existencia de numerosos trabajos de descripción y clasificación (Rapp & Mullholland, 1992; Piperno, 2006), así como lo inédito de las características de los fitolitos de la flora de Canarias, se ha optado por emplear algunos términos –citados en dichos trabajos– que definían muy aproximadamente los localizados, en este caso en sedimentos arqueológicos del yacimiento de La Cerera.

### **Análisis microfósil de la secuencia estratigráfica del Corte 2.**

Dado que el registro microfósil detectado en todos los niveles puede ejemplificarse en el observado en el nivel CE-2.2a, lo cual con algunas excepciones debe tomarse como un primer resultado a nivel cualitativo, se ha optado por relatar los pormenores del mismo de forma conjunta, haciendo hincapié en aquellos aspectos que pueden tomarse como diferenciales con respecto a otros niveles.

Por ello se procede a especificar los grupos microfósiles detectados atendiendo al variopinto registro de CE-2.2a, que lejos de constituir un nivel estéril –a nivel arqueológico– se ha revelado como un sustrato que recoge una veintena de morfologías microfósiles, lo cual no puede considerarse más que el inicio, ya que el nivel CE-2.1 no se muestreó por tratarse de un nivel

de derrumbe, del aporte de elementos vegetales al sustrato arqueológico. Por lo que, en cuanto al estudio microfósil, hemos entendido como el inicio del registro estratigráfico en este tipo de evidencias. Siendo tomado en cuenta en la interpretación arqueobotánica y paleobotánica que el registro total del Corte 2 permite establecer.

### **Cualitativo y cuantitativo parcial de los grupos detectados**

#### **Con respecto al nivel CE-2.1**

No se dispone de muestras, de fracciones finas, pertenecientes a este nivel, ya que según Criado & Hansen (2009) se trata de un nivel de derrumbe, formado básicamente por cantos y escasa matriz fina, inmediato, en su límite inferior a la rocamadre. Según Criado & Hansen (2009), este nivel estaría caracterizado, en cuanto a la matriz del mismo, con algo menos del 65% de fracción <2 mm y una textura franco-arenosa. Sin embargo, hubiese sido esclarecedor disponer de las mismas, ya que hubiese permitido evaluar el grado de representación del registro microfósil en dicho nivel, sobre todo a la hora de determinar si en éste se habría producido la posible llegada de restos microfósiles desde niveles superiores, como evidencias arqueológicas que no pueden detectarse en el registro macroscópico.

#### **Registro microfósil desde CE-2.2a**

Situado inmediatamente por encima del nivel CE-2.1, Criado y Hansen (2009) lo califican como «pre-arqueológico», al no localizarse en el mismo evidencias arqueológicas, considerándolo por ello como derivado de un proceso de acumulación de fragmentos y sedimentos, producto de la meteorización de la roca y a su vez de circulación hídrica que afectaría a la oquedad de la cueva. Pese a que no se descarta que una parte del registro microscópico pueda haber migrado desde otras zonas, el estudio pormenorizado de éste, en conjunción con los datos aportados por el granulométrico adaptado al mismo, permiten afirmar que al menos desde el punto de vista de nuestro trabajo este nivel puede clasificarse ya, de forma nítida y compleja como *arqueológico*.

A nivel microfósil, la existencia de los procesos citados para el nivel CE-2.1 deben ser tenidos en cuenta también en CE-2.2a, ya que desde su alto contenido en ellos no se trata de un nivel estéril en *stricto sensu*, dado que presenta un registro microfósil de excepción, con abundantes morfologías (+20), entre silicofitolitos y microalgas (**Figura 392**) dentro de las cuales cabe distinguir diatomeas y quistes de resistencia de crisofitas, ambos a su vez de varias tipologías.

Hasta tal punto ha resultado diverso el registro microfósil de este nivel, que con algunas variaciones sus conjuntos microfósiles detectado pueden tomarse como representación de todo el espectro existente en el resto de niveles del yacimiento. Y no sólo para su valoración arqueobotánica sino también a nivel de sistemática de clasificación con respecto al resto de los niveles arqueológicos. Por ello describimos en detalle toda la gama de morfologías en el mismo para luego —en los restantes niveles— esbozarlas únicamente desde el punto de vista cuantitativo, atendiendo a su presencia o ausencia, incorporando otras que no pudieran estar representadas en el nivel CE-2.2 A.



En todo caso este nivel se encuentra situado sobre el denominado CE-2.1, del que hemos lamentado no disponer de muestra sedimentaria o edáfica, ya que en este sentido permitiría comparar los registros entre ambas. Si atendemos a la riqueza en microfósiles de Ce-2.2 A, el haber contado con la muestra del nivel 2.1 significaría poder averiguar si en ella podría contenerse la explicación, por comparación, en la confirmación y/o negación del registro superior al mismo. Pero la imposibilidad de localizar fracción fina para llevar a cabo las analíticas, no sólo de microfósiles sino todas las relacionadas con sedimentología<sup>75</sup>, únicamente nos permite plantear que es el nivel CE-2.2 A es el primero en presentar un registro microfósil que podemos calificar de arqueológico, o al menos con contenido arqueobotánico, aunque en función de anteriores lecturas y las derivadas de nuestros propios datos, debemos matizar los pormenores de su naturaleza en la columna estratigráfica.

#### **Representatividad microfósil del nivel CE-2.2a en la secuencia global de La Cerera.**

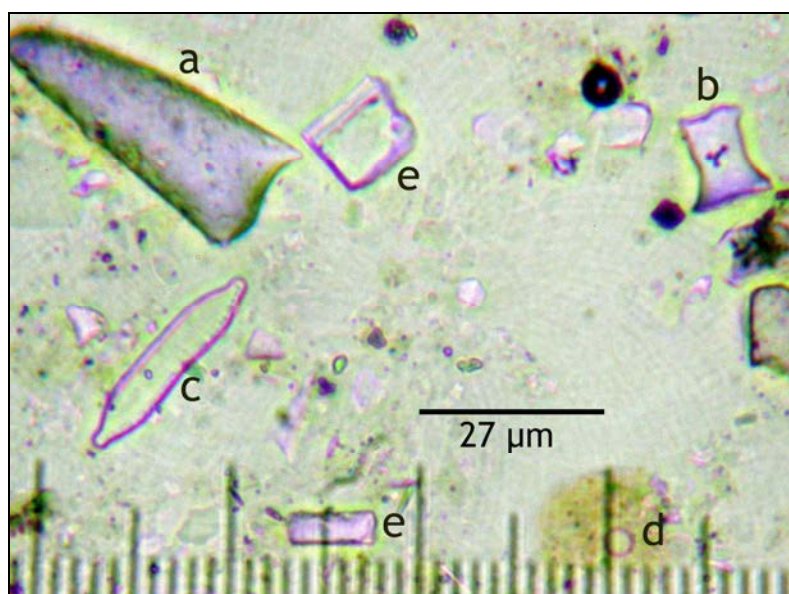
No obstante, el registro microfósil del nivel 2.2 A, es sumamente importante, ya que nos introduce en las posibilidades explicativas desde la misma base de la estratigrafía arqueológica. De hecho ha sido fundamental su estudio para valorar sus posibilidades explicativas, en cuanto a su información sobre los grupos vegetales que han dejado rastro microscópico en el sedimento. Y este es el caso de dos tan importantes como el de las plantas nativas y las plantas introducidas, representadas en el primer caso por las palmeras y en el segundo por los cereales. Se trata de un binomio que en el caso de Canarias y concretamente en secuencias de su Prehistoria, ejemplifica perfectamente aspectos ecológicos, así como otros asociados a la explotación de recursos vegetales, en este caso de los introducidos en las Islas, como las gramíneas domesticadas de fruto comestible: los cereales.

Debemos hacer aquí la rápida pero contundente afirmación de que el morfotipo fitolítico más abundante en las preparaciones, y por extensión en cada gramo de muestra de sedimento, es el de células largas y ornamentación equinada o dendriforme (*elongate echinate/dendriform long cell*, ICPN 1.0). Si bien es cierto que afectadas por fragmentación, pero en otros casos con claros ejemplos de morfotipos completos (**Figuras 393 y 394**), formando secciones completas de tejido epidérmico vegetal silicificado o *esqueletos silíceos* (*silica skeletons*, Miller, 1992), también denominados como agregación articulada de fitolitos pertenecientes a las glumas (Piperno, 2006).

No obstante, comparando la concentración de células largas dendriformes (aisladas) con la forma fitolítica más común en los tejidos de palmeras (globulares equinados) parece bastante más elevada que la de estos, aun cuando se establezcan criterios compensadores en la interpretación del registro, como asumir que el número total de fragmentos de células largas de este tipo sería al menos la mitad del cómputo registrado por los fragmentos (**Gráficos 51 y 52**). Criterio que ha debido abordarse en función del estado de fragmentación de este tipo de fitolitos, en las preparaciones microscópicas destinadas a valorar dicha concentración.

---

<sup>75</sup> Dr. C.Criado, 2009, Com. Pers.

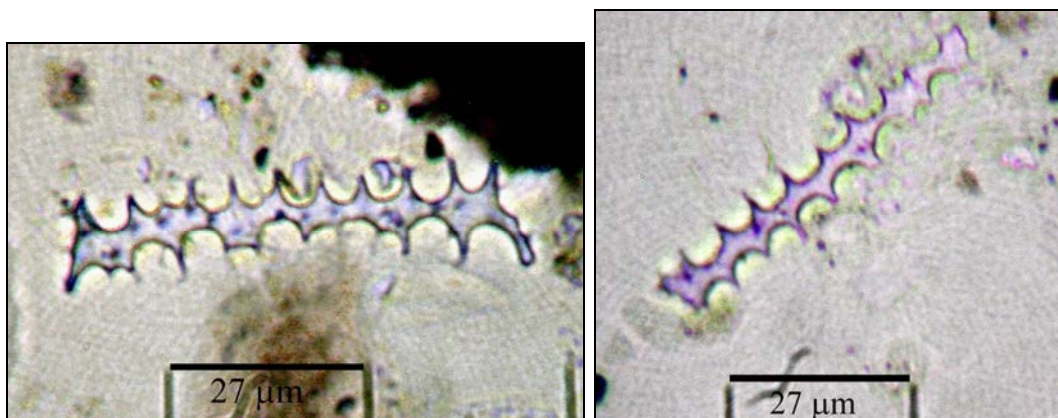


**Figura 392**, Ejemplo de los conjuntos microfósiles detectados en CE-2.2a. En este caso se observa la conjunción de fitolitos *Poaceae* propios de los tejidos epidérmicos (**a**) y las inflorescencias de cereales (**b**) con alga diatomea del género *Hantzschia* sp. (**c**) y quiste de resistencia esférico de crisofita (**d**). Como es habitual la presencia de restos fragmentados de fitolitos (**e**) reduce la posibilidad de identificación del registro completo 600x. J.A.

**Células largas con ornamentación equinada o dendriformes (*elongate echinate/dendriform long cell phytolith, ICPN.1.0*).**

Se los clasifica y denomina como uno de los morfotipos más representados en los sedimentos de La Cerera. En la mayoría de los casos aparecen aislados, bien conservados pero con abundantes ejemplares fragmentados. El tamaño máximo de los mismos<sup>76</sup> —observado en las preparaciones— presenta 125,5 μm y el mínimo 51,3 μm, aunque se observan ejemplares con menos de 20 μm. Lamentablemente, pese a ser observados en muestras donde no se ha aplicado ningún tratamiento lesivo, el estado general de este tipo de fitolitos es de fragmentación, la cual puede estimarse en un promedio de ¼ de la forma original (en función de los observados en la Colección de Referencia).

<sup>76</sup> Observados en preparaciones donde no se han aplicado ultrasonidos, realizadas siguiendo el protocolo descrito por Bárcena & Flores (1990) con modificaciones posteriores (Bárcena, 1994, Tesis doctoral; Bárcena et al., 2004). Tales preparaciones fueron confeccionadas en la Sección de Paleontología (Dpto. de Geología, Facultad de Ciencias, USAL) empleando mayor volumen de alícuota y superficie analizable (cubreobjetos de 2x5 cm.) que las empleadas posteriormente en esta Tesis doctoral (2x2 cm.). Reuniendo por tanto las condiciones para ser empleadas cuando debían estudiarse los conjuntos microfósiles de La Cerera sin la posible alteración ocasionada por los ultrasonidos y en concentraciones más altas.

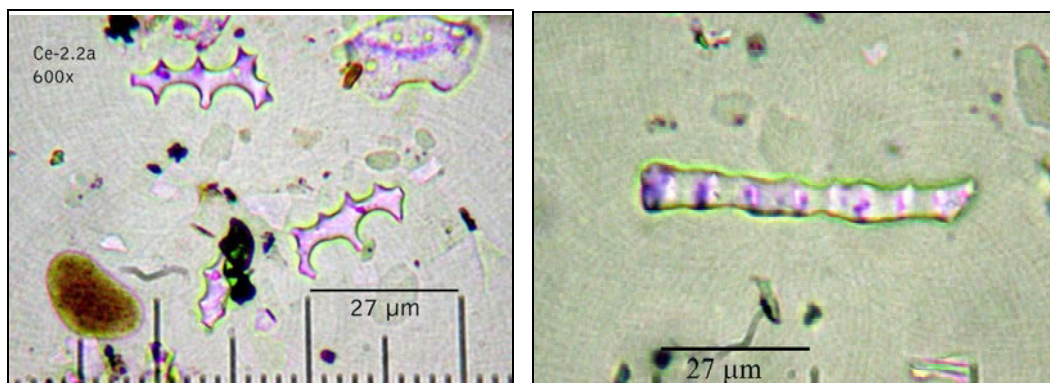


**Figura 393-394.** Silicofitolitos completos de células largas y ornamentación equinada (*echinate*), aislados de su posición anatómica original. Ambas 600x.

El siguiente rasgo, apto para emplearse para su estudio morfométrico, podría ser el número de salientes apuntados que los caracterizan. En ese sentido, también en los ejemplares menos fragmentados, se detectan entre 10-13 salientes, entendiendo que pueden ser algunos más en los ejemplares no fragmentados. Planteamos aquí de nuevo la posible diferencia existente entre las observaciones de las terminaciones de tales fitolitos al microscopio óptico, dado que su nivel de detalle se ve ampliamente superado cuando se aplican, sobre determinadas zonas de un determinado morfotipo. Planteando de nuevo la idea de que, en origen, éstos podrían haber dispuesto de ornamentación de salientes dendriformes, algo diferente a la observada al microscopio óptico. Por ello, y en espera de realizar comprobaciones mediante microscopía electrónica, se asume que presentan ornamentación equinada únicamente al microscopio óptico, sin descartar que de disponer de la de tipo dendriforme, ésta podría haber sido de las primeras en verse afectadas por fragmentación postdeposicional (**Figuras 393-396**).

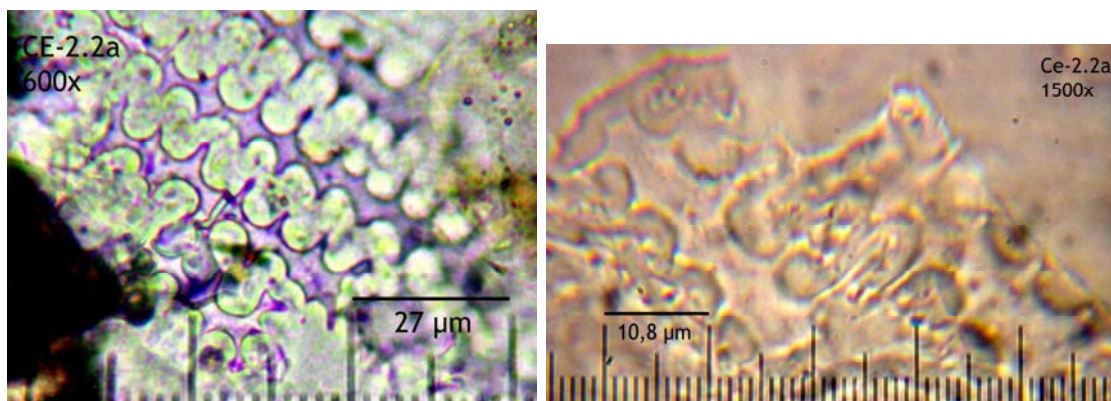
Estos morfotipos formaban en origen, junto con células cortas tipo papilas (papillae, ICPN 1.0), parte de esqueletos silíceos (*silica skeleton*, Miller, 1992; entre otros) desarrollados en las envueltas florales (glumas) de gramíneas comestibles (cereales). Los cuales habrían resultado desestructurados –según una hipótesis inicial– por procesos postdeposicionales que les habrían dispersado por la matriz del sedimento. Eso sí, se trataría siempre de morfologías presentes en las envueltas florales de granos de gramíneas cultivadas (cereales), es decir que puede asumirse la presencia o depósito de esta parte de dichas plantas en el sedimento arqueológico. Y a juzgar por la concentración de las mismas –bajo la forma de fragmentos– en el sedimento, se trata de una tipología muy a tener en cuenta en las lecturas arqueobotánicas finales.

Sin embargo, dentro de la morfología de fitolito alargado equinado o dendriforme hemos de distinguir dos variantes, que atienden en especial a las dimensiones del eje transversal de los mismos, así como a la ornamentación de los salientes apuntados, los que permiten calificar la misma como equinada (salientes apuntados simples) o dendriforme (con los extremos apuntados con terminaciones ramificadas).



**Figura 395** (Izqda.), Fragmentos de *células largas equinadas/dendriformes* con un número mínimo de salientes y concavidades como para poder identificarlos como tales. **Figura 396** (Drcha.), Fragmento similar a la figura anterior en vista de perfil. Ambas 600x.

Estas dos morfologías (**Figura 397** y **398**) podrían hacer referencia tanto a la presencia de dos variedades de cereales del mismo género, como podría ser al que pertenecen las cebadas (*Hordeum vulgare*) o bien a una variedad de trigo vestido (*Triticum* sp.). El reconocimiento taxonómico preliminar<sup>77</sup> indica que en la mayoría de los casos estudiados puede tratarse, muy probablemente, de cebada, como ocurre en los niveles CE-2.2a y 2.3. Mientras que en otros, aunque sin duda se trata de fitolitos propios de las inflorescencias de gramíneas, en la mayoría de los casos cultivadas, no puede procederse a un estudio con mayor profundidad.



**Figura 397** (Izqda.), Esqueleto silíceo de cereal en CE-2.2a (600x). **Figura 398** (Drcha.), detalle de esqueleto silíceo en el mismo nivel (1500x).

El estudio de las mismas, que en la mayoría de los casos presentaba un moderado estado de fragmentación, obligó a aplicar un protocolo de cómputo total (por preparación microscópica de 2x2 cm.) que tuviera en cuenta este hecho. Su abundancia motivó una de las primeras cuestiones a resolver sobre la explotación de los recursos vegetales introducidos, dado que el registro de

<sup>77</sup> PhD. Arlene M. Rosen (Institute of Archaeology, University College, London), 2012, Com. Pers.

este tipo concreto de fitolitos no parece dejar dudas sobre su temprana utilización. Por ello, dada la complejidad del registro global y la problemática asociada a ciertas formas redundantes de fitolitos, como las células cortas – entre otras– parecía aconsejable otorgar, a los desarrollados en las envueltas de cereal, la categoría de microfósil vegetal de referencia. Siguiendo dicha idea se procedió a valorar las concentraciones de tales formas en la totalidad de muestras pertenecientes a la estratigrafía del yacimiento, entendiendo que podrían detectarse cambios en las mismas y por tanto en las prácticas asociadas a la explotación de cereales, y con ello en la misma estructura socioeconómica de los pobladores aborígenes de La Cerera.

#### **Índices de fragmentación: procesos tafonómicos o afectación metodológica.**

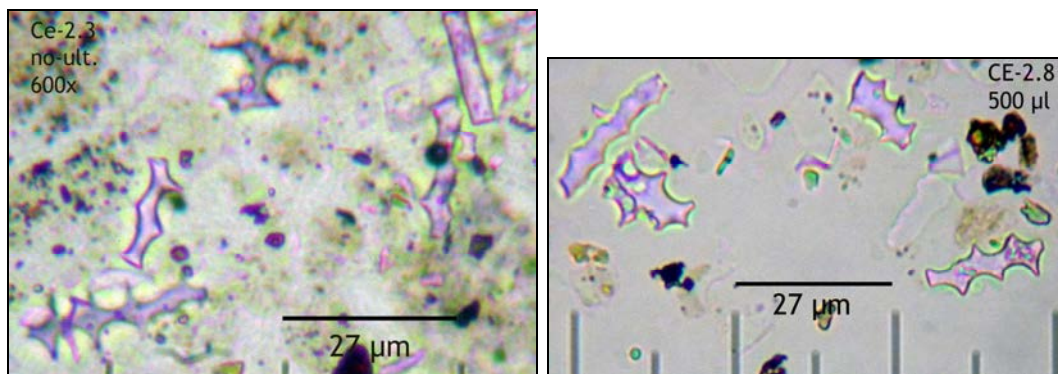
Con el fin de obtener el máximo de información cuantitativa, al respecto de la presencia de los fitolitos alargados equinados o dendriformes, se procedió al cómputo total de los mismos por preparación 2x2 cm. Llevándolo a cabo en las mismas preparaciones microscópicas donde se realizaron las observaciones del resto de microfósiles. El criterio para realizar su cómputo fue el de contar cada fragmento que presentara al menos entre 2-3 salientes y otras tantas zonas curvas, número de caracteres mínimos para poder identificarlos como dicho tipo de fitolitos (**Figura 395**, izquierda).

Su concentración, entre los seis niveles muestreados, tanto en preparaciones completas como por gramo de muestra, indica que se trata del tipo de fitolito más representado (**Gráficos 51 y 52**), siendo el nivel CE-2.2a un claro ejemplo de este hecho, aun sin presentarse en éste las concentraciones más altas de las muestras analizadas.

El índice de fragmentación detectado en este tipo de fitolitos ha motivado la verificación paralela de sus causas, especialmente si ésta representa el estado original de los mismos en el sedimento (causa tafonómica) o bien deriva del tratamiento de laboratorio, en concreto del efecto pernicioso de la cavitación de los ultrasonidos (causa metodológica). Obviamente, la segunda opción es la que se estimó conveniente comprobar.

Para ello se analizaron preparaciones microscópicas confeccionadas con la misma muestra y diferentes métodos, uno sin aplicación de ultrasonidos y otro sometido a su acción de forma sistemática, aunque controlada (cronometraje) hasta dar por concluida la extracción de la fracción arcilla. El índice de fragmentación es muy similar entre ambas, con lo cual no todos los fragmentos derivan de la acción de los ultrasonidos (**Figura 399 y 400**).

Este particular se ha repetido en la mayoría de las muestras, de tal modo que hemos creído conveniente matizar que la fragmentación observada en este tipo de fitolitos de células largas, a los que sin duda podemos calificar como “formas frágiles”, no obedece en todos los casos al empleo de ultrasonidos como método de dispersión de los agregados de arcilla. Por ello parece oportuno plantear, dado que en los niveles más recientes la fragmentación parece significativamente menor, que han existido procesos tafonómicos adversos para este tipo de fitolitos, sin duda de los más afectados por la propia dinámica interior del sedimento. Probablemente tanto a escala macroscópica como microscópica.



**Figura 399** (Izqda.), Fragmentos de fitolitos de células largas equinados en preparación sin eliminación total de partículas de arcilla mediante ultrasonidos. **Figura 400** (Drcha.), El mismo tipo de fitolitos en muestras donde se han aplicado ultrasonidos, prácticamente sin partículas de arcilla. Ambas 600x.

#### Propuesta de cuantificación de células largas equinadas.

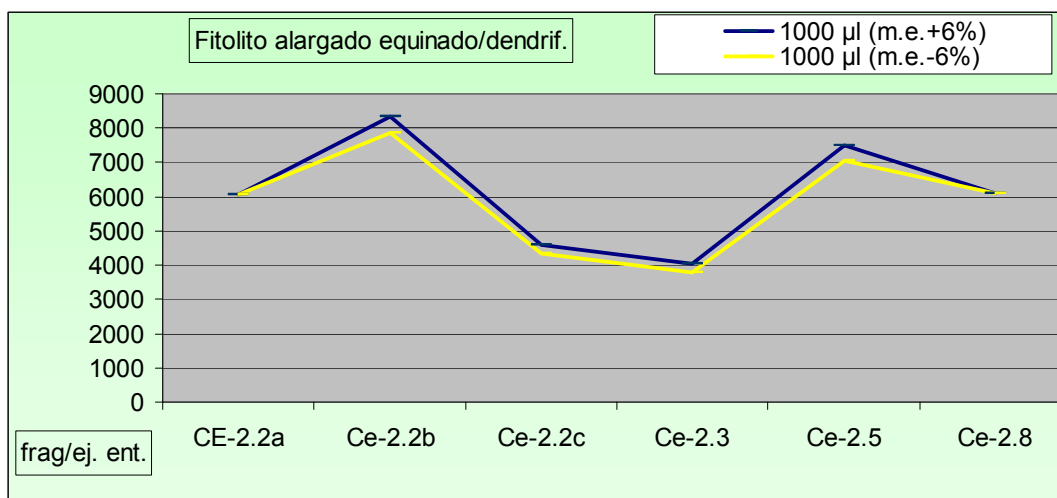
Siguiendo los criterios anteriormente señalados, se llevó a cabo la cuantificación de los fitolitos de células largas equinadas por preparaciones completas (2x2 cm.). Se buscaba con ello atender a las concentraciones reales de los mismos, pese a que el índice de fragmentación (Nº de elementos fragmentados del total cuantificado) se percibía como muy elevado. Los resultados, expresados en el **Gráfico 51** muestran importantes diferencias entre los distintos niveles analizados.

Mediante este método se cuantificaron un total de 24054 ejemplares de fragmentos o ejemplares completos de fitolitos de células largas equinadas y/o dendriformes, en ocho preparaciones de 500 µl cada una. A los cálculos de los niveles CE-2.2b, 2.2c, 2.3 y 2.5 se aplicó un coeficiente de error de  $\pm 6\%$ , leyendo solamente una preparación. En el caso de CE-2.2a y 2.8, por tratarse de los niveles más antiguos y reciente respectivamente, se leyeron dos preparaciones completas de 500 µl. Como puede observarse en el **Gráfico 51** existe una clara oscilación en los totales obtenidos entre todos los niveles, con máximos en CE-2.2b y CE-2.5. Mientras, los mínimos se sitúan en los niveles intermedios y los extremos.

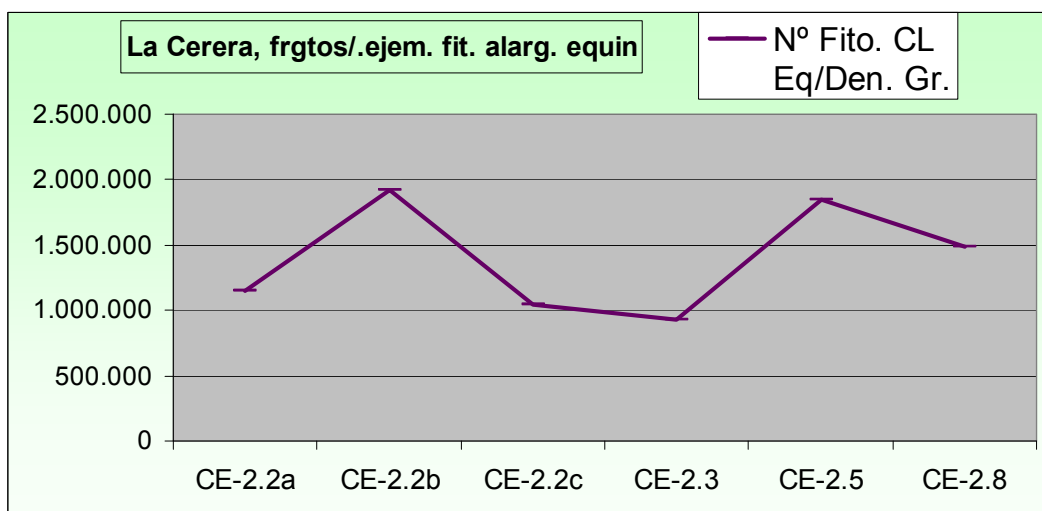
Con estos cálculos se procedió a estimar la concentración de este tipo de fitolitos por gramo de muestra, para lo cual se introdujo el peso final de la muestra analizada en laboratorio, una vez esta libre de elementos cementantes y arcillas, siguiendo el protocolo de cálculo empleado por Barcena & Flores (1990) y Bárcena (1994). Los resultados, aun atendiendo a los pesos diferenciales presentados por cada muestra neta, indican gran similitud en sus oscilaciones que en los cálculos realizados en las preparaciones (**Gráfico 52**), lo cual ha sido interpretado como positivo en cuanto a la aproximación real a las concentraciones reales de este tipo de fitolitos en el sedimento arqueológico.

Como puede observarse, la tendencia por gramo de muestra —aunque similar a la representada en el cómputo por preparaciones completas—, difiere especialmente en el nivel base CE-2.2a, que sitúa las concentraciones de este

tipo de fitolitos cercanas a los mínimos observados en los niveles intermedios CE-2.2c y CE-2.3. Desde el mismo pueden observarse dos momentos álgidos en lo que se percibe como un registro de fitolitos regular y no-escaso.



**Gráfico 51**, Cuantitativo de fragmentos y ejemplares completos de fitolitos de células largas equinadas por cada 1000 µl. (muestra en suspensión), introduciendo un factor de error de  $\pm 6\%$ .



**Gráfico 52**, Nº de fragmentos y ejemplares completos de fitolitos de células largas equinadas y/o dendriformes por gramo neto de muestra (sin elementos cementantes ni arcillas).

A nivel de incidencias en las observaciones microscópicas, debe señalarse la especial concentración de fitolitos de células largas equinadas en buen estado de preservación del nivel CE-2.8. De hecho podría plantearse aquí el posible sesgo cometido con el método escogido para llevar a cabo su cuantificación, ya que el hecho de que exista una menor fragmentación supone una lectura en cierto modo irreal, dado que los ejemplares completos están integrados —en muchos casos— por entre 3-4 fragmentos de los observados de forma aislada en el sedimento. Desde esa idea, podría plantearse que en el nivel CE-2.8 la existencias una concentración similar a la existente en CE-2.5.

En todo caso, a tenor de los cálculos realizados con la selección de microfósiles sujetos a cuantificación específica, puede hablarse de uno de los más abundantes, ya que incluso a nivel de mínimo número de individuos por preparación superan los 1955 ejemplares reales en la misma (Preparación microscópica de 500  $\mu$ l de CE-2.3). Llegando a presentar hasta 4056 ejemplares (500  $\mu$ l de CE-2.2b), que supone el máximo de individuos contados en una preparación de este tipo.

#### **Esqueletos silíceos de células largas equinadas y dendriformes.**

Igualmente presentes desde el nivel analizado más profundo (CE-2.2 a), donde aparecen elementos situados entre 50 y las  $>100 \mu$ m en su eje más largo. Es de suponer que los numerosos fragmentos de células largas dendriformes y equinate registradas hayan pertenecido a formas similares, procedentes de las cubiertas florales externas (glumas) de granos de cereales.

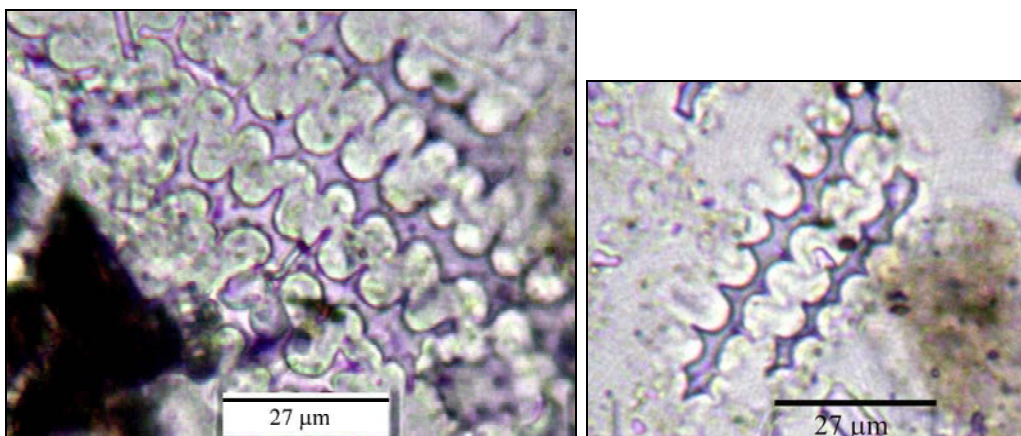
Presentan patrón de circunvoluciones claro (**Figura 401-402**) formado entre células largas de ornamentación equinada discontinua.

La desarticulación de estos fragmentos de tejido silicificado, en el sedimento arqueológico, ha derivado en la presencia de abundantes fitolitos de células largas equinadas o dendriformes, que a su vez se observan en toda su longitud y en la mayoría de las ocasiones fragmentados en dos, tres y cuatro partes de los mismos. Dichos fragmentos son muy abundantes, constituyéndose como uno de los morfotipos más representados y sobre los que es necesario realizar un cómputo exhaustivo, tendente a comprobar su concentración, y dado el aspecto referente a dicha fragmentación, poder al menos presentar un índice<sup>78</sup> asociado a su presencia en el sedimento.

---

<sup>78</sup> Dada la tendencia de localizar abundantes fragmentos, que en parte deben asociarse a los procesos tafonómicos sedimentarios y en parte a los tratamientos encaminados al estudio de elementos microfósiles, se ha optado por cuantificar la mayor parte posible de los mismos, ante la imposibilidad de basar un cómputo de este tipo de fitolitos únicamente en las células que se han conservado de forma íntegra (longitud y ornamentación originales). Por ello el cómputo se ha realizado sobre todos los fragmentos detectados, siempre que estos presentasen un mínimo de parámetros morfológicos como para ser reconocidos como *fitolitos de células largas de morfología/ornamentación equinada o dendriforme*, y aplicando —en las estimaciones estadísticas elementales— factores de corrección tendentes a aproximarnos al número de células íntegras totales a los que representan dichos fragmentos. Aunque teniendo en cuenta igualmente, dado que se han realizado cómputos sobre preparaciones totales confeccionadas con iguales volúmenes de extracción y montaje, el número total de células completas y fragmentos de las mismas, entendiéndose que entre ambos cómputos podríamos al menos realizar una valoración aproximada sobre este importante tipo de células fitolíticas. Y con ello confeccionar lecturas que, como se ha planteado, involucran a las mismas en procesos históricos tan vitales como la explotación de recursos agrícolas y una compleja gama de repercusiones socio-económicas asociadas a la misma.





**Figuras 401** (Izqda.) y **402** (Drcha.), fragmentos de esqueletos silíceos que conservan el patrón de circunvoluciones internas entre sus células largas equinadas/dendriformes (*echinate/dendriform long cell*). Ambas 600x.

La variabilidad detectada en este tipo de grandes fitolitos, especialmente en los parámetros de sus células largas equinadas/dendriformes y las circunvoluciones creadas entre ellas, parece indicarnos la existencia de otro cereal que no fuera cebada (*Hordeum vulgare* sp.), o al menos alguna variedad de las mismas que no se asemeja al grupo de esqueletos silíceos más representado (**Figura 398**).

#### **Conclusiones arqueobotánicas sobre células largas equinadas y esqueletos silíceos.**

Sin duda nos encontramos aquí con el ejemplo más palpable de la presencia de restos de granos de cereal en el sedimento de La Cerera. Pudiéndose adscribir ambas tipologías, y en especial una parte de los esqueletos silíceos a las envueltas florales de granos de cereal vestido, muy probablemente *Hordeum vulgare*<sup>79</sup>. Pese a que en algunos casos los parámetros morfométricos de las células largas equinadas parecen corresponderse con la variedad de la cebada de seis carreras (*H.v. var. hexastichum*), particular ya expresado por Morales (2009), algunas de tales células también presentan parámetros morfométricos similares a los de la variedad de dos carreras (*H.v. var. distichon*). E incluso podrían pertenecer a una variedad de trigo vestido.

En este sentido cabe mencionar el diferente comportamiento tafonómico que pueden seguir los granos con cubiertas florales que se conservan tras la trilla (granos vestidos) de los que no la conservan (granos desnudos). Ya que en función de las observaciones realizadas a nivel experimental hemos comprobado la desigual conservación de unos y otros, en especial en lo que atañe a su cubierta externa, obviamente más resistente en el primer caso que en el segundo, a lo que colabora sin dudas el entramado silíceo presente en dicha cubierta. Factor que creo fundamental para favorecer la conservación de la totalidad del grano cuando se encuentran envueltos en una matriz

<sup>79</sup> Identificación igualmente compartida por A.M. Rosen<sup>79</sup> (2012, Com. Pers.). Environmental Archaeology, Institute of Archaeology, University College London, United Kingdom.

sedimentaria/edáfica. Desde ese punto, en un mismo proceso de deposición y similares condiciones del sustrato en tiempo y espacio, los granos de cebada tendrían mayores posibilidades de preservarse que los de trigo, cuando éstos lo fueran de las variedades de grano desnudo.

Pero en todo caso, confirmando los resultados de Morales (2009) acerca de la predominancia de la cebada, este hecho parece poderse extrapolar a algunos tipos de fitolitos, como los de células cortas de tipo cónico (*conical*, Fredlung & Tieszen, 1994) con terminaciones características y especialmente los de esqueletos silíceos con patrones de circunvalación similares a los de *Hordeum vulgare* (Rosen, 1992). En espera de un estudio específico sobre esqueletos silíceos de las cubiertas de granos de cereal que aparecen en el sedimento, puede confirmarse que la cebada de grano vestido es una constante, que aun debe verificarse solamente en cuanto a su predominio o exclusividad sobre alguna variedad de trigo vestido introducida en Gran Canaria, y aun existente cuando acontece la secuencia histórica de ocupación de La Cerera.

#### **Células buliformes (*cuneiform buliform cell*).**

Tal y como se muestra con numerosos ejemplos, el registro de células buliformes se identifica desde los primeros niveles del yacimiento, en concreto en el denominado CE-2.2 A y que C. Criado & Hansen (2009) describen como un nivel pre-arqueológico, desarrollado sobre un nivel de desplome natural de la zona interna de la cueva con fragmentos rocosos de pequeño tamaño. Tanto las características del nivel de derrumbe, como de este nivel sedimentario, indican a dichos autores que su origen estaría en la propia meteorización de la roca, cuyos materiales serían arrastrados por el agua hacia el sur de la cavidad natural, constituida aquí como su zona más baja.

Sin embargo, a nivel microfósil, en este nivel ya se localizan evidencias de plantas de diverso significado arqueobotánico, entre las que destacan fitolitos de células buliformes (aisladas y en posición anatómica junto a otras células similares) cuya morfometría puede estudiarse siguiendo la estimación de sus principales ejes de simetría (A, B y C).

Aunque se presentan varios tipos, entre ellas puede identificarse los modelos simétrico y asimétrico (**Figura 406**) presentes en morfologías similares, como las desarrolladas por *Phragmites australis*<sup>80</sup> (**Figuras 403-404**). Con respecto al primer modelo—dado que el segundo presenta mayores dificultades de estudio—, se trata claramente de un morfotipo que puede enclavarse en la caracterización de buliforme cuneiforme (*buliform cuneiform cell*, ICPN 1.0) y la descrita como *Arc:Triangle* por Bowdery (1998), que atiende a la división del morfotipo en dos mitades/zonas bien diferenciadas, una en forma de arco, de amplitud variable, y una zona triangular, igualmente con varios tipos y grado de ángulo. En el caso de *P. australis* el eje A presenta la menor longitud de los tres, mientras que B y C presentan valores similares, siempre mayores que el primero. Entre ellas se detectan algunas diferencias en las dimensiones de sus ejes de simetría principales, superando

---

<sup>80</sup> Obtenido del grupo de muestras de referencia denominado, a efectos bioestadísticos, como ***Phraus. Geográfico***.

los parámetros de referencia (*Phraus. geo.*). No obstante, se ha detectado alta variabilidad en este tipo de fitolitos, lo cual no sólo puede deberse a la multiplicidad interna en los taxones, sino también a la posibilidad de estar ante silicificaciones provenientes de tejidos de varias especies de gramíneas<sup>81</sup>, con producción de este peculiar morfotipo.

Como se operó con otras células similares, localizadas en distintos contextos arqueológicos y edáficos, dichos parámetros fueron comparados, por análisis de conglomerados (Análisis Cluster), con los pertenecientes a taxones recolectados en muy diferentes localidades de Canarias, de la Península Ibérica y algunas zonas de Europa. Los resultados indican claras similitudes, primero con los ejemplares de Benijos (Tenerife) y a mayor distancia con los de Maspalomas, y algunos de Tarbet (costa noroccidental escocesa) y Refvik Beach (costa central de Noruega). No parece haber dudas sobre la adscripción, de alguna de estas células, a la especie *Phragmites australis*, aunque parece igualmente patente, que pueden pertenecer a una subespecie de la misma, que por el momento es imposible definir<sup>82</sup>.

Debe destacarse que no en todos los casos las células buliformes detectadas corresponden al esquema de *Phragmites australis*, aunque la mayoría de ellas sí presentan el esquema de simetría planteado para sus células buliformes.

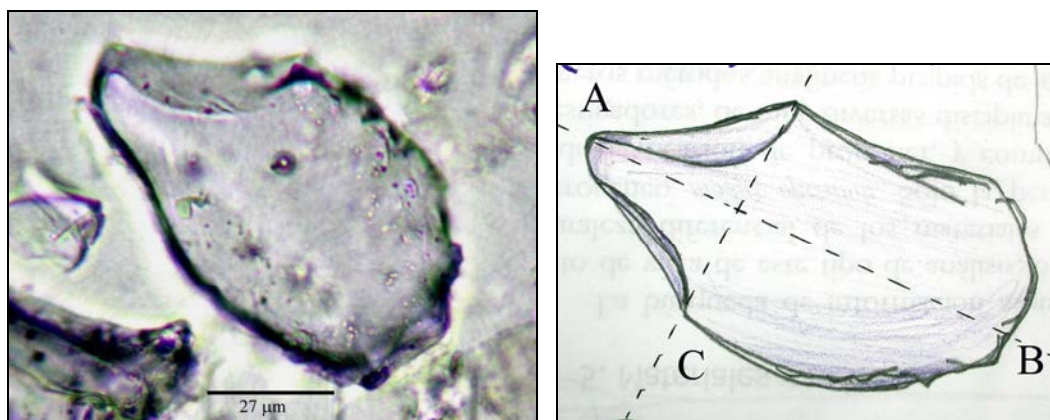
Se trata en todo caso de células silicificadas de gran tamaño, con unas dimensiones que en su eje longitudinal máximo (A+B) se aproxima a las 90 µm. Lo que permite inferir que su situación, a nivel de textura edáfica, tendería a situarlas en la fracción arenas 200-50 µm y no entre los limos (50-2 µm), que es donde aparecen —de forma común— la mayoría de elementos microfósiles de un material edáfico y/o sedimentario. En algunos casos (**Figura 405**) los parámetros presentados quedan fuera de existentes en las

---

<sup>81</sup> Los trabajos realizados con gramíneas que podían desarrollar este tipo de células confirman que existen algunos taxones donde son claramente evidentes, aunque no todos pueden asociarse a la vegetación potencial de la zona de Arucas, como podrían ser *Imperata cylindrica* o *Chloris* sp. El desconocimiento existente al respecto de la secuencia paleobotánica de muchas zonas de Canarias involucra especialmente a las herbáceas, dado que son consideradas (mayoritariamente) como formaciones vegetales menos emblemáticas que otras, como el bosque de pinos, la laurisilva o el matorral de cumbre, que han sido más estudiados. Afortunadamente la Arqueobotánica en las Islas está aportando alguna luz sobre numerosos aspectos en ese sentido, especialmente en el plano antracológico (Machado, 2009) y carpológico (Morales, 2009), quedando aún por ampliar la faceta más microscópica, la que involucra palinomorfos y por supuesto fitolitos. En ese sentido, el estudio de las gramíneas, tan complejo a nivel microscópico como macroscópico, requiere del de conjuntos muy amplios de taxones, o al menos de una selección de los más representativos de cada subespecie y tribu. Por ello, el objetivo concreto de estudiar fitolitos de células buliformes ha requerido de hacerlo con numerosas especies, no todas presentes en Canarias en la actualidad. Pero en temas paleobotánicos como en otros similares, el actualismo sólo será un recurso cuando los datos lo aconsejen, antes...atrás en el tiempo...todo podía ser posible.

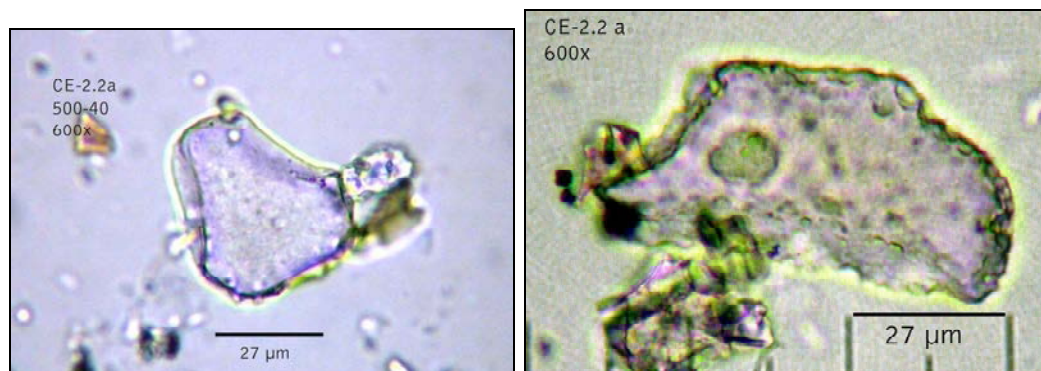
<sup>82</sup> Como puede comprobarse al final de este subcapítulo, la aplicación preliminar de criterios estadísticos a este tipo de fitolitos parece confirmar las impresiones —al respecto de la inferencia taxonómica— sobre la especie *Phragmites australis*.

muestras de referencia, quedando aislados del resto en los conglomerados SPSS, indicando que puede tratarse bien de otra variación de los ejes de simetría, propia de una variedad diferente a las estudiadas, o bien a un morfotipo perteneciente a otra especie vegetal.



**Figura 403** (Izqda.), Buliforme cuneiforme en CE-2.2 A, 600x. **Figura 404** (Drcha.), Dibujo esquemático de un ejemplar de la misma muestra, con trazado de los principales ejes de simetría que pueden trazarse en su morfología Arc:Triangle. J.A..

En todo caso se trata de varias morfologías similares, al menos en cuanto a parámetros de forma, simetría, ornamentación y tamaño, que permiten adscribirlas, todas, al tipo de células buliformes cuneiformes (*buliform cuneiform cell*, ICPN 1.0).



**Figura 405** (Izqda.), Célula buliforme por clasificar. **Figura 406** (Drcha.), Célula buliforme cuneiforme que responde a los parámetros del modelo asimétrico desarrollado por *Phragmites australis*. Ambas 600x. J.A.

Dada la relación existente con estos taxones, la presencia de células buliformes de una especie, no caracterizada por ocupar lugares sombríos, terrenos con escaso relleno edáfico y condiciones de escasa humedad, podría aportar uno de los primeros indicios de intervención humana en la zona de la cueva, especialmente en lo que respecta a su relación con la explotación de especies vegetales del entorno, y en este caso muy probablemente no-inmediato, salvo que asumamos que, en la zona donde se inserta el yacimiento, las condiciones ambientales y especialmente el paisaje vegetal,

presentaba un aspecto de pequeño cauce, con cierta potencia edáfica como para estar flanqueado por carrizos, amparados por humedad proveniente de las laderas de la Montaña de Arucas (en una hipótesis secundaria).

No obstante, como ocurre con un sustrato donde se haya producido circulación hídrica, existe la posibilidad de que estas células hayan migrado desde posiciones superiores, pero en función de su concentración y situación entre el resto de microfósiles existentes en el nivel, parece más que probable su relación arqueológica con un depósito de hojas de gramíneas del tipo descrito, otra cuestión es, como ocurre con el resto de

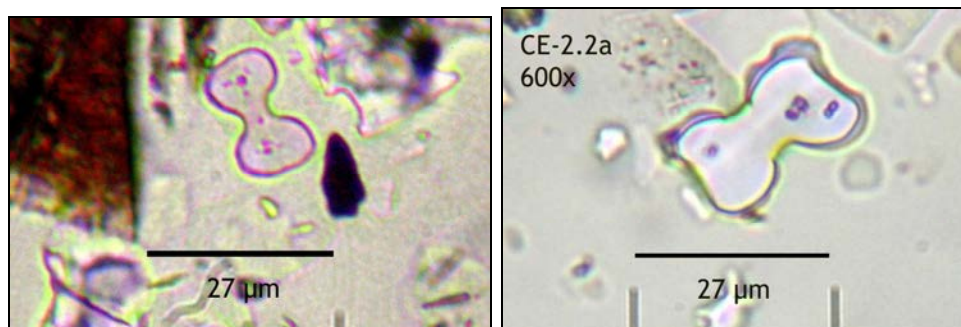
Se trata en todo caso de células en muy baja concentración de ejemplares en preparación y por gramo de muestra, un aspecto que ha sido comprobado igualmente en los suelos con presencia de *Phragmites australis*. Del mismo modo que en los residuos analíticos obtenidos mediante tratamiento de la planta actual, las células menos representados son los de células buliformes cuneiformes.

#### **Células cortas bilobuladas/bilobadas (*bilobate short cell*) y trilobuladas.**

Presentes desde el nivel base (CE-2.2a), se trata de células cuyo eje longitudinal ronda las 20  $\mu\text{m}$  o las supera ligeramente. Se detectan al menos tres variaciones de la misma morfología, pudiendo destacar los dos modelos de vástago corto descritos por Gallego & Distel (2004) y que presentan en un caso extremos lisos y convexos (**Figura 407**) y en otro caso rectos o cóncavos (**Figura 408**). No obstante, la variabilidad dentro del mismo esquema bilobulado es un aspecto que no puede pasar desapercibido, ya que sin duda en más de un caso hacen referencia a especies diferentes.

Confirman la presencia de restos de gramíneas de la subfamilia *Panicoideae*, abriendo por lo tanto interesantes expectativas para con el registro de fitolitos, sobre todo con respecto la flora existente en los momentos anteriores a los siglos IV-V d.C. (1ª datación absoluta). No obstante, la altura y el clima en los que se sitúa el yacimiento no parecen factores limitantes al desarrollo de este tipo de gramíneas sino todo lo contrario, ya que se trata de plantas con mecanismos fotosintéticos del tipo C4. De hecho, si nos atenemos a los trabajos de Tieszen *et al.* (1979) y los comentarios al respecto de Twiss (1992), la experiencia llevada a cabo por los primeros con muestras del transepto altitudinal en Kenya, confirma que hasta los 600m. e incluso hasta 2050 m., las plantas dominantes son del tipo C4, al que pertenecen gramíneas de tipo *chloridoide* y *panicoide*. Pocas especies del tipo *Pooideae* podemos encontrar hasta ese rango de altura. Pero luego el incremento de estas últimas es continuado desde los 2050 m.s.n.m., manteniéndose el 100% de las especies hasta la altura máxima alcanzada en ese estudio: 3.960 m.s.n.m. (Twiss, 1992).

La altura por lo tanto a la que encontramos este tipo de fitolitos no supone en sí un hecho excepcional, al menos más allá de las potencialidades del medio, aunque sí cabría preguntarse –a la luz de los estudios de vegetación existentes– si la subfamilia a la que representan dichas tipologías podía estar presente entre el elenco florístico de la secuencia a la que pertenecen las muestras. Dado que la mayoría de las gramíneas de esa subfamilia se consideran como plantas introducidas.



**Figuras 407-408**, Fitolitos de células cortas en CE-2.2a, pertenecientes al tipo bilobulado/bilobado (*bilobate*, ICPN 1.0) pero con apreciables diferencias en su morfología y dimensiones. Ambas 600x.

Igualmente, junto a estas morfologías se detectan otras que presentan tres lóbulos en lugar de dos, aspecto similar al observado en las preparaciones de la Colección de Referencia y en concreto en la especie *Hyparrhenia hirta*. Hecho que conjuntamente con las observaciones planteadas por Gallego & Distel (2004), sobre los fitolitos de células cortas bilobuladas, hacen referencia a lo que denominan formas regulares e irregulares de mancuernas<sup>83</sup> (*dumbbells*), conjunto de fitolitos semejantes —con dos o tres lóbulos simétricos o asimétricos separados por estrechamientos más o menos anchos—, también propios de gramíneas de la subfamilia *Panicoideae*.

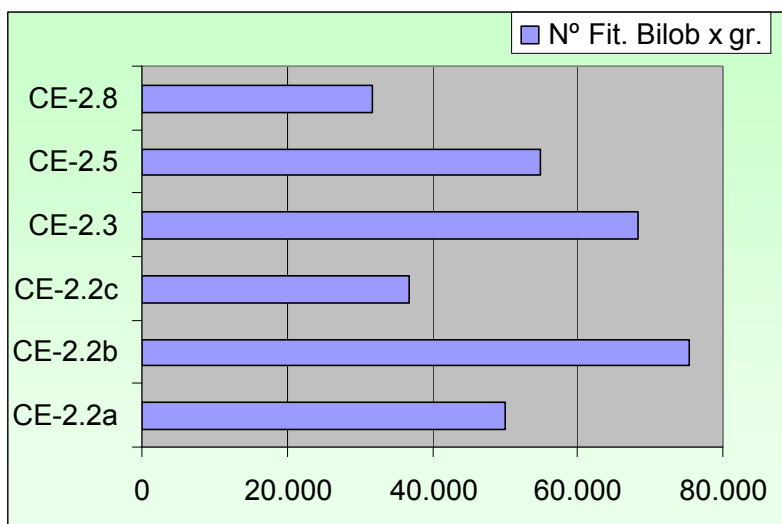
La adscripción taxonómica para este tipo de fitolitos puede hacerse directamente hacia especies *Poaceae* de las subfamilias *Panicoideae* y *Arundinoideae*, ya que pueden localizarse en ambas, pese a que sea en la primera donde aparecen de forma más común. Pero dada la antigüedad del conjunto arqueológico puede descartarse que correspondan a gramíneas introducidas, como lo será, desde el siglo XVI el millo/maíz (*Zea mays*). Y sí por ejemplo lo sean a especies nativas que las desarrollen, como *Hyparrhenia hirta* y de forma menos clara *Imperata cylindrica*.

La cuestión, compleja pero absolutamente relevante, de si este tipo de células representa al género *Panicum* sp., al que pertenecen los mijos (*P. millaceum*) es algo que solamente se podrá comprobar con futuros y detallados estudios que atiendan tanto al de células bilobuladas —propias de las hojas— y de esqueletos silíceos de las cubiertas florales del fruto/semilla. Por el momento y pese a haber aislado y estudiado dichos tipos de fitolitos, no se ha detectado ninguno que pueda invitar a pensar en la presencia de mijo en época aborígen.

#### Cuantificación de células cortas bilobuladas.

La información proporcionada por este tipo de células es tan relevante como para llevar a cabo una estimación cuantitativa específica. Primeramente debe destacarse su ubicuidad en La Cerera, ya que se encuentran representadas en todas las muestras de sedimentos analizadas, que corresponden a toda la columna estratigráfica (**Gráfico 53**).

<sup>83</sup> Término empleado por algunos investigadores desde el comienzo de la investigación de fitolitos, presentes ya en la clasificación de Grob (1896).



**Gráfico 53,** Cuantitativo de células bilobuladas por gramo de muestra.

Las diferencias detectadas en sus concentraciones por niveles obviamente deben incluirse en los cálculos finales, con respecto al peso de partida, para que puedan ofrecernos una idea de sus concentraciones reales por gramo de muestra. De este modo, las concentraciones detectadas en ambos cómputos indican que no se trata de fitolitos muy abundantes, si los comparamos por ejemplo con los de palmáceas, que siendo uno de los grupos de plantas locales con mayor producción de fitolitos, después de *Poaceae*, tampoco representan un porcentaje elevado dentro de los cómputos por gramo de muestra.

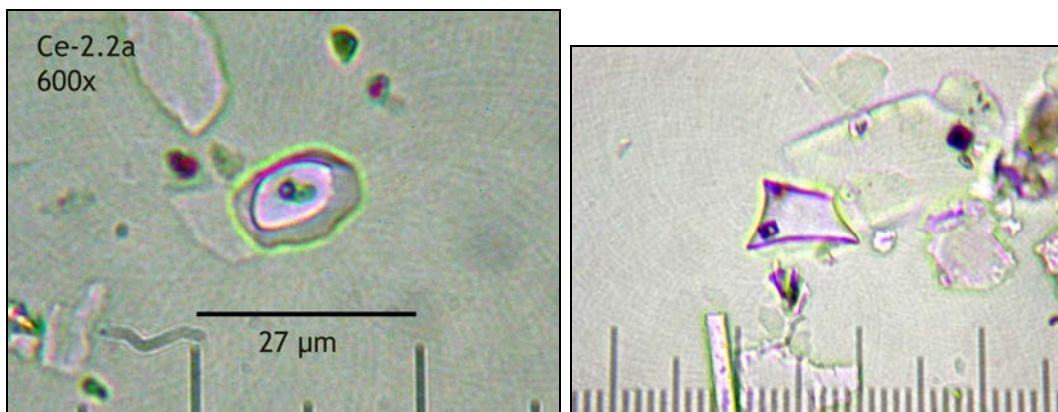
#### **Células cortas trapeziformes.**

En concreto hacemos referencia a células cortas presentes en la subfamilia *Pooideae* que no presentan el esquema morfométrico de las células cortas cónicas, sino trapeziforme (*Trapeziform short cell*, ICPN 1.0). La única diferencia apreciable con la descrita (como *Nomina conservanda*) en la propuesta de Madella *et al.* (2003) como *Rondel tipe* o *Conical* por Fredlung & Tieszen, 1994), es que ésta última no presenta un esquema geométrico cuadrangular sino precisamente –como su nombre indica– de tipo cónico, es decir circular. En concreto formando un cono truncado (**Figura 410**).

#### **Células cortas tipo cónicas o tipo *rondel* (ICPN 1.0).**

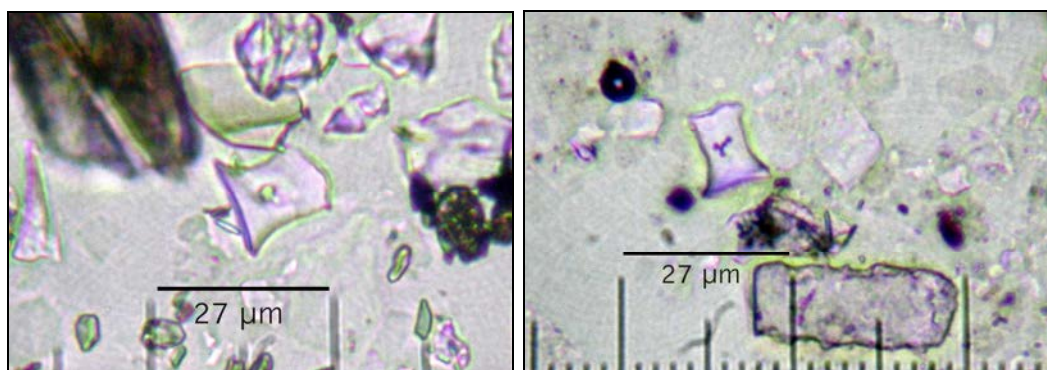
Se trata de un morfología muy abundante desde el nivel Ce-2.2a, en su mayoría observadas en estado aislado y en pocos casos formando parte de las secciones silicificadas originales junto con células largas equinadas o dendriformes (esqueletos silíceos). Presentan ligeras variaciones en sus dimensiones y su morfología se mantiene en cuanto a ejes de simetría principales aunque pueden, en función de la relación de ambos, distinguirse dos tipos (**Figuras 409-410**), siempre dentro del esquema de cono truncado similar al descrito por Rapp & Mullholland (1992) y sobre todo al reflejado por Tingvall (1997) para las células cortas localizadas en la inflorescencia de *Hordeum vulgare*. Como ya se ha mencionado, se detectan algunas variaciones en los localizados en La Cerera, especialmente en cuanto a la

longitud del eje más largo del morfotipo (**Figuras 411-412**) y terminación de su parte apical (no-arqueada).



**Figuras 409 y 410**, Fitolito de célula corta *Pooideae*, en vista polar (Izqda.) y perfil (Drcha.). 600 y 300x respectivamente.

Estas morfologías se encuadran dentro de las de células cortas de la subfamilia *Pooideae*, perteneciendo en este caso –con alta probabilidad– al género *Hordeum* sp. aunque no puede descartarse que alguna de ellas pertenezca también al género *Triticum*. Efectivamente mientras que los morfotipos de las **Figuras 411-412**, e incluso **414**, responden al esquema presente en las cubiertas florales de *Hordeum vulgare*, el morfotipo de la Figura 413 lo parece más a la configuración de *Triticum* sp. En los primeros morfotipos citados sus dimensiones oscilan entre 13,50 μm (altura) x 10,80-12,15 μm (ancho), mientras que en el morfotipo 2 lo hacen entre 10,80 μm (altura) x 13,50 μm (ancho).



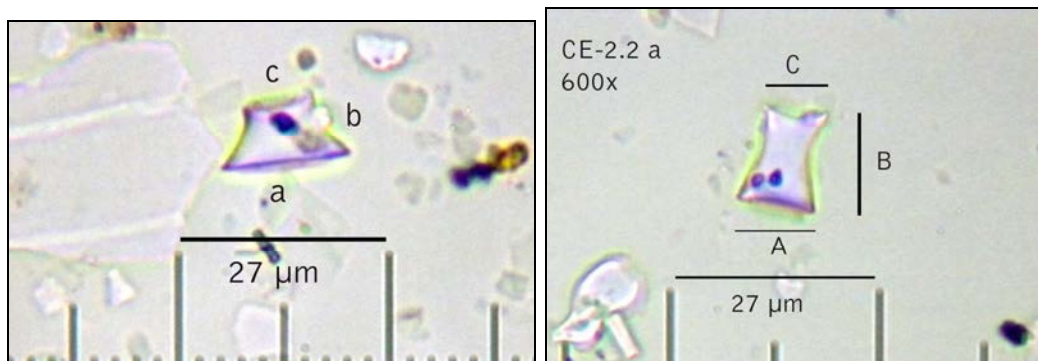
**Figura 411** (Izqda.), Célula corta cónica. **Figura 412** (Drcha.), Célula corta cónica con variaciones en la prolongación de sus ejes de simetría con respecto al ejemplar anterior. Ambas: 600x.

#### Células cortas cónicas con base polilobulada de márgenes sinuosos.

Se trata de células cortas morfológicamente muy complejas, que pese a que en vista perfil puedan asemejarse a la morfología cónica anterior, presenta sustanciales diferencias, o al menos variaciones morfológicas tan evidentes como para clasificarlas en un apartado propio. Parecen constar de dos zonas muy bien diferenciadas, donde la de mayor dimensión se encuentra dividida



en cuatro lóbulos que, a su vez, presentan márgenes sinuosos (**Figuras 415 y 416**).

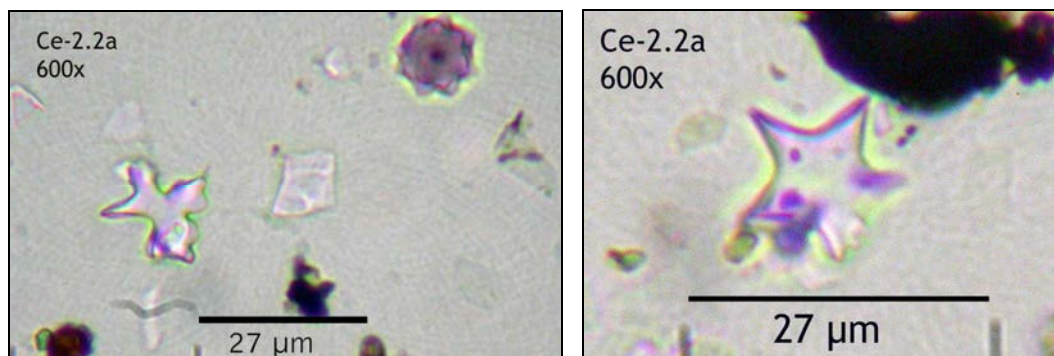


**Figuras 413** (Izqda.) y **414** (Drcha.), célula corta cónica del morfotipo, célula similar al anterior pero mayor dimensión del eje B. Ambas presentes en sedimentos de La Cerera (CE-2.2a). 600x.

Su tamaño las sitúa dentro del rango de las células cortas, al no superar las 25 µm en su eje de mayor longitud, situándose por ejemplo en tallas similares a las que presentan los fitolitos de palmáceas (**Figuras 415-416**). Pese a que en vista de perfil (**Figura 416**) podrían asemejarse a los fitolitos de células cortas, presentes en las inflorescencias de *Hordeum vulgare*, la observación detallada de su extremo más ancho revela una morfología más compleja a la de aquellas. Por ello creemos que su adscripción taxonómica, aunque puede hacerse a la familia *Poaceae*, debe referirse a un género diferente a *Hordeum* spp..

Los referentes bibliográficos consultados son reveladores al menos en este último punto, ya que existen células similares –aunque con diferencias que aun hay que analizar en detalle– en las presentadas en alguna especie de la familia *Bambusoideae* (Piperno, 2006). Descartando que pertenezcan a *Arundinoideae*, ya que sus células cortas responden más a la morfología *tipo saddle* (*Nomina conservanda*, ICPN 1.0), que comparte con los representados de forma específica por las especies pertenecientes a *Chloridoideae*.

Tras cotejar los datos morfométricos y de ornamentación presentes en las muestras de referencia, únicamente hallamos similitudes –en cuanto a la complejidad de los extremos de este tipo de células– en *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) P. Beauv., también de la subfamilia *Pooideae*. Pero las desarrolladas por esta especie aun presentan mayor complejidad en las dos partes que conforman la morfología de sus células cortas, que quizás se constituyan como las de mayor complejidad, a la hora de describir mediante las claves existentes en materia de fitolitos (Madella *et al.*, Rapp & Mullholland, 1992; Piperno, 2006; entre otros), su especial morfología de dos extremos polilobulados unidos por una sección, más delgada, de tendencia circular. Igualmente se valoró que se tratase de un morfotipo perteneciente a la clase de fitolitos bilobulados o panicoides, pero descartándolo por no presentar, en vista polar, el plano dividido en dos lóbulos de aquellos.



**Figuras 415-416** , Fitolitos de células cortas cónicas y base polilobulada. 600x (Izqda.) y ajuste óptico digital con 600x (Dcha.). J.A

Si seguimos la ruta de *Brachypodium*, habría que plantearse a qué especie de este género, presente en Canarias, podría pertenecer. Dado que, desde su escasa diversidad en las Islas –solamente presenta tres especies– solamente hemos analizado una de ellas –*B. sylvaticum* (taxón Las Cañadas)–, que según LESDCanarias (Aceves *et al.*, 2004) es considerada una planta *Nativa Probable*, estando presente en todas las islas salvo Lanzarote y Fuerteventura. Por su parte *B. arbuscula* Knoche es considerada un endemismo de El Hierro, Gran Canaria y Tenerife y por lo tanto una especie *Nativa Seguro*. Un tercer representante del género es *B. distachyon* (L.) P. Beauv., considerada como *Nativa Posible*, estando presente en todas las Islas. Las posibles variaciones, en los requerimientos ambientales de cada una de estas especies, así como el desconocimiento de las células fitolíticas similares producidas en ambas, no nos permite ir más allá del conocimiento del que disponemos sobre *B. sylvaticum*, una gramínea ciertamente vinculada a zonas de bosque y ambientes húmedos, cuyos fitolitos de células cortas pueden presentar una complejidad similar a los tratados en este apartado.

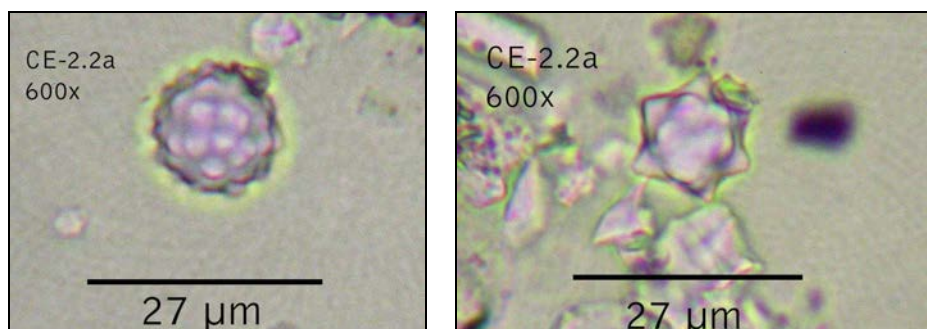
Con todo ello, creemos estar ante un tipo de fitolitos de compleja adscripción, donde preferentemente tomamos la ruta de *Brachypodium* spp., la cual parece más acertada que la de estar ante una gramínea integrante de la subfamilia *Bambusoideae*, por lo que la tomamos cautela, dado que todos los integrantes de la misma en Canarias, como también ocurre con *Arundinoideae*, son considerados como plantas introducidas (Aceves *et al.*, 2004). En espera de poder profundizar más en cuestiones morfométricas y adscripción taxonómica, podría plantearse la hipótesis de estar ante fitolitos pertenecientes al género *Brachypodium*<sup>84</sup> sp., asociando al mismo las inferencias sobre la presencia de este tipo de gramíneas en los niveles más antiguos del yacimiento de La Cerera.

#### Fitolitos globulares/esféricos con ornamentación equinada.

Se trata de un morfotipo igualmente localizado desde el primer nivel (Ce-2.2 a), aunque no en concentraciones significativas. Cabe destacar la presencia de dos tipos bien diferenciados, a nivel de dimensiones (eje transversal) y ornamentación equinada (de pequeños salientes en forma de conos

<sup>84</sup> Para conocer las características de los conjuntos fitolíticos detectados, y en parcialmente estudiados, en *Brachypodium sylvaticum* puede consultarse su ficha en el *Capítulo Resultados: Plantas Patronas*.

apuntados), como puede observarse en las **Figuras 417-418**. Aspecto que resulta similar al igual detectado en suelos de referencia<sup>85</sup>, en este caso donde se desarrollan ejemplares adultos de *Phoenix canariensis* y otros hibridados con *P. dactylifera*. Igualmente, la forma de mayor densidad ornamental puede presentar una forma ovalada, estando ésta mucho menos representada que los de tendencia esférica, que presentan la mayoría de los casos.



**Figuras 417-418**, Fitolitos propios de especies *Palmae*, donde se aprecian claras diferencias en una misma morfología globular equinada (*globular echinate phytolith*, ICPN 1.0). Ambas 600x.

La presencia de tales morfotipos y en especial el más abundante, de ornamentación equinada menos densa que el anterior, hace referencia expresa a *Phoenix canariensis*, confirmando las lecturas ya aportadas en trabajos arqueobotánicos anteriores, donde se asumía la importancia de esta especie en la economía y cultura aborigen de Arucas (Morales, 2009; Machado, 2009). Puntos que son ratificados por la evidencia microscópica de tejidos de palmera canaria desde el nivel sedimentario más antiguo del yacimiento.

#### Apéndices epidérmicos/Tricomos/pelos silicificados.

##### Tricomos no-*Poaceae*

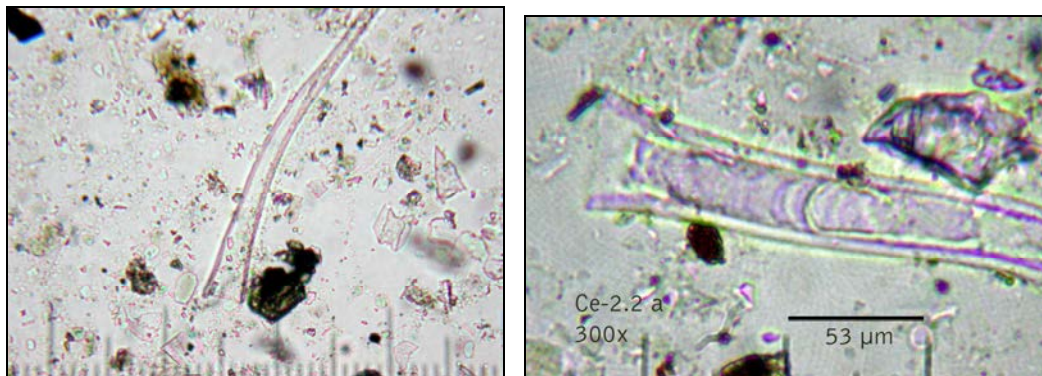
Especial relevancia presentan los tricomas o pelos unciformes (*unciform hair*, ICPN 1.0), ya que en algunos casos podrían pertenecer a especies de la familia *Moraceae* como la higuera (*Ficus carica*). Desde las muestras pertenecientes a los niveles más antiguos (CE-2.2 A) se detecta la presencia de tricomas unciformes de gran tamaño, que pueden llegar a superar las 300 µm en su eje longitudinal. Su eje transversal, en la zona más ancha, se sitúa en 46-50 µm. Presentan igualmente paredes silicificadas de unas 5 µm en su zona más ancha (**Figuras 419-420**), situándolas por encima del promedio descrito para las mismas<sup>86</sup>.

Se trata siempre de morfotipos huecos, aunque –como ocurre en las muestras de referencia de taxones de *Ficus carica*– dejan de serlo desde aproximadamente su parte central, y en especial en la zona apical, desde donde se convierten en una forma maciza. Su localización en las muestras de CE-2.2 a es muy puntual, en relación con el resto de morfotipos, pero responden casi con exactitud a los parámetros de los pelos unciformes

<sup>85</sup> Como se muestra en el capítulo Resultados 5-I.

<sup>86</sup> Ver ficha de *Ficus carica* L., Resultados 5-I.

detectados en las hojas de *Ficus carica*, lo cual sin duda debe tenerse en cuenta a la hora de valorar el registro de este nivel.



**Figura 419** (Izqda.), Pelo uniforn completo (150x). **Figura 420** (Drcha.), Detalle de la zona más ancha de otro ejemplar similar (300x). Ambas en CE-2.2 a. J.A.

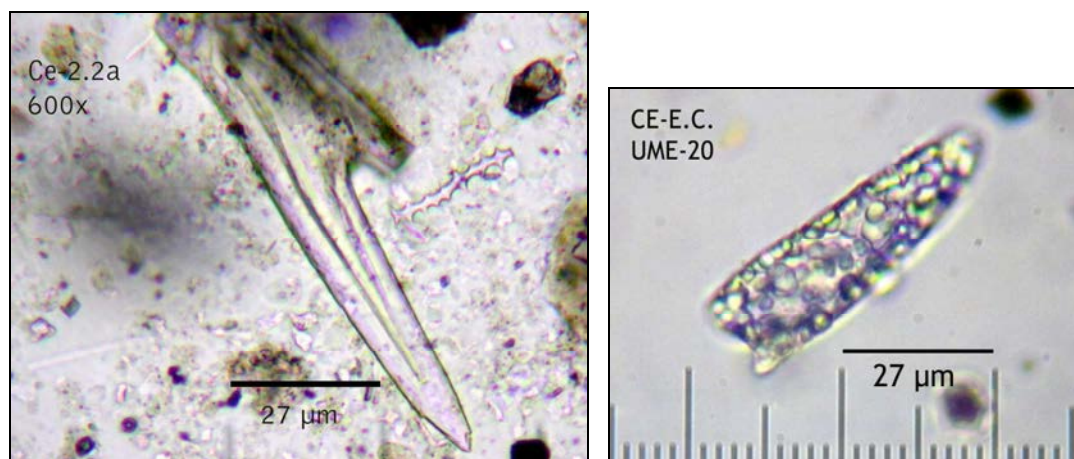
No obstante, al tratarse de un morfotipo escasamente representado en las preparaciones y por derivación, en la extrapolación por gramo de muestra<sup>87</sup> y especialmente con respecto al numeroso conjunto de morfotipos propios de gramíneas cultivadas, deben matizarse las lecturas arqueobotánicas sobre su explotación. No obstante, el hecho de encontrarse desde el nivel más antiguo muestreado, puede tomarse como la evidencia arqueológica más antigua, en el yacimiento, de *Ficus carica*. Posteriormente es también localizada en CE-2.3, mediante ejemplares muy similares y en perfecto estado de conservación. De tal forma que podríamos plantear que desde momentos situados antes de los siglos III-IV d.C. y hasta antes de s.VII-VIII d.C. los indicios de esta planta, al menos los que involucran a los tricomas desus hojas, están presentes en el sedimento.

#### Apéndices epidérmicos *Poaceae*.

De al menos dos tipos, como los presentes en las hojas de especies *Poaceae* y en la inflorescencia de esta misma familia, se trata de una de las morfologías de fitolitos más comunes en aquellos lugares con presencia de gramíneas. Pese a que existen propuestas para su estudio morfométrico con fines de reconocimiento taxonómico (Zucol & Brea, 2005), no se ha procedido en esta Tesis a los mismos. En todo caso puede afirmarse que se detectan al menos tres variaciones sobre el mismo esquema, que en algunos casos atestigua la existencia de un hueco en el fitolito (**Figura 421**) y en otros denota ser macizo (**Figura 422**). En todo caso el esquema morfológico de partida, describe una base más o menos plana –que supone la superficie de contacto con el tejido epidérmico– y una base curva, más o menos aguzada, que es la

<sup>87</sup> Este tipo de silicificaciones es muy común y abundante en los tejidos foliares de las distintas variedades de higuera, por ello la escasez en el nivel sedimentario más antiguo de La Cerera, simplemente permite corroborar, la presencia de esta planta, a nivel de indicios, restringiendo igualmente las lecturas al respecto de su presencia en estas fases tempranas de ocupación prehistórica de la zona que, no obstante, puede plantearse dado que se trata de morfotipos de gran tamaño y fragilidad

que se presenta al exterior de la epidermis, dispuesta a modo de barbas. Estos morfotipos, de silicificaciones claramente externas, no son extremadamente abundantes en el sedimento, lo cual parece indicar precisamente que no fueron los tejidos epidérmicos los que allí se depositaron de forma mayoritaria. Volviendo de nuevo la orientación arqueobotánica hacia un criterio de funcionalidad donde la base era el procesado de las inflorescencias de cereal.



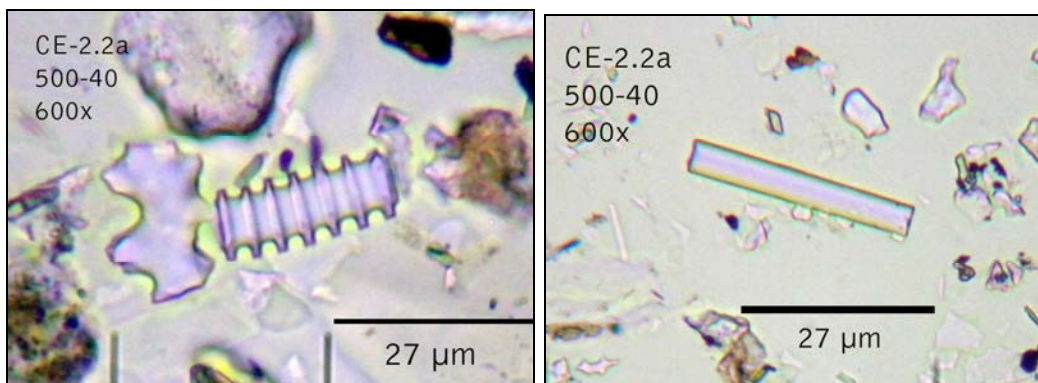
**Figuras 421-422** (Izqda.), Fitolitos de apéndice epidérmico (propio de las hojas de gramíneas). A la derecha un ejemplar altamente afectado por un proceso de disolución de SiO<sub>2</sub>. Ambas 600x.

En algunos casos, los grandes apéndices *Poaceae* detectados se asemejan a los presentes en los tejidos foliares de la tribu *Triticeae*, lo cual obviamente solamente confirmaría la llegada de los mismos al sedimento. Sin embargo, no puede hablarse de una alta concentración de los mismos y sí que se trata de una morfología común, tanto en suelos como sedimentos arqueológicos (Juan-Tresserras, 1997; entre otros).

#### Elementos traqueales del xilema o de los vasos conductores.

Se detectan elementos de células largas con resaltes anulares que atraviesan toda la superficie y sobresalen formando una ornamentación de tipo *crenate* o *pilate* (ICPN 1.0). Probablemente su sección es circular, por lo que podría clasificarse como el sinónimo de traqueida para Madella *et al.* (2005), descrito como *Cylindric sulcate tracheid* (Figura 423). Se trata en todo caso de elementos aparentemente no-perforados, probablemente correspondientes a plantas no-*Poaceae*. No obstante, Piperno (2006) confirma que pese a que se trata de una morfología muy común, difícilmente puede permitírnos adscribirla a un grupo vegetal concreto, dado que se encuentra tanto en dicotiledóneas como en monocotiledóneas. Aunque hemos comprobado que son muy comunes en especies arbóreas, como las lauráceas. Tal y como también plantean Runge & Runge (1999) también se localizan silicificaciones similares en suelos de África central, en este caso claramente dominantes sobre las especies *Poaceae* y *Palmaceae*. En Canarias, especies como *Phoenix canariensis* también las produce, aunque la morfología mostrada en la Figura 423 presenta, en las terminaciones de sus engrosamientos anulares, una tendencia menos equinada

y más de tipo “castelate” o “pilate” (ICPN 1.0) que las observadas en *P. canariensis*.



**Figura 423** (Izqda.), Elemento traqueal del xilema. **Figura 424** (Dcha.), silicofluto de célula larga liso. Ambas 600x.

Los elementos traqueales del xilema, adscritos a la categoría que inicialmente propuesta por Rapp & Mullholland (1992) y mencionados dentro del ICPN 1.0 como traqueidas cilíndricas surcadas en toda su longitud por resaltes paralelos (*cilindric sulcate tracheid*), se localizan al menos en dos niveles, como CE-2.2 a y CE-2.3 y en función de los paralelismos presentados con plantas de referencia podrían pertenecer a gramíneas de la subfamilia *Panicoideae*, más que a plantas angiospermas dicotiledóneas.

Dicho planteamiento podría verse reforzado por la detección, en el primer nivel, de células cortas del tipo bilobulado (*bilobate*, ICPN), que igualmente hacen referencia a la subfamilia *Panicoideae* pero no en exclusiva, dado que especies pertenecientes a otras familias –como *Arundinoideae*– también las generan. Esta nueva inferencia es planteada por la detección en *Hiparrhenia hirta* de morfologías similares, que en sus tejidos foliares aparecen alineados y cercanos a las mencionadas células bilobuladas. Tal y como se expone en la ficha de análisis fitolítico correspondiente<sup>88</sup>, junto con las células bilobuladas de *H. hirta* se detectan otras trilobuladas que igualmente han sido localizadas, junto a las primeras, en la mencionada planta. Con lo cual podríamos plantear que la suma de similitudes permite adscribir, al menos una parte de los mencionados elementos del xilema, a plantas del complejo panicoide (Gallego & Distel, 2004) y como hipótesis más lógica a alguna de las dos especies pertenecientes al género *Hiparrhenia* consideradas nativas en Canarias, que según Aceves *et al.* (2004) serían la ya mencionada *H. hirta* y además *H. sinaica*.

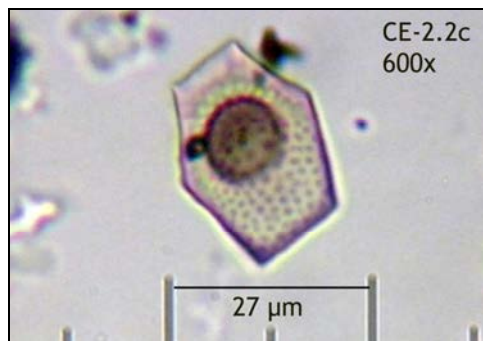
Otro origen taxonómico podría ser la propia especie *Phragmites australis* sp., que también produce elementos similares en sus tejidos foliares, entre otras tipologías silicificadas. Pero con mayores reservas al respecto, por el momento.

#### Fitolitos de células poligonales y bases de tricomas.

Muy escasos en el registro microscópico, al menos han sido localizados en el nivel CE-2.8, pudiendo corresponder con bases de tricoma de *Ficus carica*.

<sup>88</sup> Capítulo Resultados 5-I.

Presentan hasta cinco lados, con ligera protuberancia en uno de sus extremos y un tamaño que ronda 40  $\mu\text{m}$ . También en el nivel CE-2.2c (**Figura 425**), aunque en este caso su adscripción taxonómica resulta más compleja, dado que también podría tratarse de una base de tricoma de *Moraceae*, pero atendiendo a su pequeño tamaño parece posible proponerse su adscripción a una ciperácea (*Cyperaceae*).



**Figura 425**, Posible base de tricoma. 600x

### Microalgas

#### Diatomeas.

Constituyen un grupo microfósil presente desde los primeros niveles, restringido en diversidad y concentraciones, pero constantes en toda la secuencia analizada. De las siete morfologías que parecen poderse desquibirse, cinco presentan simetría bilateral y dos central. La baja concentración de estas últimas y su posible filiación biológica (al menos en un caso es *Aulacoseira* sp.) podría plantear un desarrollo alóctono al yacimiento, aunque ambas podrían ser dulceacuícolas<sup>89</sup>. La otra morfología central podría corresponder a *Cyclotella* sp., con un diámetro aproximado de 40  $\mu\text{m}$ .

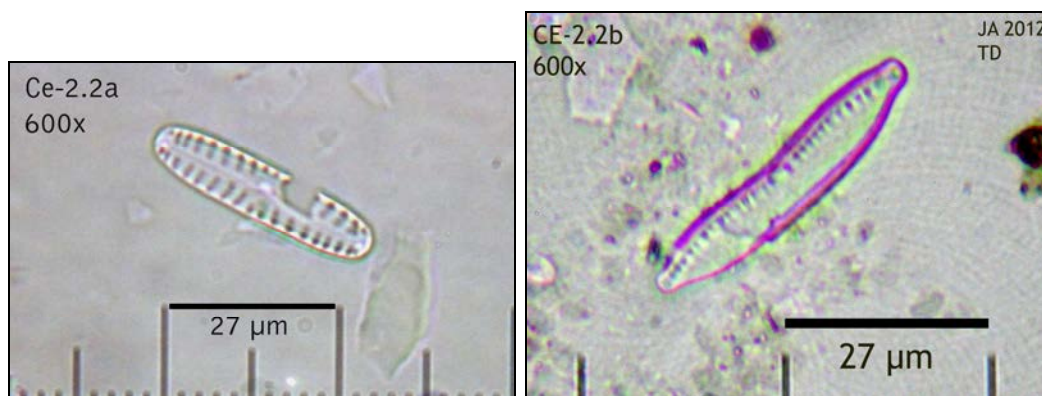
La especie más numerosa es la que presenta bordes bicapitados, rafe y una simetría que concuerda con *Hantzschia* sp., descrita como simetría hatschchioide por Round *et al.* (1990), y muy probablemente en la especie *H. amphioxys*. Su tamaño (eje apical) oscila entre 30-45  $\mu\text{m}$  (**Figura 427**).

Se trataría entonces de una especie común en suelos y ambientes húmedos subaéreos (Patrick, 1977) que puede desarrollarse en los primeros centímetros de los mismos, tanto en suelos forestales como ajardinados. De ser la ruta correcta, estaríamos ante un tipo de diatomea adaptada a un sustrato húmedo pero no encharcado.

Una segunda morfología bilateral podría pertenecer a *Navicula* sp., su similitud con las valvas detectadas en la zona de Las Cañadas (Tenerife) permite proponerla como *N. hungarica*, con un tamaño (eje apical) de entre 32-43  $\mu\text{m}$  (**Figura 426**). Una diatomea de medio epipélico. Sus concentraciones son significativamente inferiores para con las valvas de *Hantzschia* sp. Al igual que esta última se localizan otras valvas de simetría

<sup>89</sup> En el caso de *Aulacoseira* sp., tanto en este contexto como en otros de las Islas donde aparece de forma esporádica, se asume que pertenecen a subespecies dulceacuícolas.

bilateral y bordes capitados, que en uno de los casos podría pertenecer a una variedad del género *Eunotia* sp., también dulceacuícola.



**Figura 426** (Izqda.), Diatomea del género *Navicula* sp. **Figura 427** (Drcha.), Diatomea del género *Hantzschia* sp.. Ambas 600x.

En definitiva, el registro de valvas de diatomeas presenta baja diversidad, dentro de la cual destaca por sus concentraciones y distribución, en todos los niveles analizados, las de simetría hatszschioide, que podría adscribirse a *H. amphioxys*. Sin embargo, la constancia de su presencia en los sedimentos (en ningún nivel ha resultado ausente) plantea una condiciones ambientales ciertamente estables.

#### Crisofitas.

Los quistes/estomatocistos propios de algas crisofitas se encuentran presentes desde las muestras pertenecientes al nivel CE-2.2a, siendo uno de los registros más diverso de quistes/estomatocistos, abarcando desde formas esféricas a elípticas y ovaladas (**Figura 428**). Como ocurre con el nivel CE-2.2b –también con del de silicofitolitos–, el registro morfológico de este nivel permite utilizarlo –por su amplitud– como repertorio general a comparar con los otros niveles de la estratigrafía de La Cerera.

Pero el hecho de que sea CE-2.2b del primero del que se dispone datación absoluta posterior (330-460 aD), permite sitúa claramente el registro microfósil, también de este tipo, en fechas muy tempranas del desarrollo de la sociedad prehistórica de la zona.

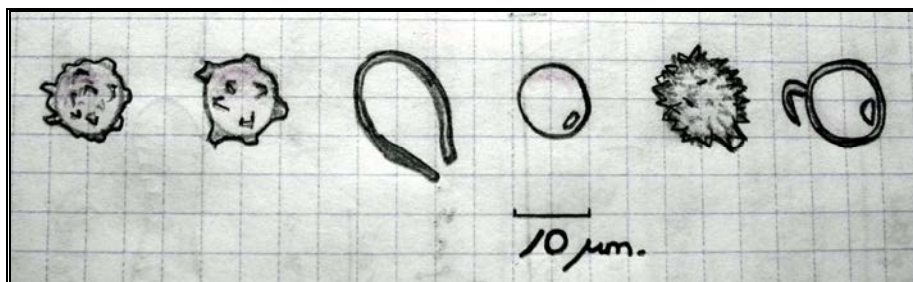
Como en el caso anterior, los quistes se encuentran presentes, en formas y número variables (**Figura 428**), una diversidad que supera a las especies de diatomeas que dejaron sus valvas en el sedimento. Podrían estimarse hasta en 7-8 tipologías de quistes. Las morfologías detectadas son en su mayoría esféricas a subesféricas, con poro o con collar simple a complejo y con superficie completamente lisa o con ornamentación, total o parcial de toda ella.

La definición microscópica a la que estudiaron estos quistes osciló entre 400-600x, lo cual solamente permitió observar algunos de sus rasgos



más distintivos, haciendo necesario posteriores estudios en detalle<sup>90</sup>. Algunos de tales rasgos permiten una primera propuesta de filiación biológica:

**Tipo 1:** Quistes esféricos a subesféricos, lisos, poro aparentemente regular, con collar o sin él. Estas morfologías son de difícil adscripción biológica, ya que son muy comunes en varias especies de crisofitas. De poder compararse con el estomatocisto N°4 propuesto por Vigna (1989) sería una forma madura de *Paraphysomonas* (Stokes) de Saedeleer 1929), entre otros. E igualmente sería similar al descrito, para el mismo género, por Pla (2001), descrito como S001(17), el pH del medio de extracción fue acidófilo (6,66).



**Figura 428**, Dibujos iniciales de algunos de los quistes presentes en CE-2.2b.

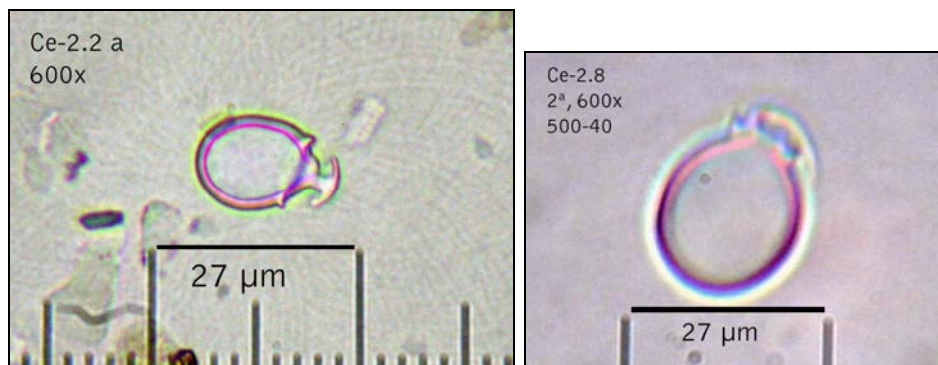
**Tipo 2:** Ovoide, superficie cubierta por espinas, collar cónico u obcónico, similar al descrito por Vigna (1989) como estomatocisto N°6. Aunque la autora plantea sus similitudes con *Uroglena soniaca* (Conrad, 1938) reconoce diferencias en el collar. Con respecto a las tipologías similares descritas por Pla (2001), podría corresponder a varias de ellas, derivado de la baja definición de la observación microscópica disponible. Siguiendo la propuesta de Deflandre (1936; en Cronberg, 1986) podría adscribirse a *Chrysostrumataceae* y dentro de ella al género *Clericia* (Frangelli, 1925 emend. Defl.). En todo caso su filiación biológica es compleja.

**Tipo 3:** Estomatocisto ovoide, superficie lisa, gruesas paredes en corte óptico, collar complejo. En uno de los casos presenta morfología claramente oval, con collar primario y secundario aparentemente cónicos, tamaño aproximado de 30  $\mu\text{m}$ , presenta una prolongación en forma de gancho curvado de pequeño tamaño, de aproximadamente 11  $\mu\text{m}$ . Concuerda con la descripción realizada por Vigna (1989) para varias especies de *Uroglena* Ehremberg, 1835. Según la autora serían especies tolerantes a aguas frías, litorales, de zonas costeras con vegetación, con tolerancia a un amplio rango de pH, también en aguas alcalinas (**Figura 429** Drcha.).

Respecto a la similitud de los parámetros descritos para con la publicación de Pla (2001), este autor igualmente plantea una afinidad biológica desconocida, aunque cita que varias especies de *Uroglena* (varios autores) producen quistes con similares proyecciones en forma de gancho. Comenta que quistes con estas características han sido ampliamente observados en pozas poco profundas del Ártico (Duff et al. 1992), pozas alpinas y lagos de regiones templadas (Rull, 1986; Duff et al., 1992), siendo altamente

<sup>90</sup> Como ya indica Pla (2001) existe dificultades para clasificar el tipo de poro empleando únicamente el microscopio óptico.

tolerables en rangos de pH y comunes en situaciones alcalinas. Su presencia en CE-2.8 obviamente presenta amplios interrogantes.



**Figura 429**, Dos tipologías de quistes de crisofitas, pertenecientes al nivel más antiguo (CE-2.2a, Izqda.) y más reciente muestreado (CE-2.8, Drcha.), 600x

Dentro del Tipo 3, observamos una tipología de quiste no localizado en la bibliografía, ovalado, collar complejo con prolongación que se abre hacia ambos lados de la zona del collar y que podría ser igualmente una variedad dentro del género *Uroglena*. Su tamaño ronda 20 µm y el ancho de su prolongación  $\pm 7$  µm (Figura 429 Izqda.).

Tal y como se comenta en varios apartados de esta Tesis, las concentraciones de quistes/estomatocistos en los sedimentos adquieren un protagonismo propio, que unido al factor cualitativo lo confirman aun más. Los futuros estudios al respecto deberán atender a la variabilidad presentada y dado que las concentraciones ya son significativas, en especial a la diferenciación de especies en un entorno arqueológico del que poco se ha planteado a nivel paleoambiental, y para lo cual la flora de crisofitas parece presentar alto potencial. Constituyen buen ejemplo de ello las significativas concentraciones en algunos puntos así como su manifiesta variación en los distintos niveles del corte 2.

Sumado a ello, la detección de especies como las que hemos descrito como Tipo 3, no sólo pueden encontrarse en las fuentes bibliográficas especializadas sino que concuerdan con el esquema observado en las muestras de referencia, tomadas en puntos húmedos. Efectivamente, en los sedimentos de las pozas del Barranco de El Riachuelo (Las Cañadas del Teide) se localizaron morfologías semejantes, en sedimentos de pozas situadas a algo más de 2.000 metros. Los aspectos cuantitativos, ya de por sí relevantes en los registros de microfósiles de La Cerera, poseen un paralelismo cualitativo en el que, a pesar de deberse ampliar, ya ha ofrece parámetros como para formular hipótesis de contenido paleoambiental y arqueobotánico.

Hasta ese momento, además de las lecturas ya formuladas en el capítulo de caracterización parcial de sedimentos arqueológicos, habría que tomar en consideración aspectos como que las crisofitas se entienden, a nivel limnológico, como más abundantes antes de la eutrofización cultural en cuencas lacustres (Stoermer *et al.*, 1999), coincidiendo su disminución, e incluso desaparición, con episodios de fuerte polución (Yang *et al.*, 1993). De forma similar se interpreta el declinar de la flora de crisofitas en sedimentos

recientes del Mar Báltico, como consecuencia directa de la eutrofización del medio (Risberg, 1990). No podemos, por tanto, orientar las lecturas sobre su presencia y cambios en el tiempo arqueológico de La Cerera hacia una cuestión puramente paleoambiental, sino hacia la posición en la que se perciben como consecuencia de un proceso de modificación del entorno, al menos en lo que atañe a su disminución según niveles y épocas. Aunque tampoco podamos abstraernos de considerar que, también a nivel cualitativo, la filiación biológica de los quistes detectados pueda indicarnos que, al menos de forma combinada, se produjeron cambios ambientales cuya repercusión en las actividades antrópicas de La Cerera aun deben definirse con mayor precisión, haciendo intervenir la cuestión paleoambiental, tal y como esta parte del registro microfósil evidencia.

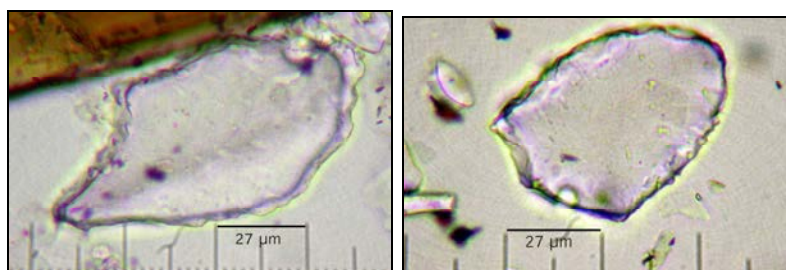
**Células largas de sección circular y ornamentación de puntuaciones circulares (*cylindroid long cell with circular bordered pits*).**

Se trata de morfologías asociadas a elementos traqueales (traqueidas) de los tejidos leñosos de gimnospermas como el género *Pinus* sp., con alta posibilidad de ser *P. canariensis*. Por el momento su concentración no ha sido cuantificada, pero de forma preliminar no es alta.

**Particularidades del registro de CE-2.2b**

**Silicofitolitos de células buliformes.**

Presente de nuevo, como en CE-2.2b células buliformes cuneiformes con morfología *Arc:Triangle* claramente distinguible (**Figuras 430**). Su presencia es de forma aislada pero evidente en el conjunto de silicificaciones y perfectamente contrastable en la fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$ , comprobación que confirma igualmente como se erigen como células fitolíticas de mayor tamaño, al menos de forma individual ya que pueden ser superadas sus dimensiones por secciones completas silicificadas (esqueletos silíceos) provenientes tanto de las hojas como de los tallos de otras especies de gramíneas (*Poaceae*).

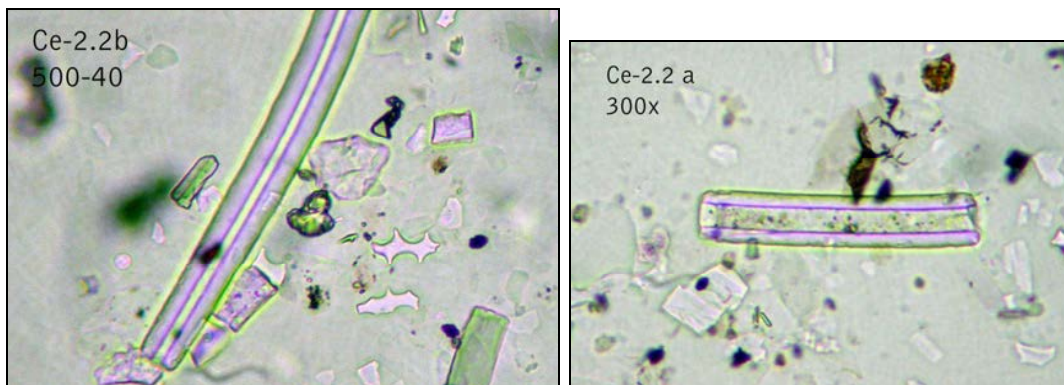


**Figuras 430**, células buliformes en CE-2.2b. 600x

**Espículas de esponjas.**

Se trata de un tipo microfósil escaso pero presente de forma desigual en toda la secuencia estratigráfica. Como ocurre con el resto de microfósiles de ambiente acuático u altamente húmedo, su presencia en todo caso hace referencia expresa a la existencia de condiciones hídricas afectando, directa o indirectamente, al sedimento arqueológico. Su presentación siempre es mediante fragmentos aislados (**Figuras 431-432**), donde pueden identificarse algunos tipos de estructuración y ornamentación que permiten plantear la

presencia de varias especies o bien de multiplicidad entre las mismas, siempre dentro de la demoesponjas o esponjas de espículas altamente silicificadas.



**Figuras 431 y 432**, Fragmento de espículas silíceas. Figura...Posible fragmento de espícula, o de tricoma *Poaceae*. 300x.

También son fundamentales en su identificación como fragmentos de espículas, caracteres como la simetría de su canal interno y el grosor de sus paredes silicificadas, que varían no obstante en espesor. Por lo general presentan escasa curvatura, lo que permite diferenciarlas con otros microfósiles de similares características, como podrían ser algunos tipos de tricomas del tipo *Moraceae*. El grosor de las paredes es otro parámetro que las distingue, y que igualmente puede propiciar el incurrir en error a la hora de clasificarlas. Una serie de gramíneas, además de las ya citadas especies de moráceas, pueden aportar fragmentos cuyas paredes silicificadas pueden presentar igualmente varias micras de espesor (**Figura 431**). Por lo general las paredes de las espículas suelen ser más gruesas que estos últimos, adquiriendo más una forma de estrecho canal interno que de zona hueca entre ambas paredes.

Las espículas de esponjas hacen referencia expresa a un tipo de silicificaciones fósiles que confirma la presencia de condiciones hídricas y estabilidad del sustrato como para permitir el desarrollo de demoesponjas, muy probablemente de tipo rocoso, tanto de tipo natural (paredes de cueva, fragmentos) como antrópico (bloques de muros). No obstante, en la naturaleza no suelen localizarse sustratos que los contengan en altas concentraciones. Por el momento solamente los hemos localizado de forma concentrada (mediante *training sets*) en muestras pertenecientes a zonas inundadas, bajo influencia mareal (marismas), donde aparecen como uno de los microfósiles (animales en este caso) más representado<sup>91</sup>. En otros casos,

<sup>91</sup> En concreto han sido localizadas en el sedimento acuático de la ría de Villaviciosa (Asturias), muestreado con marea alta, a unos 30 cm. de profundidad, en la zona de bancos arenosos que quedan prácticamente al descubierto durante la marea baja. En este contexto, el conjunto microfósil más abundante corresponde a las citadas espículas de esponjas, que presentan varias morfologías, ornamentaciones y espesores en las paredes que las conforman. Y donde igualmente cabe citar, a nivel arqueológico, la presencia de microcarbones y la ausencia de otros microfósiles, de los cuales se pensaba encontrar un, sino nutrido, sí evidente registro, como valvas de diatomeas y

también más polarizados a nivel medioambiental, se localizan fragmentos similares (pero con acusadas diferencias de ornamentación y grosor de la pared silicificada) en sedimentos de Las Cañadas del Teide, en este caso asociados a puntos con presencia de agua en forma de goteros<sup>92</sup>.

La lectura del registro de espículas abre aquí un mayor interrogante que con otros tipos de microfósiles, al menos los de base silíceo. En todo caso ante la contrastación experimental, pero sobre todo proveniente del enfoque *multiproxy* y las otras localizaciones del conjunto muestral, se confirma que las espículas representan un medio donde el agua ha generado condiciones propicias para su desarrollo, aunque estas fueran de tipo de goteros.

Pero si la anterior es la lectura paleoambiental más lógica, no puede descartarse una alternativa que involucra aspectos arqueobotánicos concretos, como la llegada de espículas desde los espacios lagunares situados ladera abajo del yacimiento de La Cerera. Entonces su presencia se relacionaría con la explotación de tales espacios, de donde sin duda (a falta de comprobación del cercano medio costero) procedían tejidos vegetales pertenecientes a gramíneas (*Poaceae*) de la subfamilia *Arundinoideae* y concretamente de la especie *Phragmites australis* sp. Este particular, como otras lecturas anteriores ya asociadas a vegetación y ambiente hidrófilo, no hacen sino corroborar y correlacionar evidencias paleoambientales con explotación prehistórica del medio acuático. No sabemos, en función de la baja concentración de células buliformes detectadas, siempre similar aunque con ligeros incrementos con respecto a suelos anegados de carrizal, porqué se introdujeron tejidos foliares de carrizo (*Phragmites australis*) pero la certeza de esta acción es muy elevada. Una práctica de recolección vegetal, vinculada a requisitos económico-sociales concretos y estrechos vínculos con una especie tan específica como sumamente emblemática en la Prehistoria de Gran Canaria, es aquí la lectura que proponemos en segundo lugar ante la evidencia de microfósiles muy vinculados a la humedad de sustratos naturales, pero en La Cerera también en sedimentos de ocupación antrópica.

#### **Particularidades del nivel CE-2.2 C**

Algunas de las diferencias de este nivel, con respecto a los anteriores, vienen dadas por varios tipos de microfósiles que conviene destacar.

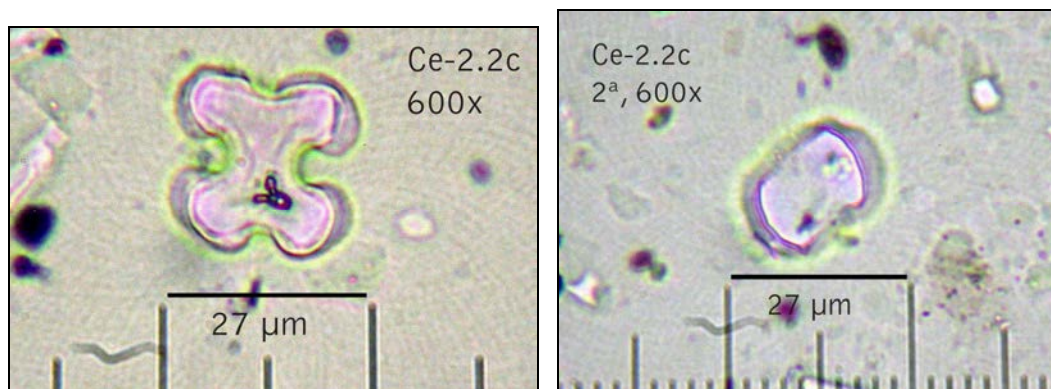
#### **Fitolitos de células cortas bilobuladas y tipo *chloridoideae*.**

De tipo bilobulado y trapecoidal cónica se encuentran representadas por igual en este nivel (**Figuras 433-444**), haciendo referencia a gramíneas de la subfamilia *Panicoideae* y *Choridoideae*.

---

quistes de crisofitas. Para más información puede consultarse el capítulo referente a los resultados en Puntos Húmedos Continentales (Resultados 5-V).

<sup>92</sup> En un medio caracterizado por la sequedad ambiental y práctica ausencia de suelos, donde del soporte rocoso surge un mínimo gotero, que se deposita en un sustrato no menos peculiar, más o menos a un metro más abajo, son de naturaleza lítica (pumitas y escorias).



**Figura 433** (Izqda.), Fitolito de célula corta en forma de cruz (*cross*, ICPN 1.0). **Figura 434** (Drcha.), Fitolito de célula corta trapezoidal cónico (o tb. tipo *saddle*) en vista polar. Ambas 600x.

#### Fitolitos de células buliformes cuneiformes

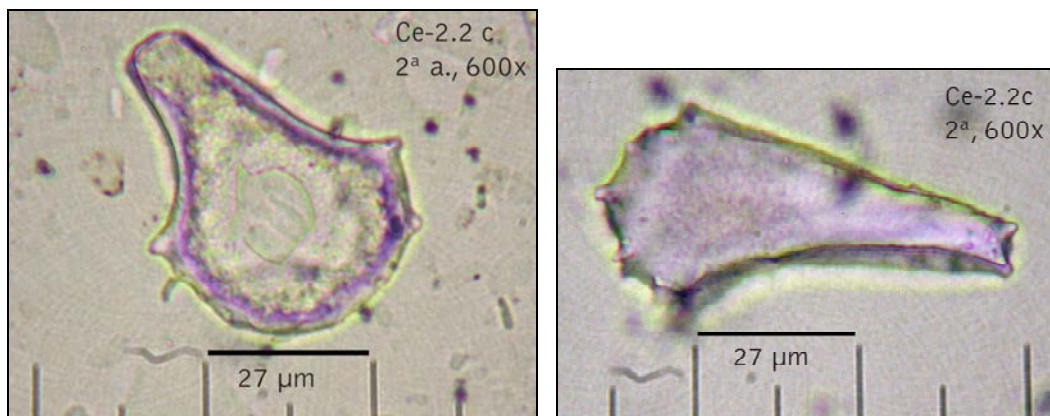
En el nivel CE-2.2c presentan morfologías que no responden a las ya propuestas para *Phragmites australis*, presentando acusadas diferencias en sus ejes de simetría (**Figuras 435-436**). Un hecho ya puesto en evidencia por el análisis estadístico preliminar llevado a cabo con un conjunto de células similares de La Cerera, así como con otras de procedencias dispares<sup>93</sup>.

Los fitolitos de células cortas tipo *saddle* detectados en CE-2.2c pueden hacer tanto referencia a gramíneas *Chloridoideae* como *Arundinoideae*, pero el hecho de detectar otras morfologías que hacen referencia a ésta última subfamilia —en base a células buliformes similares a las de *P. australis*— podría decantarnos hacia esta última opción.

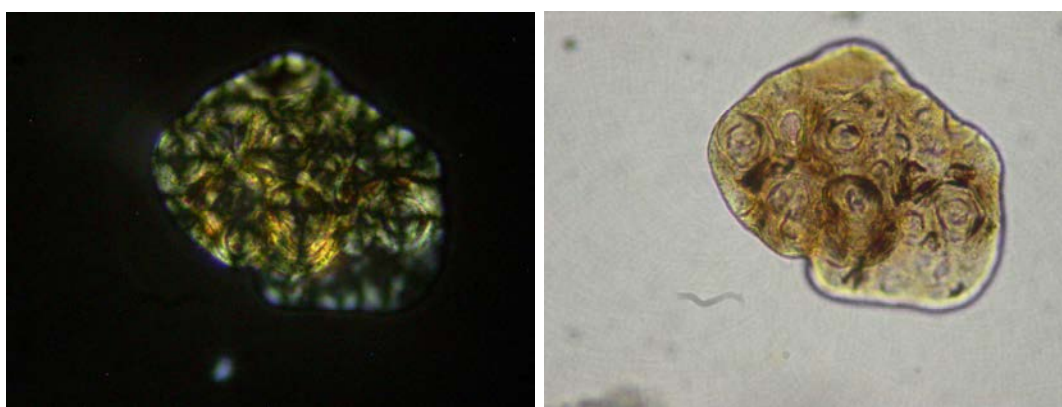
#### Agregados amiláceo-arcillosos o de esferulitas.

Obviamente conviene plantear que uno u otro no representan la misma interpretación microarqueológica dado que su naturaleza tampoco lo es. La mayoría de los casos detectados, de similares características, parecen corresponderse más a la primera opción (**Figuras 437-438**). Sin embargo, la extrema variabilidad que presentan induce a la confusión. Por el momento, optamos por plantear por una conjunción de gránulos de almidón unidos en una matriz más o menos arcillosa. También podría plantearse que tales almidones han sufrido un leve proceso de gelatinización y por ello, en unión de las altas concentraciones de arcilla existentes en el sedimento de La Cerera habría colaborado en presentar tales formas, que en la mayoría de las ocasiones presenta un contorno liso, poco abrupto, que podría representar una cierta erosión intersedimentaria.

<sup>93</sup> Ver en Capítulo Resultados 5-II.



**Figuras 435 y 436**, Extrema variabilidad dentro de la morfología de fitolitos de células buliformes cuneiformes. Ambas 600x.



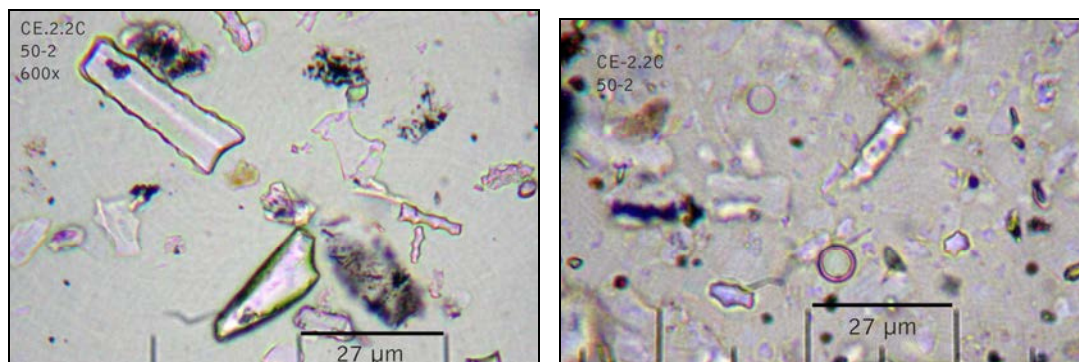
**Figuras 437-438**, Agregado amiláceo-arcilloso o con otros componentes biológicos de base carbonatada, bajo luz polarizada (Izqda.) y normal (Drcha.), fotografiados a 600x.

#### Relación entre fitolitos *Poaceae* y microalgas.

En el nivel CE-2.2c vuelven a relacionar estrechamente los signos inequívocos de condiciones húmedas y el aporte de fitolitos propios de gramíneas cultivadas (**Figuras 439-440**). Son aquí comunes las células largas trapezoidales, los apéndices epidérmicos de gramíneas, las células equinadas y los quistes de crisofitas. En una conjunción que, de nuevo, plantean la llegada al sedimento de microfósiles propios del cultivo de cereales con los que hacen referencia a condiciones hídricas del sustrato, aunque sea de forma periódica.

#### Indicios de disolución de SiO<sub>2</sub>.

Los niveles CE-2.2c junto con CE-2.5 y CE-2.8 son aquellos donde el registro de fitolitos se ve claramente afectado por procesos de disolución de SiO<sub>2</sub>, un aspecto ya abordado con motivo del análisis de la matriz sedimentaria que los contiene. La afectación puede llegar a ser muy intensa, desdibujando incluso los rasgos morfométricos que permiten adscribir una determinada morfología a un grupo concreto. En otros casos, como ocurre con las células cortas *Poaceae*, se observan hoyuelos y depresiones que afectan sólo a una parte de los fitolitos.



**Figuras 439-440**, Registro de fitolitos Poaceae (Izqda.) y quistes de crisofitas (Drcha.) en CE-2.2c. Ambas 600x.

#### Fitolitos de células largas y sección triangular.

Una de las morfologías que han podido ser detectadas en posición articulada primaria son las correspondientes a elementos silicificados de tendencia alargada y sección triangular, superficie pulida o con perforaciones circulares (Figura 441). Pero en la mayoría de los casos se detectan sus fragmentos, de tamaño variable (Figura 442).



**Figura 441-442**, Elementos que responden a los presentes en el rizoma de *Pteridium aquilinum*. Ambas 600x.

Estas morfologías responden a las existentes en los tejidos del rizoma de *Pteridium aquilinum*, o en todo caso a un pteridofito muy similar. La lectura sobre su presencia puede, como ocurre con otros aspectos de compleja verificación paralela, responder a dos signos diferentes, uno de corte económico uno y otro de tipo paleoambiental. Dado que no se observan fitolitos propios de los frondes, y solamente del rizoma, hay que plantearse tanto una como otra interpretación. Y en concreto conociendo a la profundidad que suelen desarrollarse esta parte de la planta (hasta 50 cm.), cabría preguntarse si no estamos ante una “intromisión” de helechos más o menos modernos en el sustrato sedimentario. Teniendo en cuenta tal planteamiento, podemos además plantear que su presencia en el registro arqueológico puede además trascender al ámbito paleo-etnobotánico, es decir



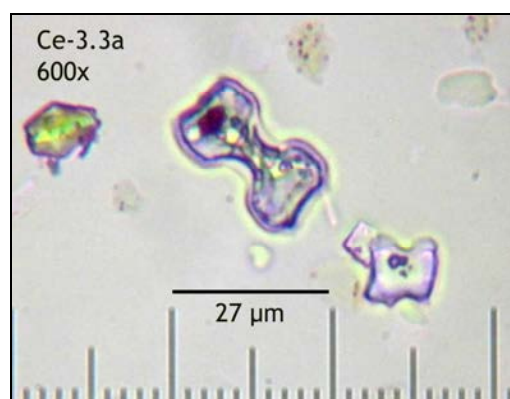
entendiendo que tejidos de rizomas de *P. aquilinum* llegaron, por causas antrópicas vinculadas a la alimentación, al sedimento junto con otros pertenecientes a otras especies vegetales empleadas, entre otros fines, también con el alimenticio.

### Particularidades en el registro de CE-2.5

Se trata de un nivel sobre el que se dispone de una datación absoluta, situada entre los siglos VII-VIII d.C. (Criado & Hansen, 2009). Constituido por un paquete sedimentario situado entre dos niveles con apreciables muestras de derrumbe del techo de la cueva

Con este nivel coincidiría, en situación estratigráfica, el nivel CE-3.3a del Corte 3. Cabe por ello analizar aquél para comprobar si se corresponde a nivel microfósil con CE-2.5.

En dicho nivel CE-3.3a, una de las morfologías que conviene resaltar, por su importancia paleoambiental, es también la de los fitolitos de células cortas bilobuladas/bilobadas (*bilobate short cell*, ICPN 1.0) que aunque suelen representar a gramíneas de la subfamilia *Panicoideae*, igualmente están presentes en otras especies que, como ocurre con *Arundo donax*, pertenecen a la subfamilia *Arundinoideae* (Figura 443).



**Figura 443**, Fitolitos de células bilobuladas.

### Particularidades en el registro de CE-2.8

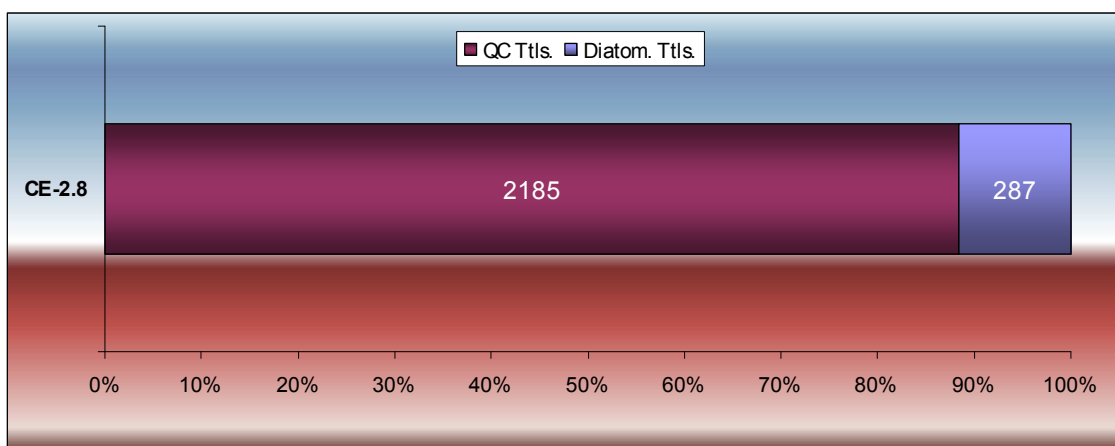
El nivel más reciente del Perfil 2 revela un registro microscópico no menos diverso que los anteriores, en el que abundan los quistes de crisofitas, los silicofitolitos de gran tamaño y formas alargadas, las células buliformes, cortas, y varios tipos de algas diatomeas. En buena parte de ese registro se observan síntomas avanzados de disolución del  $\text{SiO}_2$ <sup>94</sup> (Figura 444), que afectan, en algunos casos gravemente, a silicofitolitos y microalgas, apreciándose incluso en algunos de los quistes de crisofitas, lo cual es observado por primera vez.

De nuevo, en este nivel, se aprecia la conjunción de silicofitolitos con microalgas, donde especialmente destacan los quistes de crisofitas de variada

<sup>94</sup> Proceso muy patente incluso entre los silicofitolitos de los sedimentos y residuos de molturación analizados y correspondientes a niveles superiores. Este indicativo supone un aspecto paleoambiental más que debe ser tenido en cuenta, que debe asociarse a la basicidad del suelo y más que probable acción de circulación hídrica.

morfología y ornamentación. En algunos de ellos se aprecian signos inequívocos de disolución del sílice amorfo, por pH básico extremo, y la más que probable conjunción de circulación hídrica en el sustrato, aunque se trata de un proceso que parece afectar a microfósiles de mayor tamaño y densidad. El cuantitativo de microalgas totales confirma una amplia dominancia de los quistes de crisofitas frente a las algas diatomeas en CE-2.8, cuyos frústulos se presentan de forma fragmentada en la mayoría de los casos.

La aplicación del Índice de Smol (1985) indica que los primeros representan el 88,39 %, mientras que las segundas el 11,81 % (**Gráfico 54**). Por el contrario la diversidad morfológica es muy similar entre ambos grupos, situándose en torno a 4-5 tipos. Mientras que los quistes presentan morfologías muy diversas que oscilan entre los de tipo esférico (**Figura 446**), ovalado (**Figura 445**) y elíptico, las diatomeas presentan únicamente formas de simetría bilateral, aunque tanto de tipo bicapitado como sin esa particularidad, con un rango de tallas que no superan las 50  $\mu\text{m}$ <sup>95</sup>. De las tres posibles especies detectadas, una de ellas puede asociarse al género *Hantzschia* sp. y propuesta para la especie *H. amphyoxis*

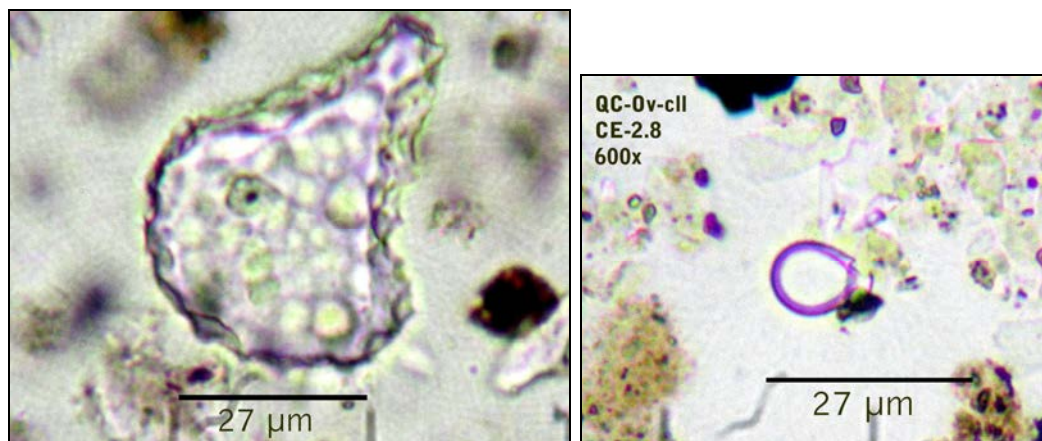


**Gráfico 54**, Cuantitativo de microalgas en CE-2.8 por pm 2x2.

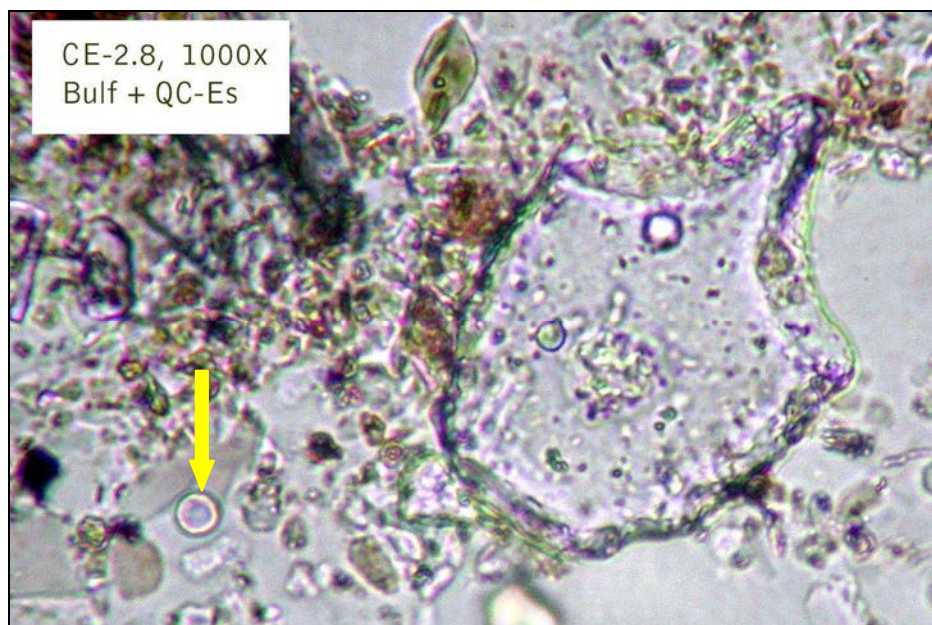
Las células buliformes presentes en CE-2.8 experimentan variaciones morfométricas apreciables con respecto a las de otros niveles. En uno de estas se comprueba un eje de simetría A>B..?, manteniéndose, no obstante, dentro del repertorio de formas insertas dentro del género *Phragmites* sp.

El grupo de las palmáceas se encuentra bien representado en CE-2.8, mostrando abundantes ejemplos de fitolitos globulares con ornamentación de picos. Las notables diferencias entre sus diámetros sugieren que proceden tanto de las hojas de palmeras como de sus troncos, no descartando igualmente la de frutos. Este último aspecto viene dado por la detección de formas globulares inmaduras que ya han sido detectadas en los residuos experimentales de *Phoenix canariensis*.

<sup>95</sup> La comprobación realizada en la fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$  confirma la ausencia de diatomeas en la misma.



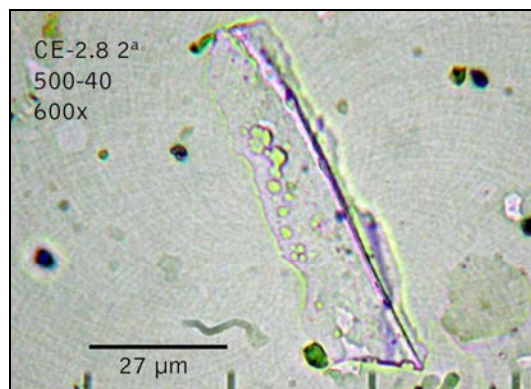
**Figura 444** (Izqda.), Célula buliforme afectada por disolución de  $\text{SiO}_2$  en CE-2.8. **Figura 445** (drcha.), Quiste ovalado de crisofita en buen estado de conservación. Ambas a 600x. J.A.



**Figura 446**, Quiste de resistencia de alga crisofita (amarillo) y célula buliforme cuneiforme.

En este nivel han sido igualmente identificados elementos silicificados de morfología alargada, sección triangular y superficie lisa (*elongate psilate and triangular section long cells phytoliths*) similares a los detectados en el rizoma de *Pteridium aquilinum*. Su estado de preservación es bueno<sup>96</sup>, aunque con un grado de fragmentación ligeramente superior al observado en las muestras de referencia (**Figura 447**).

<sup>96</sup> Ausencia de procesos de disolución y fragmentación tales como para no permitir identificar el parámetro de forma y estructura de la misma.



**Figura 447**, Elemento silicificado que puede atribuirse al existente en el rizoma de *P. aquilinum*, 600x.

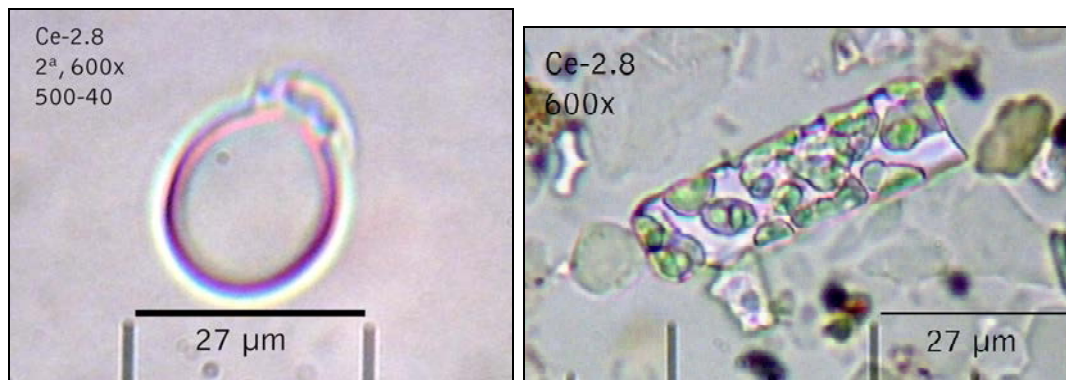
### Microalgas: lecturas generales sobre el registro de diatomeas y crisofitas.

La presencia de microalgas, desde el nivel Ce-2.2 a, confirma la existencia de condiciones húmedas del sustrato arqueológico como para permitir el desarrollo de ambas, así como cambios en el nivel trófico de los sedimentos como para fomentar la producción de quistes de resistencia de algas crisofitas. Cambios que son apreciables entre el nivel Ce-2.2 a, tomado como punto de partida en el estudio microfósil estratigráfico, y el siguiente nivel Ce-2.2 b —donde existe constancia clara de actividad antrópica—. El incremento de restos de microalgas entre ambas es patente y sin duda puede ponerse en relación con un proceso de eutrofización potenciado por el aporte de agua y nutrientes al sedimento, aunque —como apuntan los estudios geomorfológicos realizados por Criado & Hansen (2009)— puede existir la posibilidad de que las valoraciones realizadas, sobre los conjuntos microfósiles detectados, asuman que parte de los mecanismos tafonómicos que parecen afectar a los sedimentos arqueológicos —a propósito de aportes desde el exterior de la cueva— también la hayan hecho con dichos conjuntos microfósiles (**Figura 449**).

El estado de conservación de ambos tipos de microalgas es diferencial, siendo especialmente apto para realizar cálculos por individuos aislados el de quistes de crisofitas, que por lo general resulta fácil de detectar y se encuentra, en su casi totalidad, sin fragmentar. Si nos atenemos al dinamismo de los procesos postdeposicionales y posibles efectos adversos de los tratamientos de laboratorio en la integridad de dicho registro —y a tenor de las observaciones realizadas—, los quistes de crisofitas son los de más alto valor microarqueológico, extrapolando a ese campo la que ya presentan a nivel micropaleontológico<sup>97</sup> (Pla, 2001; Vigna, 1989; entre otros). Por el contrario, tal y como se desprende del trabajo de Pla (2001) resulta complejo realizar estimaciones micromorfológicas precisas —con fines de sistemática de clasificación—, empleando únicamente el microscopio óptico. Los quistes detectados presentan un rango dimensional situado entre 7,36 μm para los morfotipos esféricos sin collar, y un máximo que parece situarse en 11,5-12 μm. Las morfologías más complejas, en especial las que presentan morfología

<sup>97</sup> Dra. M<sup>a</sup>.A. Bárcena (USAL), 2005, Com. Pers.

ovalada y elipsoidal con prolongaciones en forma de collar complejo o forma de gancho incurvado (garfio) hacia uno de los lados, presentan aquí dimensiones algo superiores, llegando a alcanzar –incluyendo dichas prolongaciones en su eje longitudinal máximo– entre 19,28 y 29  $\mu\text{m}$ , pareciendo esta última medida el máximo de los quistes observados (**Figura 448**).



**Figura 448** (Izqda.), Quiste de crisofita con prolongación en forma de gancho y collar complejo. **Figura 449** (Dcha.), Fitolito afectado por fuerte proceso de disolución de  $\text{SiO}_2$ . Ambas en nivel CE.2.8 y 600x.

#### Diatomeas.

Desde el nivel CE-2.2a se observa la presencia de al menos 6 tipos de valvas de diatomeas que pueden corresponder a otras tantas especies de las mismas. La mayoría de ellas son de simetría bilateral (o pennadas), salvo dos de ellas que son de simetría central (o céntricas). En este último caso debe hablarse de indicios, con muy escasas valvas completas aisladas. Igualmente se detectan dos tipos, de los que uno corresponde casi con seguridad al género *Aulacoseira* sp., mientras que otro podría serlo de *Navicula* sp. (del tipo *N. hungarica*, Hartley, 1996). Mientras que el primer caso hablamos de una especie dulceacuícola (propia de medios oligotróficos) en el segundo podríamos estar ante una evidencia aislada de diatomea propia de ambiente frío (**Figura 451**).

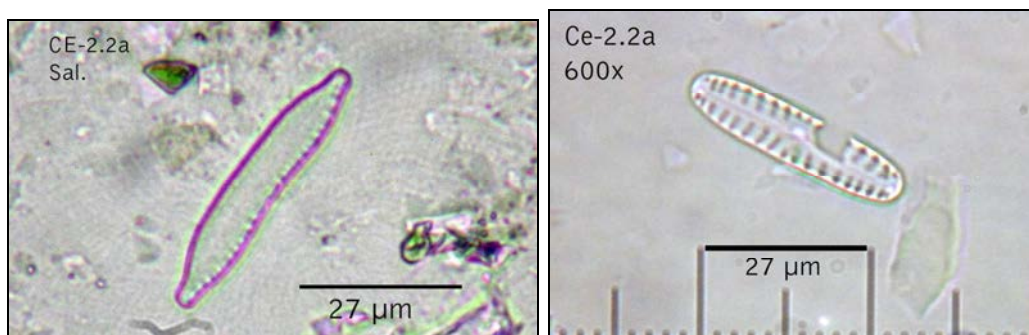
Las valvas de simetría bilateral responden a varios géneros de las cuales con seguridad una es de carácter continental como *Hantzschia* sp. (con alta probabilidad de ser *H. amphioxys* (Enremberg) Grunov, 1880) es de las de mayor seguridad del registro, en los otros casos también aparecen algunos rasgos taxonómicos pero no tan claros como en este caso. Se trata de un taxón que algunos autores consideran serófilo, común en ambientes subaéreos como suelos húmedos (Round *et al.*, 1990) pero al que otros autores consideran perifítica, es decir desarrollada en el fondo de masas de agua y/o en objetos sumergidos, fijos a los mismos o no (Ehrlich, 1995). Según Ehrlich (1995) *H. amphioxys* es una especie alcalinófila, algunas veces indicada como aerófila, pero a la que siempre es mejor describir como perifítica en contextos hídricos. En esa misma obra se cita como presente en ríos del Golán y en costras del desierto del Negev.

Otra morfología detectada, también de simetría bilateral, presenta a diferencia de *H. amphioxys*, bordes lisos y rafe central bien marcado, nódulos

centrales y estrías anchas, que podría adscribirse al género *Navicula*. Con respecto al género anterior se trata de valvas menos frecuentes.

#### Relación entre Quistes de crisofitas y Valvas de diatomeas.

El estudio cuantitativo de la relación entre ambos tipos de microfósiles ha sido considerando dos aspectos, el primero de ellos en cuanto a la relación existente entre quistes y valvas de diatomeas en la estimación porcentual desde la suma de ambos (Índice de Smol, 1985), y el segundo en el cuantitativo total, por preparación, de unos y otros.



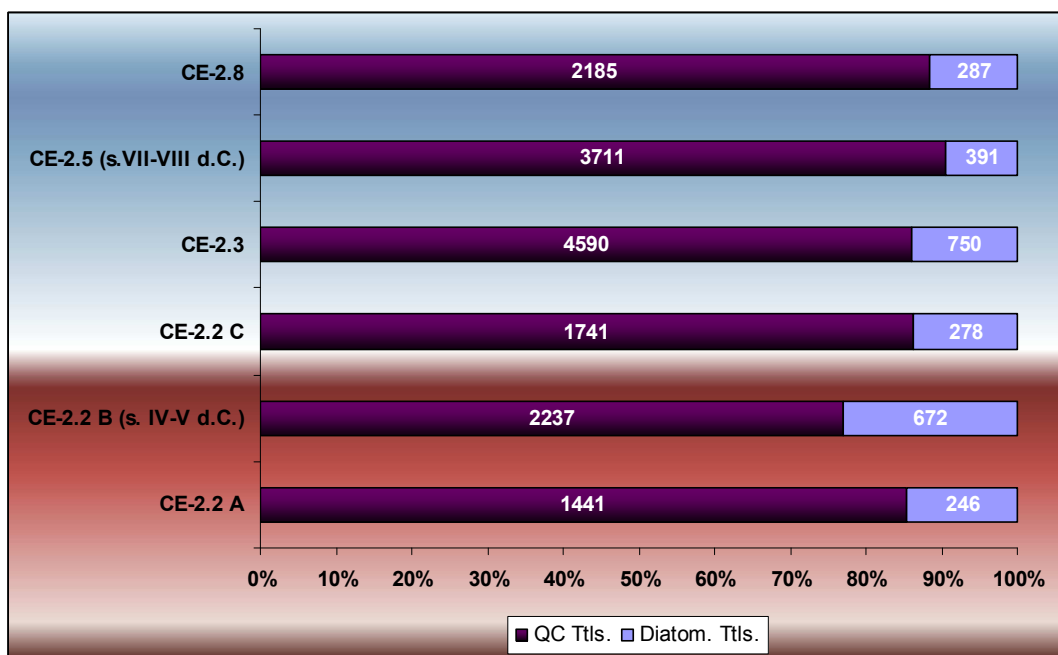
**Figuras 450**, Valva de la diatomea más representada en los sedimentos de La Cerera (Izqda.) y posiblemente correspondiente a la especie *Hantzschia amphioxys*. **Figura 451** (Drcha.), Diatomea del género *Navicula* sp. presente de forma menos común en La Cerera. Ambas 600x.

En función de la primera estimación, se observa un claro predominio de los quistes sobre las valvas de diatomeas, que se mantiene a lo largo de toda la secuencia estratigráfica (**Gráfico 56**). Efectivamente puede detectarse que en los primeros el porcentaje de frecuencia oscila —salvo en el nivel CE-2.2 b— siempre por encima del 80%, llegando incluso al 90% en CE-2.5. Por el contrario las valvas de diatomeas oscilan entre el 10% y algo más del 20%. Puede entenderse que esta relación no sólo es desigual sino muy desigual, aunque debe destacarse en ella que los porcentajes de unos y otros mantiene cierta diacronía porcentual, en concreto en el nivel CE-2.2 b, donde se obtiene el porcentaje más bajo del recuento de quistes de crisofitas (76,90%) y por el contrario el más alto de las valvas de diatomeas (23,10%).

No obstante, estos datos confirman una tendencia muy constante entre ambos grupos, resultando sintomático observar que, a pesar de oscilar las concentraciones de unos y otros, el índice entre ambos tipos de microalgas (Índice de Smol, 1985) se mantiene siempre dentro de unas diferencias similares, en toda la secuencia sedimentaria (**Gráfico 55**). Podríamos afirmar que existe un patrón en la producción de microalgas que se mantiene casi inalterable en la secuencia, ya que a medida que aumentan o disminuyen los quistes las diatomeas mantienen su crecimiento dentro de igual relación.

Sin embargo, el estudio cuantitativo de ambos refleja que dicha paridad no es tan cierta, reflejando una gran oscilación de la concentración de quistes desde el nivel CE-2.3 que disminuye algo en CE-2.5, manteniéndose posteriormente (CE-2.8) dentro de la tónica de los niveles más bajos (CE-2.2 c, CE-2.2 b, CE-2.2 a). El incremento de los quistes en CE-2.3 no tiene reflejo

en el de valvas diatomeas, que casi no modifican sus valores promedios algo superiores a 500 valvas por preparación (1000  $\mu$ l).



**Gráfico 55**, Estimación cuantitativa y porcentual del ratio de quistes de crisofitas y valvas de diatomeas (*Índice de Smol*, 1985) aplicado al cuantitativo de microalgas en la secuencia CE-2.2a–CE-2.8., por cada 1000  $\mu$ l de muestra de suspensión.

En una primera inferencia, de corte paleoambiental, parece como si las condiciones propias para el desarrollo de diatomeas se mantuvieran constantes durante toda la secuencia sedimentaria, pasando por los momentos más álgidos de la ocupación humana del yacimiento, mientras que los quistes se ven igualmente favorecidos por condiciones muy propicias para el suyo. Lo cual parece corroborar la existencia de condiciones de cierta humedad sedimentaria, que se mantienen en la secuencia de muestras analizadas.

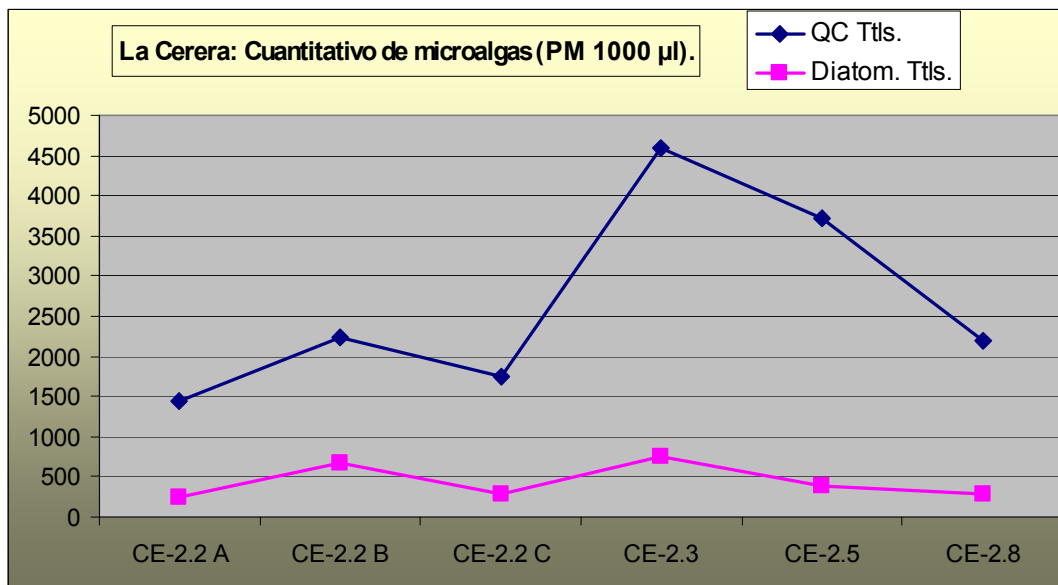
Sin embargo, también podrían hacer referencia a los paquetes edáficos del exterior, ya que si nos atenemos a las lecturas de Criado & Hansen (2009), éstos presentarían condiciones propicias para el desarrollo de microalgas, pero que en un momento dado se intensifican de forma desigual para los dos tipos mencionados. En vista de ello ¿podríamos plantear que la Cerera es afectada por especiales condiciones hídricas que se incrementan únicamente por cambios medioambientales, o que existen variaciones no vinculadas a los mismos, como un aumento inducido de la humedad por causas antrópicas?

#### Relación entre Crisofitas, diatomeas y palmáceas.

Puede decirse que la primera lectura paleoambiental, realizada mediante la presencia de microfósiles de origen vegetal en los niveles arqueológicos de La Cerera, ha sido la que ha permitido observar los cómputos<sup>98</sup> basados en

<sup>98</sup> Para la realización del cómputo de quistes de crisofitas, valvas de diatomeas y fitolitos de palmeras que aparece representado en el **Gráfico 56** se contabilizaron un

quistes de crisofitas, diatomeas y fitolitos propios de palmeras (**Gráfico 56**). Su relación, en términos cuantitativos, constituye uno de los muchos subcapítulos que pueden abordarse tomando como referencia los datos aportados por el registro de microfósiles, en este caso bajo la conjunción de aquellos en principio producto de la acumulación natural en el sedimento arqueológico de La Cerera. Aunque los fitolitos de palmáceas pueden tener relación directa con la presencia humana y actividades asociadas, una lectura –de las muchas que pueden hilvanarse– podría ser que la palmera/s es/son de esos organismos/formaciones vegetales nativos cuya utilización pudo



**Gráfico 56**, Cuantitativo microalgas (diatomeas + quistes de crisofitas) en sedimentos de La Cerera. Al contrario que lo mostrado con la aplicación del Índice de Smol (**Gráfico 53**) la aparente paridad entre los porcentajes entre quistes y valvas de diatomeas en la secuencia estratigráfica no es tal, al menos cuando se observa la curva acumulada de resultados totales por preparación microscópica (1000 µl desde 40 ml de muestra en suspensión).

modificarse en el tiempo y el espacio, pero que probablemente fue testigo –no estático en el tiempo y espacio– de la llegada de los primeros pobladores a las Islas, también a Gran Canaria y también a Arucas. Se trata, desde nuestra perspectiva, de un vegetal de amplia trascendencia, no sólo a nivel etnoarqueológico sino especialmente como marcador de unas condiciones

---

total de algo más de 25.000 ejemplares entre unas y otros, de los cuales surgen las estimaciones representadas. Esta práctica buscaba responder lo más exactamente posible a la concentración real de estos tipos de microfósiles en los niveles sedimentarios de La Cerera. Para ello se llevó a cabo el conteo completo, de los mismos, en 2 preparaciones microscópicas de 2x2 cm, confeccionadas con 500 µl cada una, desde 40 ml. de muestra en suspensión. Se comprobaba con ello, entre otros aspectos, la diferencia de concentraciones entre ambas preparaciones, que resultó ser de un promedio de 6,05 %. Lo cual dado el elevado número de microfósiles contabilizados, puede tomarse como un margen de error aceptablemente bajo.



paleoambientales que sus propias partículas biominerales, en concreto silicofitolitos, sitúan como elemento del paisaje previo al poblamiento aborigen.

Y si nos atenemos a los datos obtenidos, dicha fluctuación no sólo es cierta sino llamativamente sorprendente, especialmente en el tiempo de una misma secuencia estratigráfica. Efectivamente la curva de concentraciones de este tipo de fitolitos se mantiene en niveles bajos desde CE-2.2a hasta CE-2.5, que es cuando experimenta un notable incremento, coincidiendo con un cierto descenso de los quistes de crisofitas. Hasta ese momento, incluso en el nivel CE-2.2a que Criado & Hansen (2009) consideran como pre-arqueológico, los fitolitos de palmeras están presentes. Lamentablemente no disponemos de un perfil edáfico del exterior de la cueva de La Cerera, que sin duda corroboraría la lectura de que en esa zona de Arucas ya existían palmeras, e incluso palmerales dispersos, desarrollándose antes de la llegada de las primeras poblaciones humanas.

Las concentraciones de fitolitos de palmera desde el primer nivel analizado (CE-2.2a) muestran su llegada al sedimento de la cueva de La Cerera de una forma puntual, inferior a los 500 ejemplares. Lo cual puede considerarse un número bajo, si nos atenemos a los resultados obtenidos con el estudio experimental de suelos actuales ocupados por ejemplares de *Phoenix canariensis* (Gráfico 57). O al menos en cuanto a las concentraciones de fitolitos característicos presentes en los primeros centímetros de suelos naturales ocupados por dicha especie. Las características de los muestreos selectivos, el tratamiento realizado a las muestras y el empleo de un único método de cuantificación para todas ellas, parece permitirnos plantear que los resultados obtenidos desde los niveles del Corte 2 de La Cerera, orientan las dos obligadas lecturas de un estudio eminentemente arqueobotánico<sup>99</sup>, indicando la existencia de palmeras en el entorno inmediato del yacimiento como para dejar un registro similar a los existentes en la actualidad en zonas de palmeral del Barranco de Guayedra (también en Gran Canaria) o El Ingenio (La Gomera). Donde se observan concentraciones por debajo de 250 ejemplares<sup>100</sup> frente a los 4.000 ejemplares<sup>101</sup> (como mínimo) detectados en los suelos ajardinados (con desarrollo inducido por *Phoenix canariensis*) tomados como ejemplo<sup>102</sup>.

Por ello la primera lectura de datos arqueológicos de La Cerera, al menos hasta el nivel CE-2.5, donde las concentraciones de fitolitos de palmera ascienden significativamente, parecen corresponder más a la incidencia de una deposición natural que de intervención antrópica, una consecuencia

---

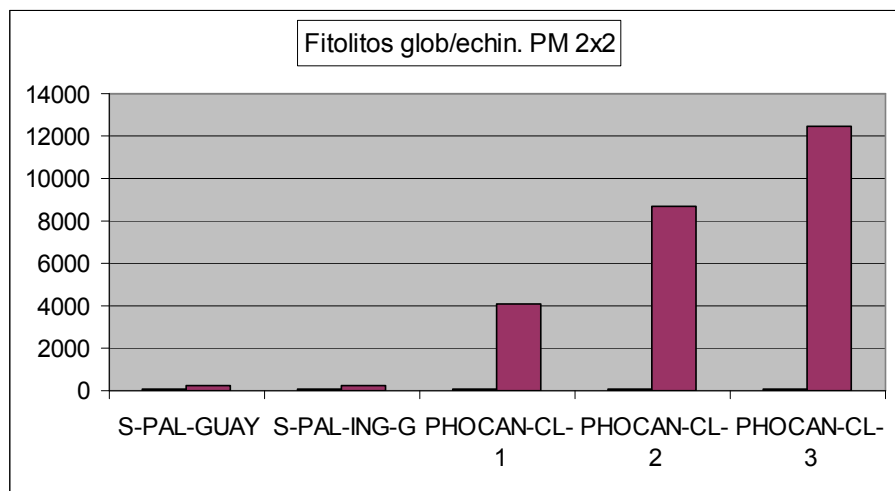
<sup>99</sup> Donde por tanto prima la lectura asociada a la explotación de recursos vegetales que la lectura paleoambiental, sin perjuicio para que desde ésta puedan plantearse lecturas asociadas a dicho carácter.

<sup>100</sup> En preparaciones microscópicas confeccionadas por 1000 µl desde 40 ml de suspensión.

<sup>101</sup> Desde 1000 µl en 40 ml.

<sup>102</sup> Obviamente la extrapolación a la cantidad de muestra inicial (neta sin cementantes ni arcillas) ofrece cálculos por debajo de los 25.000 ejemplares en los palmerales naturales (primeros 5 centímetros) mientras que el caso mínimo de las muestras del Camino Largo (La Laguna, Tenerife) el cómputo supera los 500.000 ejemplares.

directa del aporte de biomineralizaciones del entorno natural al sedimento arqueológico.



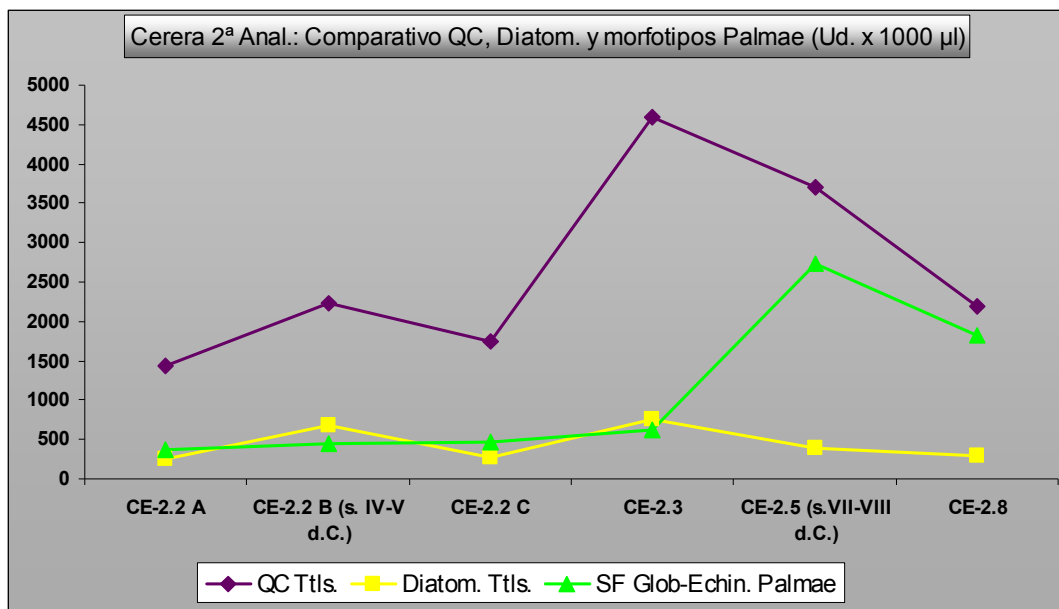
**Gráfico 57**, Comparativo del cuantitativo (1000 µl desde 40 ml) realizado sobre muestras de suelos actuales ocupados por palmeras. J.A.

Si relacionamos dichos datos con las dataciones absolutas disponibles para este mismo corte estratigráfico y empleadas igualmente con fines arqueobotánicos (Morales, 2009), observamos que existen profundas diferencias, en dichos registros, entre las primeras secuencias de ocupación del yacimiento, correspondientes a los siglos IV-V d.C. y las últimas, hacia los siglos VII-VIII d.C.

Hablamos aquí, nos ofrece aquí el trinomio quistes-diatomeas-fitolitos *Palmae*, de una perspectiva o reflejo de parte del medioambiente que contextualizó y se generó a partir de las actividades antrópicas realizadas en esta zona alta de la Vega de Arucas. Quizás sea la lectura sobre las algas diatomeas la que nos sitúa en un plano unidireccional, donde se percibe una manifiesta estabilidad ambiental entre el nivel más antiguo (CE-2.2 a) y el más reciente (CE-2.8). La aplicación del Índice de Smol (relación valvas-quistes) a los cuantitativos de ambas nivel por nivel, ofrece efectivamente la idea de esa estabilidad en la productividad de diatomeas en el sedimento arqueológico del yacimiento. Ese índice nos indica que el mínimo de esa productividad se sitúa en el 9,53% del nivel CE-2.5 y el máximo en 23,10% en el nivel CE-2.2b, pero el promedio, incluyendo el nivel más bajo y el más reciente, no supera el 11,61%.

No podemos en función de estos datos hablar de una alta representatividad del grupo de las microalgas diatomeas en el sedimento, más cuando parte de las mismas se basa, mayoritariamente, en una especie del género *Hantzschia* spp. (posiblemente *amphyoxis*), común en sustratos subaéreos y suelos húmedos. Podríamos plantear eso sí que la presencia de estos organismos señalan la afectación puntual por condiciones húmedas del sustrato arqueológico, sino fuera porque el registro de microalgas crisofitas y en concreto el de sus quistes de resistencia, parece colmar todas las expectativas para permitirnos una interpretación asociada a condiciones de alta humedad, en la secuencia cronológica que refleja el registro microfósil de tales sustratos

arqueológicos. Y es que la presencia de los mencionados quistes constituye – siguiendo con la aplicación del Índice de Smol– un promedio de 88,39 % de los restos de microalgas contabilizados en las preparaciones microscópicas<sup>103</sup>. Los datos son aquí absolutamente esclarecedores, situando el máximo de estas microalgas en 90,47 % (nivel CE-2.5) y un mínimo de 76,90 % (CE-2.2b) (Gráfico 59).



**Gráfico 58**, Curva acumulada de resultados de fitolitos de palmeras en conjunción con quistes de crisofitas y valvas de diatomeas, señalando los niveles con dataciones absolutas. Resultados por 1000 µl de muestra en suspensión.

Lejos de seguir la tónica ofrecida por las diatomeas, los quistes de crisofitas experimentan un ascenso desde CE.2.2c, alcanzando un máximo cercano a 5.000 ejemplares por cada 1000 µl de extracción en CE-2.3, disminuyendo a algo más de 4.000 en CE.2.5 y situándose casi al punto de partida en CE-2.8. Esta situación plantea un comportamiento anómalo, cambiante, donde las lecturas sin duda dejan de ser puramente paleoambientales para ser también arqueobotánicas. Porque el hecho incuestionable de estar ante un sedimento arqueológico, hace prevalecer siempre el segundo planteamiento.

Ante todo ello la situación que reflejan los registros de microalgas debe analizarse con cautela, pero con expectativas arqueobotánicas como paleoambientales, ya que su presencia indica no sólo humedad suficiente para su desarrollo, sino además condiciones cambiantes en el tiempo, que tanto

<sup>103</sup> En las preparaciones finales, donde se ha logrado un grado de calidad óptimo (concentración y dispersión de partículas) como para llevar a cabo todas las observaciones cualitativas y cuantitativas. Como ya se expresó en el apartado de resultados, dichas observaciones se realizaron sobre un volumen fijo de 500 µl extraídos de 40 ml. de muestra en suspensión, por duplicado, permitiendo contar con dos preparaciones de 2x2 cm. que fueron observadas en su totalidad (campos horizontales).

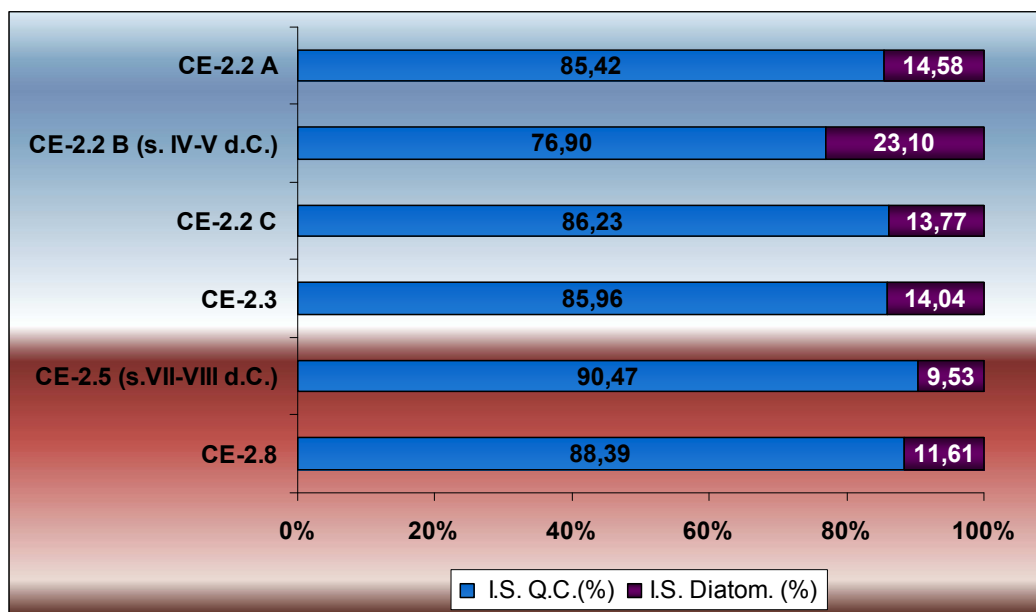
pueden obedecer a cambios paleoambientales como a los propiciados/inducidos por actividad antrópica. Quizás es la introducción del cómputo del registro de fitolitos de palmáceas el que también podría permitirnos establecer una lectura sobre los cambios acaecidos en la secuencia sedimentaria del yacimiento. Y es que existe, al igual que con parte de los microfósiles anteriores, una tendencia que se mantiene desde el nivel base (CE-2.2a) hasta el nivel CE-2.3 de muy escasa –pero cierta– representatividad de los fitolitos de palmeras. Pero dicha tendencia se rompe a partir del nivel CE-2.3, donde se duplica su concentración alcanzando el máximo de la secuencia en CE-2.5, y decreciendo en menos de 1.000 ejemplares en CE-2.8. Como ocurre con los datos de resto de microfósiles mencionados, las lecturas que nos parecen más lógicas son las de observar un sedimento arqueológico desde el nivel base (CE-2.2 a) hasta el nivel más reciente analizado (CE-2.8) que presenta cambios en su tendencia, pero cambios acaecidos en momentos puntuales con el incremento de presión sobre el medio ambiente, un medio que desde el nivel más antiguo ya ofrece condiciones para el desarrollo de actividades antrópicas, que se vuelven más intensas casi al final del periodo de ocupación de este enclave prehistórico y en esos momentos finales que mencionamos, ya claramente históricos.

Y es aquí donde la conjunción de datos arqueológicos obtenidos en el yacimiento suponen una necesidad y una obligación, ya que nos permiten contrastar los resultados obtenidos por diversas áreas de estudio aplicadas a un mismo objetivo.

Con respecto a las variaciones y relaciones existentes entre el registro de valvas de diatomeas y quistes de crisofitas, nuestra lectura se orienta primeramente hacia las condiciones del sustrato sedimentario. Ciertamente la relativa homogeneidad de las primeras a lo largo de los puntos muestreados indica un concepto similar en cuanto a la humedad del sustrato, el cual mantendría –si nos centramos únicamente en este tipo microfósil– las condiciones de humedad casi constantes para permitir su desarrollo. Dicha estabilidad entra en oposición –o al menos tendría que contemplarse a parte– con las lecturas sobre los procesos de inundación de la cueva señalados por los estudio geomorfológicos (Criado & Hansen, 2009). Y es que aun en el nivel más bajo (CE-2.2a) –donde se sitúa la menor concentración de valvas– estimada en 246 ejemplos claros, se trata de un número considerable de las mismas, acercándose al de uno de los microfósiles más abundantes en contextos donde puedan desarrollarse palmeras, como son sus fitolitos globulares equinados (echinate globular phytolith, ICPN 1.0). Desde ese nivel la concentración de valvas se mantiene siempre por encima de las 270 valvas, llegando a alcanzar un máximo de 750 valvas solamente en CE-2.3. Máximo que coincide con el quistes de crisofitas, cuyo número se eleva en este nivel de forma espectacular (**Gráfico 58**). En este caso las condiciones de humedad del sustrato –si nos atenemos al registro de quistes– serían incluso más elevadas, ya que el cuantitativo en preparación de los mismos únicamente descende por debajo de los 2.000 ejemplares en dos de los seis niveles analizados.

Aun tomando en consideración una generación de quistes asociada a un aumento de la eutrofización y por tanto de condicionantes estacionales en la lámina de agua, la complementariedad con las diatomeas –quizás más

asociadas a unas condiciones húmedas constantes— solamente invitan a ratificar la lectura de un sustrato húmedo, tanto como para el desarrollo del género *Hantzschia* sp. que puntualmente estaría incluso encharcado. Sin duda algo que no concuerda con la idea de un asentamiento aborigen de tipo habitacional, salvo que las necesidades del mismo fueran muy acuciantes dado las condiciones de insalubridad que el registro de microalgas indica.



**Gráfico 59**, Índice de Smol (1985) traducido a porcentajes desde el registro cuantitativo de microalgas en La Cerera (C2). J.A.

### Los fitolitos de palmeras.

Por su parte los resultados proporcionados por las concentraciones de fitolitos de palmeras confirman primeramente la llegada al sedimento de los mismos, aunque en un número muy bajo con respecto a zonas donde se depositan de forma masiva (palmerales). Y es que dichos fitolitos están presentes desde el nivel más antiguo (CE-2.2a) en concentraciones que nunca descienden por debajo de los 300 ejemplares en preparación microscópica (1000 µl), llegando a superar los 700 ejemplares en CE-2.3. De este modo la palmera canaria (*Phoenix canariensis*) aparece siempre presente y con anterioridad a los siglos IV-V d.C., confirmando bien la existencia de palmeras en exterior del yacimiento, o bien la llegada de sus tejidos de forma intencionada al mismo. Aunque hasta el nivel CE-2.3 no aparecen representados en mayor concentración, tanto como para presentar casi 2.800 fitolitos por preparación confeccionada con 1000 µl. Dada la importancia de la palmera y de *Phoenix canariensis* como indicador biológico, tales datos han propiciado lecturas que deben ponerse en relación con los sustratos analizados.

### Registro microfósil en sedimento de estructura de combustión (UME20, C3, sedimento gris).

El registro microfósil de la estructura de combustión aparece formado mayoritariamente por microfósiles silicificados y en concreto de fitolitos de esta naturaleza. Se detectan claros procesos de disolución de SiO<sub>2</sub> que afectan a buena parte del registro, lo cual puede vincularse a procesos

tafonómicos donde intervienen parámetros de alta alcalinidad y/o circulación hídrica. Que en este caso podría relacionarse más con el incremento del pH del sedimento por la llegada de formas carbonatadas de origen vegetal.

La primera muestra analizada correspondiente a la estructura de combustión de la Fase I del yacimiento se reveló especialmente rica en fitolitos de palmeras (*Palmae*), pese a que buena parte del mismo se encontraba afectado por proceso de disolución del SiO<sub>2</sub> del que están constituidos. Puede decirse que se trata de la familia botánica, con alta producción de fitolitos de sílice, mayoritaria en el sedimento de esta zona.

#### **Otras particularidades en células buliformes cuneiformes: el caso de CE-2.8.**

Se detectan células buliformes de gran tamaño (<100 µm en su eje longitudinal) que parecen guardar relación con *Chloris* sp., género que aporta su nombre a la subfamilia *chloridoideae*. Aunque en algunos casos existen diferencias de tamaño entre las buliformes de dicha planta y los ejemplares arqueológicos —las primeras algo mayores que las segundas—, la morfología y la disposición de los principales ejes de simetría (A, B y C) indica que podría tratarse del género *Chloris*. Pudiéndose plantear lecturas arqueobotánicas únicamente a nivel de género y subfamilia, pero en todo caso muy aproximadas, dada la gran similitud con las buliformes de *C. gayana* (taxón de Martiánez, Puerto de La Cruz).

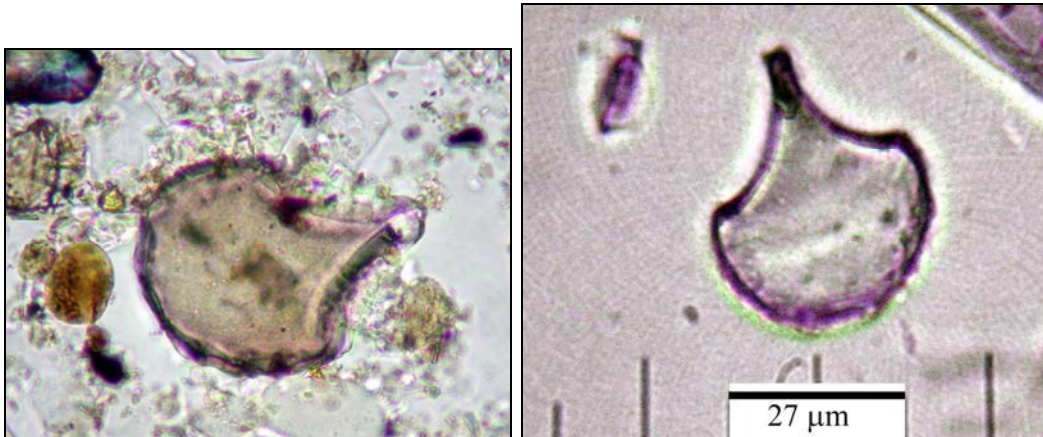
Sin embargo, el registro de células buliformes es más amplio en CE-2.8, donde además se detectan otras morfologías, cuyos ejes de simetría describen una forma geométrica diferente a los que presenta *P. australis* en sus dos variantes<sup>104</sup>. Aunque en algunos casos vuelven a responder al esquema de simetría (principal) de *Phragmites australis*, en otros parece muy clara la vinculación de éstos —y la forma geométrica asociada a los mismos— a un esquema similar al desarrollado por *Chloris* sp. (Figuras 452 y 453). Se trata entonces de una célula buliforme que presenta igualmente una forma apuntada, pero menor desarrollo de su parte posterior, que adquiere una curvatura muy pronunciada.

#### **Formas asociadas a ciperáceas (*Cyperaceae*).**

Como ya se ha planteado, aunque muy escasas y aisladas, se han detectado evidencias que hacen referencia a ciperáceas, sin que pueda precisarse su filiación botánica más allá de ese rango. Se trata de plaquetas con conos apuntados y resaltes a modo de satélites (Figura 454), descritos para esta familia por Ollendorf (1992) como *sedges cones*. En otros casos se detectan plaquetas poligonales con pequeños resaltes en toda su superficie, incluso sobre su única protuberancia central (Figura 455). Pese a que guardan similitud con la morfología descrita por Ollendorf (1992), también podrían enclavarse en el tipo de fitolito descrito como base poligonal de tricomas, como los presentes en las hojas de *Ficus carica*. Una mayor inversión de tiempo en el análisis morfométrico de estas morfologías podría solventar tal cuestión. En este caso concreto, la primera impresión tras cotejar los fitolitos

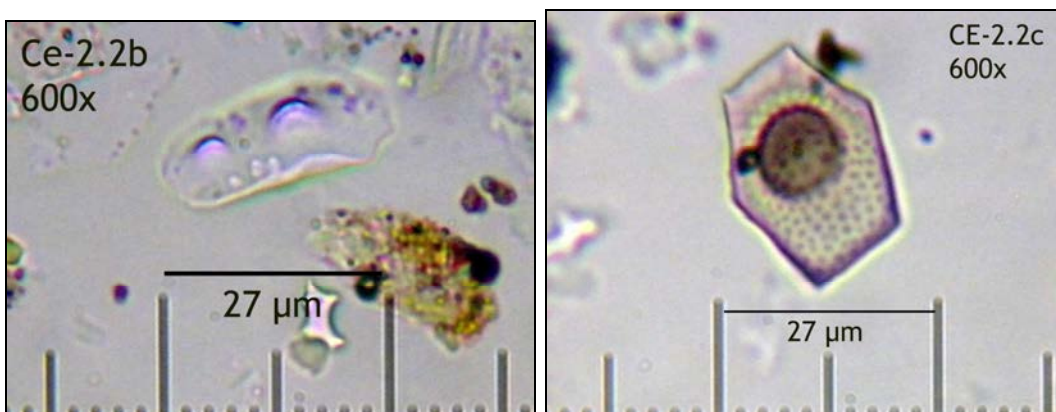
<sup>104</sup> Descritas en la Ficha correspondiente a esta especie como modelo simétrico y asimétrico, detectados ambos en varios de los taxones recolectados, tanto en las Islas como en el norte de Europa.

de *Moraceae* y *Cyperaceae*, es que son más similares a los de esta última familia botánica.



**Figura 452** (Izqda.), Buliforme en CE-2.8 (600x). **Figura 453** (Drcha.), Buliforme en hojas de *Chloris gayana* presente en la Colección de Referencia confeccionada con plantas patrones (600x). J.A.

Los parámetros que pueden describirse para el morfotipo que con mayor seguridad pertenece a *Cyperaceae* son: morfología de tendencia rectangular, a modo de plaqueta plana cuyo tamaño (eje longitudinal) sobrepasa escasamente 20 µm y presenta márgenes redondeados. En dicha plaqueta sobresalen dos protuberancias a modo de conos, en la base de los cuales se observan pequeños resaltes o “satélites”. Esta morfología se corresponde con la descrita como de “tipo D” por Ollendorf (1992:100), dentro de los conjuntos fitolíticos que asocia a *Cyperaceae* como resultado de la alta silicificación de la epidermis de las ciperáceas, la cual comparte con las gramíneas. Según Ollendorf este tipo de fitolitos puede considerarse como diagnóstico de familia botánica, distinguiendo a las ciperáceas del resto de monocotiledóneas.



**Figura 454** (Izqda.), plaqueta con conos apuntados. **Figura 455** (Drcha.), célula poligonal. Ambas 600x

La presencia de este tipo de fitolitos se ha detectado al menos en los niveles arqueológicos CE-2.2a, 2.2b y 2.2c, constituyendo evidencias aislada<sup>105</sup> que vuelve a orientar las lecturas paleoambientales hacia condiciones propias de regiones templadas, aunque muchas de sus especies se vinculan, como en el caso de *Carex* sp. a ambientes húmedos, caso de *C. paniculada* sub. *calderae*, un endemismo de Las Cañadas del Teide cuya presencia se asocia a los escasos puntos húmedos de la zona.

## Conclusiones de las analíticas de microfósiles de La Cerera.

### El ambiente vegetal de La Cerera desde su registro microfósil

Desde el nivel CE-2.2a puede decirse que contamos con un registro suficientemente amplio y representativo (concentraciones), de microfósiles vegetales, como para ofrecer una primera lectura arqueobotánica y paleoambiental del entorno prehistórico de La Cerera. En ese nivel, situado por debajo del primero en ser datado de forma absoluta y por tanto más antiguo, se localiza un conjunto de fitolitos y microalgas que perfectamente permiten ilustrar un paisaje vegetal donde ya existía la conjunción de plantas del entorno natural de Arucas con otras claramente introducidas, en concreto gramíneas de grano comestible: cereales.

### Gramíneas

Derivado del propio potencial explicativo de los registros de fitolitos, los desarrollados por las gramíneas, y por razones ya explicitadas en la bibliografía más reciente al respecto (Piperno, 2006), se convierten en el primer referente dentro de las analíticas de fitolitos. En La Cerera este es también una realidad. Los registros indican que puede definirse la presencia, en los sedimentos arqueológicos, de hasta cuatro subfamilias de la familia *Poaceae*, siendo una de las principales *Pooideae*, representada de forma rotunda por fitolitos de células largas y cortas del grupo *Triticeae*, y con marcada concentración en los que pueden adscribirse al género *Hordeum vulgare*.

Pero también existe un registro que vincula la flora local de gramíneas al yacimiento, haciendo referencia expresa a la flora nativa. Este es el caso de los fitolitos de células cortas *Panicoideae*, *Chloridoideae* o *Arundinoideae*, que introducen el aspecto vinculado al entorno natural de Arucas en época prehistórica. Dejando el caso particular de *Phragmites australis* para los apartados donde creemos se da cumplida cuenta de su entidad arqueobotánica y paleoambiental, el resto de gramíneas no-cultivadas aporta indicios de un medio ambiente con condiciones ambientales similares a las actuales, con la presencia de gramíneas de ambiente seco y temperaturas altas que, por su baja concentración en las preparaciones analizadas, no parecen responder a un criterio de captación premeditada, sino corresponder al propio entorno de la zona de La Cerera.

Una hipótesis plausible, sobre el registro de gramíneas de La Cerera, es que el predominio de sus fitolitos corresponde a especies cultivadas, de la subfamilia *Pooideae*, que fueron introducidas en un entorno donde ya se

<sup>105</sup> Las concentraciones de los mismos son inferiores a los fitolitos de células bilobuladas propios de gramíneas *Panicoideae*, entre otras, y cuyo cómputo puede seguirse en la descripción de los mismos, en este mismo apartado.



desarrollaban, de forma silvestre, gramíneas *Panicoideae*, *Chloridoideae* y *Arundinoideae*. Si bien en un principio *Chloridoideae* no fue una opción válida, la presencia de fitolitos de células buliformes que pueden pertenecer a especies de esta subfamilia, permite plantear que igualmente –alguna especie del género *Chloris*– podría desarrollarse de forma silvestre, siendo nativa en la zona.

Por su parte la presencia de *Panicoideae* plantea estar ante condiciones ambientales propias de medianías secas a húmedas, pero en todo caso que no eran exclusivas para el desarrollo de *Pooideae*, punto que aun debe ser definido con el estudio cuantitativo concreto de células cortas *Poaceae*.

Obviamente debemos destacar que las gramíneas son en La Cerera una realidad, tanto a nivel doméstico como silvestre, y que su presencia está más que atestiguada con un repertorio específico de fitolitos, que confirman tanto la explotación de las de tipo cultivado (cereales) como del entorno, en el caso concreto –a falta de evaluar los otros casos– de gramíneas *Arundinoideae*, que se desarrollaban en un entorno con recursos hídricos cercano a los lugares de asentamiento humano.

### Palmeras

Las palmeras son una constante en todo el registro de La Cerera pero, sorprendentemente, de forma muy puntual salvo en el caso de la estructura de combustión que conocemos como UME-20 y que estimamos se situaba entre los niveles CE-2.5 y 2.8. Aquí la concentración de fitolitos, probablemente de *Phoenix canariensis*, es más elevada que en las muestras de sedimento, donde no constituyen concentraciones significativas propias del alto potencial silicificado de esta planta. Pero sin duda, la presencia de sus fitolitos en todas las muestras, sin excepción, del Corte 2 nos indica su presencia en el entorno aunque no su captación, no al menos desde las concentraciones detectadas. Sin embargo, el hecho de que en la estructura de combustión supongan la tipología de fitolitos más representada, nos aporta una nueva prueba de su utilización, la cual entendíamos como poco probable y su presencia en los sedimentos del Corte 2 como fruto de la introducción de materiales del exterior.

En todo caso, desde CE-2.2a la presencia de palmeras es cierta en base a un registro poco concentrado pero evidente, y luego, en el nivel CE-2.5 se detecta un aumento significativo de sus fitolitos, en un sedimento datado entre los siglos VII-VIII d.C. Lo cual creemos que no debe entenderse únicamente como propio de un desarrollo significativo de la palmera en el entorno, sino una mayor captación como recurso, así como su llegada, por derivación, al sedimento arqueológico. Y es que una planta que consideramos ampliamente representada en las Islas desde milenios antes de la llegada humana, solamente puede incrementar su presencia en un contexto arqueológico por causas antrópicas, bien directas o bien indirectas (llegada desde el exterior por escorrentías, etc.). Obviamente la primera interpretación de los datos debe entenderse en ese sentido, aunque ello no debe suponer la anulación de la cuestión paleoambiental, que aquí creemos sigue siendo importante, pero vinculada a la explotación de un recurso siempre presente, casi siempre disponible.

### Flora arbórea

Sin duda es el grupo vegetal que menos hemos evaluado, pero del cual no parece existir unas concentraciones significativas, aunque aun es pronto para zanjar la entidad de sus registros. Desde luego que dentro de la veintena de formas básicas de microfósiles vegetales del entorno sedimentario de La Cerera, con no pocas subdivisiones como en el caso de las microalgas y los fitolitos de células cortas y largas, las menos son atribuibles a grupos como las gimnospermas y las angiospermas dicotiledóneas.

Sin embargo, en varios casos son muy claras las evidencias, como ocurre con fitolitos de grandes células facetadas (o traqueidas facetadas) que pueden hacer referencia a dicotiledóneas del Monteverde como *Ocotea foetens*.

En otros, como ocurre con los grandes tricomas huecos y curvados que pueden describirse, en la nomenclatura ICPN 1.0, como *unciform hair*, la adscripción taxonómica se orienta también hacia las dicotiledóneas, pero en este caso una morácea como *Ficus carica*, cuyos tricomas aislados están presentes desde CE-2.2a.

Un tercer grupo de fitolitos, los del tipo de células largas con engrosamientos anulares, que en ICPN 1.0 podrían denominarse como *cylindric sulcate tracheids* podrían aportar indicios de otras especies arbóreas, pero al tratarse de una morfología en extremo redundante, entre plantas muy dispares, vuelve compleja su adscripción a especies arbóreas. Aunque en algunos casos ésta parece posible a determinadas lauráceas, como *Laurus novocanariensis*.

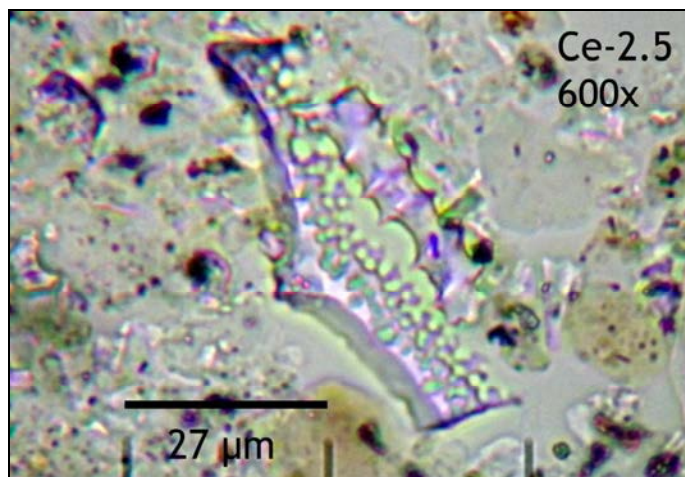
Hasta el momento sólo hemos detectado morfologías aisladas que apunten hacia gimnospermas como *Pinus canariensis*, quizás la más fácilmente detectable dentro del grupo de las coníferas en Canarias. Se trata de morfologías alargadas, sección cilíndrica y puntuaciones anulares en su superficie. Pero únicamente a nivel de indicios.

### Pteridofitos

Salvo en pocos casos aislados, donde parecen localizarse elementos silicificados de los frondes de un helecho, los parámetros morfométricos del resto se corresponden con los existentes en las silicificaciones desarrolladas, por *Pteridium aquilinum*, en los tejidos de su rizoma, tanto interno como externo. Obviamente, la primera interpretación al respecto tiene una vertiente alimenticia, dada la conocida captación de tales rizomas para elaborar un producto de consistencia harinosa, sin duda otorgada por su contenido en gránulos de almidón. Sin embargo, lo siguiente en plantearse es una pregunta: ¿porqué recurrir a un producto aparentemente de subsistencia en un entorno eminentemente frumentario?

La evidencia microfósil no puede ser más clara en ese sentido, salvo que posteriores estudios permitan comprobar que las morfologías que están siendo adscritas a fitolitos de *P. aquilinum* también se presente, de forma redundante, en otras plantas. Por el momento eso no ha sucedido.

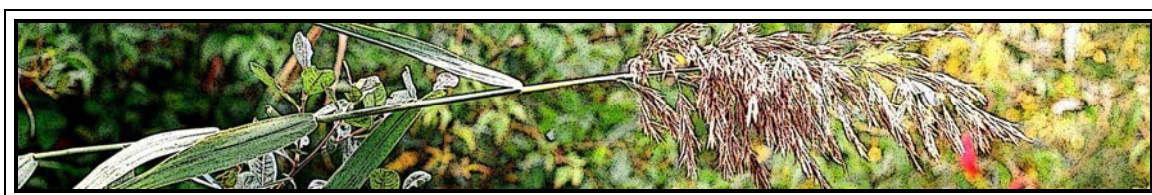
En espera de realizar estimaciones cuantitativas completas sobre este tipo de evidencias, hay que plantear que se detectan al menos en CE-2.2a, 2.2b, 2.3 (aquí en conexión anatómica parcial), 2.5 —donde aparecen de forma conjunta con elementos de las inflorescencias de cereal— y 2.8, quedando pendiente de confirmarlo en CE-2.2c (**Figura 456**).



**Figura 456**, Posible silicificación de *Pteridium aquilinum* junto a fitolito equinado de inflorescencia de cereal. 600x

Aspectos como los citados parecen permitir insertar directamente la presencia de silicificaciones, que entendemos como propias del rizoma de *P. aquilinum*, dentro del esquema económico y alimenticio de los habitantes aborígenes de La Cerera. Aunque aun deban definirse los términos de su explotación como recurso eminentemente alimenticio, dado que –como se sabe– se trata de un producto entendido en la actualidad como propio de tiempos de carestía económica, aunque su consumo se retrotrae a la etapa prehistórica de las Islas.

En todo caso la determinación de este grupo vegetal en La Cerera introduce varios aspectos a nivel arqueobotánico y paleoambiental, dadas las connotaciones que en ambos sentidos ofrece la detección de *Pteridium*<sup>106</sup>.



### Sobre carrizos y cañaverales: su identificación y diferenciación fitolítica en contextos arqueológicos y edáficos.

Tal y como hemos venido mostrando, la observación conjunta de plantas actuales, que forman carrizales y cañaverales (*P. australis* y *A. donax* respectivamente) en la naturaleza y cuyos residuos<sup>107</sup>, obtenidos en laboratorio y analizados en gabinete de microscopía, ha resultado fundamental para conocer sus particularidades, como productoras de fitolitos de células buliformes cuneiformes que, en contextos edáficos y arqueológicos,

<sup>106</sup> Ver información al respecto de *Pteridium aquilinum* en Capítulo Resultados 5-I, Análisis de plantas patrones.

<sup>107</sup> Después de ser tratados sus tejidos siguiendo los pasos descritos en el Capítulo de Técnicas Analíticas, Plantas Patrones.

supondría una evidencia de especiales mecanismos de desarrollo biológico y captación antrópica. Una lógica consecuencia de dicho estudio conjunto ha sido la obtención de series de datos que, a su vez, permiten conectar las lecturas analíticas obtenidas, por separado, en cada uno de estos materiales. De considerarse resultados positivos –desde mi perspectiva–, en el conjunto global de la investigación que se condensa en esta tesis, se trata sin duda de aquellos que han permitido enlazar determinados criterios empíricos consistentes (biomineralizaciones con propiedades de diagnóstico), obtenidos por vía experimental, con preguntas y respuestas sobre concretos sistemas socioculturales del pasado, como los enmarcados en la Prehistoria de las Islas Canarias, desde el estudio pormenorizado de los mismos tipos de partículas en materiales arqueológicos y edáficos. Entendiendo que esta fase supone forzar el esquema explicativo de los datos obtenidos para insertarlos en un proceso histórico, y que aquí tiene que ver con la potencialidad y explotación de los recursos vegetales, incluso su posible significado en una sociedad de la Prehistoria.

Por el momento, y dado lo amplio de esta labor, sólo unas pocas especies vegetales se han revelado como auténticos hitos de tal investigación, confirmando dos aspectos concretos: las posibilidades ciertas de reconocimiento fitolítico de diagnóstico y su inserción en la búsqueda –por objetivos– con fines arqueobotánicos, aunque también paleoambientales. Dicha conjunción se ha ratificado al emprender la segunda fase investigadora de esta tesis que, no obstante, se realizó casi de forma paralela a la primera, durante la necesaria familiarización con las biomineralizaciones existentes en la flora de Canarias.

La identificación y estudio pormenorizado de las células buliformes –presentes en un conjunto restringido de gramíneas– ha permitido la apertura de una investigación específica cuyos resultados indican su completa idoneidad en la resolución de cuestiones arqueobotánicas concretas. Tales cuestiones no son otras que la explotación de unas determinadas plantas, sobre las que aun debemos esclarecer su origen en las Islas, por parte de sociedades canarias, muy dispares en desarrollo cultural y cronológico, tanto como las que abarcan la secuencia completa desde la Prehistoria al presente insular.

El binomio compuesto por una especie endémica, como la palmera canaria (*Phoenix canariensis*) y otra cuyo estatus aun aún está por dirimir –o se califica como de probable introducción (Acebes *et al.*, 2004)– como el carrizo (*Phragmites australis*), ha permitido profundizar sobre su presencia en las Islas, a través de materiales arqueológicos y edáficos. Pero sobre todo, su estudio ha generado numerosas cuestiones, especialmente sobre la capacidad explicativa global y local del registro fitolítico, más aun cuando éste, en numerosas especies de referencia analizadas, parece limitado en cuanto a formas biominerales de diagnóstico.

Cuando se produjeron las primeras detecciones microscópicas de células buliformes, de forma alternativa –en las plantas de referencia y en sedimentos arqueológicos– comenzamos a percibir su importancia en un análisis microarqueológico de silicofitolitos, especialmente en determinados contextos paleoambientales. Aunque obviamente existían aspectos micro-

morfométricos que habría que abordar para lograr su inserción en concretos capítulos arqueobotánicos de la Prehistoria.

Se trataba en todo caso de células que respondían a los parámetros ya definidos anteriormente y cuya clasificación actual creemos que es tan válida bajo la descripción de *Arc:Triangle* (A:T) empleada por Bowdery (1998) como de *buliformes cuneiformes* (*cuneiform bulliform cells*) del ICPN 1.0 (Madella *et al.*, 2005). Y cuya importancia arqueobotánica ya había sido abordada por varios investigadores con objetivos arqueobotánicos concretos (Houyuan *et al.*, 1997, entre otros)— y detectadas en los primeros estudios de fitolitos sobre sedimentos arqueológicos canarios (Galván *et al.*, 2005). Igualmente, en el ámbito de la investigación fitolítica, existen antecedentes en la diferenciación de determinadas gramíneas superiores, sobre todo de *Phragmites* sp. y *Arundo donax* (Ollendorf *et al.*, 1988). En el caso de las células buliformes presentes en las gramíneas actuales de Canarias no había lugar para dudas: estábamos ante un caso único en la investigación en curso. Esas mismas células, inmersas en su específica problemática de reconocimiento morfométrico y multiplicidad taxonómica, fueron perfectamente reconocidas en sedimentos arqueológicos de yacimientos como el Conchero La Fuente 2 (Buenavista del Norte, Tenerife), El Llanillo (Arguineguin, Gran Canaria) y La Cerera (Gran Canaria) e incluso, durante las analíticas de 2007, en sedimentos superficiales de yacimientos históricos y prehistóricos de Las Cañadas del Teide. Pero tal y como se ha mostrado, fue en El Llanillo donde el registro de células buliformes arqueológicas generó hipótesis arqueobotánicas, metodológicas y teóricas, más amplias, aun a pesar de que sólo se contaba con el estudio de los niveles finales de su estratigrafía.

El planteamiento, que fue reforzándose con datos cada vez más consistentes, es que estábamos ante una planta probablemente más conocida por los habitantes prehistóricos de Gran Canaria que en la actualidad, en buena parte por su extensión de entonces, produciéndose un claro retroceso en épocas posteriores. No obstante, su localización en los registros de fitolitos de El Llanillo, que permitió llevar a cabo las primeras diferenciaciones de formas, tamaño y esquemas de simetría, permitió detectar variaciones sustanciales en algunos casos con las células buliformes de *Phragmites australis* sp. Lo cual invita a pensar que no sólo esta planta, de indudable relación con muy concretos requisitos medioambientales, se desarrollaba de forma más común en las etapas prehistóricas del enclave arqueológico del sur de Gran Canaria. Y derivada de esa evidencia, la lectura arqueobotánica directa de que, entre la antigua sociedad aborigen canaria, su percepción y empleo, con fines no tan claros, constituía un hecho inserto en la realidad cotidiana. Siendo por tanto su estudio fruto de esta hipótesis y enclavado, como otros aspectos propios de una sociedad del pasado, dentro de las evidencias que podrían ampliar las lecturas sobre el significado de determinadas plantas en su esquema económico-social —sin descartar incluso el de las mentalidades—, de los habitantes prehistóricos de esta zona de Gran Canaria. Pero además la presencia de carrizos en la zona de Arucas nos aporta algo más, como es la primera evidencia de este tipo de plantas hidrófilas, de gran porte, en un contexto natural, pero prontamente antropizado, no de costa, pese a que ésta no se encuentra —por ejemplo—, tan lejos del mar como la ciudad de La Laguna (Tenerife).

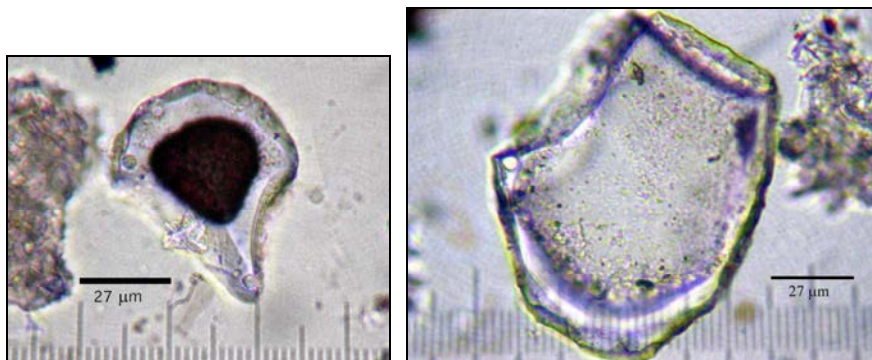
Lo mismo ocurrió con la observación de suelos agrícolas y ajardinados, donde la presencia de buliformes invitó entonces a mirar el paisaje a nuestro alrededor y de las zonas de muestreo, porque en algunas de las mismas ya no había rastro de las gramíneas que pudieron generar este grupo de silicofitolitos, que destacaban —entre el resto de morfotipos— del registro microfósil. De forma especial, y precipitando aun más la ya existente focalización al respecto, la identificación del mismo tipo de células en suelos de Las Cañadas del Teide, en concreto del *Llano de Ucanca*, lugar donde era impensable —por el conocimiento de la flora local actual— que se produjera un hallazgo semejante (**Figuras 457-458**), confirmó la idoneidad de la búsqueda emprendida por todas aquellas zonas donde pudiera desarrollarse esta planta. Entre otros objetivos para dirimir, mediante sendas comprobaciones morfométricas, en numerosos taxones de muy diversa procedencia geográfica, si el reconocimiento taxonómico, como en el caso de Las Cañadas, podía asumirse como base para una lectura arqueobotánica fiable. De modo que la profundización, con el objetivo de despejar varias incógnitas al respecto de la hipótesis de que *Phragmites* sp. podría considerarse un paradigma paleobotánico —para abordar secuencias y procesos propios de la prehistoria reciente— se volvió más accesible, incluso para con secuencias cronológicas más antiguas que la de Canarias.

Pero para llegar a estos resultados, las tareas de campo y el asesoramiento botánico fueron absolutamente indispensables, tanto como las observaciones microscópicas, con recogida de datos y muestras bajo la supervisión del Dr. A. Santos (Jardín Botánico de La Orotava). De tal manera que será el trabajo analítico, y estas últimas tareas, las que aportaran nuevas perspectivas de estudio, sobre todo al comprobar como, en el caso de el “carrizo” (*Phragmites australis*), se perfilaban esquemas medioambientales concretos, con unos parámetros muy similares en cuanto a requerimientos de humedad edáfica y tolerancia a la salinidad, y no tanto de insolación, altitud, latitud y temperatura. Desde algunos de los carrizales localizados en Canarias (Benijos, La Laguna, Maspalomas) —tomados como los más meridionales— hasta los más septentrionales muestreados hasta el momento, en Refvik Beach<sup>108</sup> (Noruega, 62° 00.166 latitud norte) pasando por los 58°23'21 N de Tarbet (**Figuras 459 A-B**), en Escocia oeste y las más cercana de las rías gallegas (Arousa), Asturias (Ribadesella) o el Río Tormes<sup>109</sup> (Salamanca), se pudo comprobar como *Phragmites austalis* estaba presente en *marismas* y *marjales* en muy semejantes condiciones ambientales.

---

<sup>108</sup> La extensión de los humedales en Noruega no se concentra precisamente en la franja sur de la costa del Mar de Noruega, donde se sitúa Refvik Beach (Måløy), sino más al interior, coincidiendo con la frontera con Suecia, país donde las zonas lacustres ocupan un elevado porcentaje del territorio nacional. Aunque en la costa norte también se localizan aun importantes áreas de humedales salinos, donde *Phragmites australis* se encuentra bien representado, de hecho se sitúa su límite septentrional en Cabo Norte (Noruega), según cita Haslam (1972).

<sup>109</sup> Obviamente en este caso representando carrizales de interior, desarrollados en agua dulce.



**Figuras 457 y 458**, Células buliformes observadas en el Perfil R-18 (Llano de Ucanca), Horizonte Bt1. J.A.

En algunos casos, pudimos observar como los ejemplares se encontraban completamente anegados por la pleamar de la costa inmediata (Tarbet), en otros indicando la acumulación de sedimentos —implementada por el aumento de años cada vez menos lluviosos— en la generación de verdaderas “islas fluviales” del Río Tormes (Salamanca)<sup>110</sup>. Pero siempre, la vinculación con el agua ha sido un parámetro recurrente, aun cuando ésta presentara cierto índice de salinidad<sup>111</sup>.



**Figuras 459 A-B**, Zona de muestreo de *Phragmites australis* en las marismas de Loch Dubh (Tarbet, Escocia), la presencia de la crecida se hacia patente, impidiendo ver el sustrato donde se desarrollaban las plantas. J.A.

También se le localizó formando parte de ecosistemas, tan ricos en diversidad biológica, como las marismas y marjales de rías de Galicia (Catoira,

<sup>110</sup> Nos referimos aquí a bancos de arena y otros materiales que se van formando en las zonas centrales de este río, el desarrollo de vegetación de porte medio y alto en el mismo puede ser tomado como un síntoma de estabilización de dichas formaciones fluviales. Tanto en algunas referencias verbales como las obtenidas con la observación de dicha vegetación, puede deducirse que efectivamente el caudal del Tormes se va reduciendo con los años y permitiendo que dichos bancos se estabilicen. Es en sus orillas más próximas al nivel del agua donde se observa el desarrollo de carrizales de *Phragmites australis*, confirmando la estabilidad del sustrato edáfico que permite dicho desarrollo.

<sup>111</sup> Casos de Tarbet, Arousa e incluso Ribadesella.

Ría de Arousa, entre otras) y Asturias (Ribadesella y Villaviciosa), dando lugar a una típica formación vegetal que sirve de soporte biológico, junto a otras taxones, a gran número de especies animales, y otros vegetales (Figura 460). Y finalmente, como comprobación biogeográfica, se prospectaron algunas zonas costeras del País Vasco/Euskadi donde podía desarrollarse dicha especie. El resultado fue localizarla en las marismas anegadas de la ría de Urdaibai (Vizcaya), donde presentaba altas concentraciones, especialmente en la zona alta de la misma (10-8 km. desde su desembocadura), y en la del río Orio (Guipúzcoa). Aquí, igualmente que en el caso anterior, las concentraciones de plantas se sitúan río arriba hasta una distancia similar a la anterior, quedando en la zona baja (50-60 m. de la costa) sólo pequeñas formaciones limitadas también a iguales zonas de la ribera<sup>112</sup>, zonas que se encuentran actualmente en recuperación bajo especiales medidas de protección<sup>113</sup>.

Las formaciones de carrizal (carrizales) forman una parte importante de lo que se conoce como «humedales» o «*wetlands*» en zonas de marismas fluviales y lacustres, donde destaca la vegetación hidrófila, configurando siempre un ecosistema rico en biodiversidad, y que en la actualidad se encuentra en claro retroceso en Europa, pero con insistentes intentos públicos de recuperación<sup>114</sup>.

En otros contextos, como Estados Unidos el carrizo se considera una planta invasora, introducida de forma accidental, o intencionadamente, desde Europa, que ha supuesto una alteración en las formaciones vegetales nativas de los humedales norteamericanos, poblados con otras gramíneas semejantes pero de diferente género, como es *Zizania* sp. La distribución por Europa de *Phragmites* sp. se encuentra muy localizada en las riberas de ríos y lagos, y muy especialmente en la vertiente atlántica, pero también en el interior continental, como ocurre, para el caso de la Península Ibérica en ríos como el Tormes (Salamanca) y lagunas como las de Ruidera (Albacete-Ciudad Real).

La primera lectura que comenzó a esbozarse —como hipótesis preliminar de trabajo— es que el carrizo podría contribuir, al presentar formas de diagnóstico obtenidas tras la aplicación de los oportunos filtros morfométricos y estadísticos, al reconocimiento de aprovechamientos de sus tejidos aéreos por parte de poblaciones prehistóricas, también los de las Islas, ya que aparece citado, en la actualidad, como presente en todas ellas, con las únicas excepciones de El Hierro y La Palma (Acebes, 2004); o al menos si aparecería en contextos arqueológicos tan antiguos, pero también dirimiendo con ello su clasificación como especie nativa o introducida.

<sup>112</sup> Dicha distribución actual parece asociarse al mismo proceso antrópico, al haberse operado una alta remoción de las zonas de marismas para la implantación de cultivos, así como una fuerte contaminación del cauce con sustancias procedentes de los asentamientos humanos, especialmente los costeros.

<sup>113</sup> En virtud de las cuales no se procedió a realizar ningún muestreo, sino que se aguardó a estar en zonas con mayor recuperación florística —cauce arriba— donde éstos sí se realizaron.

<sup>114</sup> Como se aprecia en los eventos científicos periódicos de "*Wetlands: water, life and culture*", 8<sup>th</sup> Meeting of The Conference of the Contracting Parties to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971), Valencia (Spain), 18-26 November, 2002.





**Figura 460**, Zona de muestreo de *Phragmites* sp. (planta y suelo asociado) en los marjales cercanos a Catoira (Ría de Arousa, Galicia).

La contribución y aportación del estudio fitolítico de *Phragmites australis* al conocimiento del paleoambiente y aprovechamientos vegetales aborígenes era al principio, y es en nuestro trabajo, —como siguen ratificando analíticas recientes— completamente fructíferas. Aunque como posteriormente se comprobará, las vías de investigación con estudios específicos a veces orientan éstas hacia elementos, aspectos —o especies vegetales en nuestro caso— cuya importancia no había sido tomada en cuenta, y que surgen con nuevas lecturas de trabajo<sup>115</sup>. Igualmente, aunque el objetivo de su estudio se circunscribía al ámbito local (Islas Canarias), la profundización en el mismo aportó nuevas cuestiones —especialmente en cuanto a cambios medioambientales— que permitía aplicar —el conocimiento adquirido— a contextos prehistóricos más globales. La hipótesis de partida incluía una idea muy importante a nivel socioeconómico, el carrizo podía haber sido una planta muy evidente para las poblaciones prehistóricas de las Islas, tanto como para estar en su ideario cotidiano pero siendo, su mención en las fuentes etnohistóricas escasa y su reconocimiento arqueológico nulo. Podíamos estar ante uno de esos paradigmas no-escritos y no-desarrollados, una planta silvestre de las muchas que presentaría un paisaje aun no afectado por procesos de eutrofización inducida y contaminación. Y dentro de ese paisaje unos muy concretos, los formados en marjales y marismas, ambos poco abundantes en las Islas por la propia configuración geográfica de las mismas, con ausencia casi completa de cauces permanentes de cierta

<sup>115</sup> Efectivamente el estudio de las buliformes nos deparaba la constatación de que la búsqueda de una determinada especie vegetal, escogida por selectivos criterios de diversa temática, no siempre confirma la hipótesis inicial. Esto ocurrió con la relevancia que comenzó a tener una gramínea tan común, cosmopolita y modesta entidad —en comparación con la cañas y carrizos— como la «grama» (*Cynodon dactylon*) en contextos arqueológicos, lo cual desmontaba diversas hipótesis de trabajo pero abría otras nuevas.

envergadura y escasos ejemplos de formas lagunares. En definitiva parecíamos estar ante unos nuevos datos, y unas nuevas lecturas asociadas al paleoambiente, pero especialmente al significado, aun encriptado, socioeconómico y cultural de unas determinadas plantas para las poblaciones que habitaron o deambularon por zonas donde se desarrollaban *cañas* y *carrizos*.

A medida que profundizábamos en sus detalles ecológicos, pero también de producción biomineral, comprendíamos tales posibilidades, aunque también que no se trataba de una planta excesivamente conocida a nivel popular en Canarias, al contrario que su pariente más próxima, la caña (*Arundo donax*), que sí es muy familiar; incluso a nivel etnobotánico el uso de ésta se mantiene hasta la actualidad en los ambientes agrícolas donde se le reconocen múltiples funciones, tanto en forma viva (setos p. ej.) como transformada (cañizos). Igualmente algunas citas botánicas sobre ambas especies apuntaban a una menor presencia del carrizo que las cañas (Bramwell y Bramwell, 2001). En ambos casos el valor ecológico de los cañaverales, formados por estas grandes gramíneas, es indudable, al fomentar no sólo la formación y estabilización de suelos, gracias al desarrollo de potentes estolones rizomatosos, sino el de otras especies vegetales y animales. De hecho, las formaciones de carrizal estudiadas en las zonas biogeográficas ya citadas, siempre suponen un ecosistema que da soporte a múltiples especies de aves, peces, insectos y pequeños mamíferos. Su papel en la explotación del medio, en distintas culturas prehistóricas, pudo ser determinante tanto en las sociedades cazadoras-recolectoras como productoras. Igualmente son varios los estudios paleoecológicos sobre la expansión y reducción de los humedales empleando la presencia, o ausencia, de esta planta en los niveles sedimentarios de estas zonas (Driscoll, 1999).

Sin embargo, tantas posibilidades se veían acompañadas de otras tantas dificultades: la variabilidad morfológica –dentro del tipo buliforme *Arc:Triangle* pero también los que no encajan en dicho esquema– en una misma planta supondrán un escollo a salvar. Tal y como apuntaban Houyuan *et al.* (1997), tal variabilidad aconsejaba el empleo de herramientas estadísticas, que permitieran reconocer cuando el reconocimiento morfométrico –conducente al taxonómico– era posible dentro de un rango de error aceptable.

Se hará necesario consultar toda la bibliografía reciente al respecto, algunos ya citados por su profuso empleo (Houyuan *et al.* 1997; Bowdery, 1998, entre otros) y otros también de producción reciente, aunque de contextos biogeográficos distantes y dispares (Zucol y Brea, 2001; Zucol, Brea y Matheos, 2001; Zurita, 1997; entre otros), para acometer el estudio morfométrico de este tipo de silicofitolitos. Una vez introducidos en dicha tarea se comprobó que el conocimiento sobre células buliformes, y en concreto de las altamente silicificadas, arrancaba a principios del siglo XX con el trabajo de Dietrich Brandis<sup>116</sup> (1907), sobre la estructura interna de las

---

<sup>116</sup> La figura de este botánico alemán sigue siendo fundamental en el ámbito de la botánica forestal, la ecología de los montes y la silvicultura, facetas que le convirtieron en un botánico de referencia, al intentar dar solución a la explotación de este recurso, de forma también idónea para las poblaciones rurales insertas en los mismos.

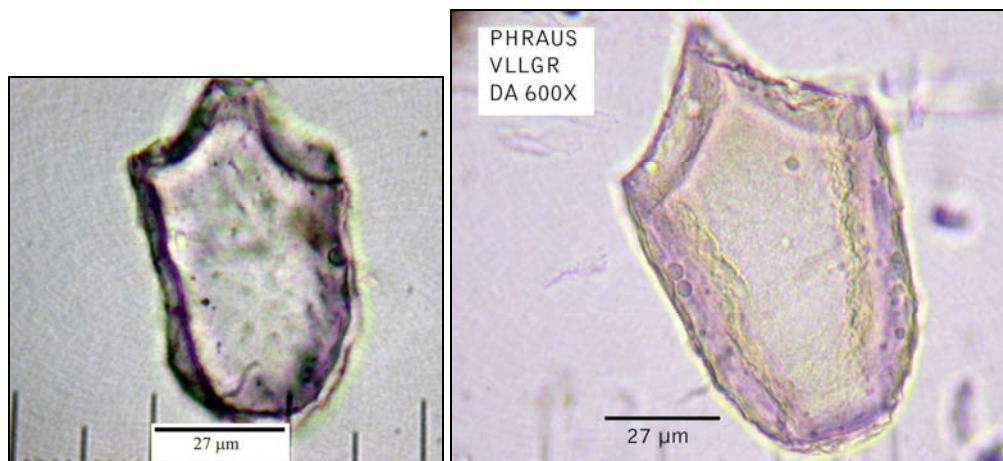
hojas del bambú. A pesar de todos los problemas analíticos por resolver —al respecto de la disminución de la incertidumbre morfométrica— subyace la misma cuestión, que aconseja afrontar dichos problemas: la producción de buliformes *Arc:Triangle* se genera en las hojas de determinadas gramíneas, de las cuales varias son clasificadas —caso de *Phragmites sp.*— como «malezas acuáticas». Esta afirmación unida a la observación microscópica de las muestras patrones, así como de la fructífera y esclarecedora labor de campo compensan —así lo creemos aun—, la focalización parcial del estudio silicofitolítico, sobre todo en lo que respecta a los paleoambientes de la Prehistoria<sup>117</sup> y en especial a los de las Islas Canarias<sup>118</sup>.

Igualmente importante ha sido la comprobación, como una dificultad añadida, de las diferencias a nivel de subespecies en la especie *Phragmites australis*, algo que no parece ocurrir con *Arundo donax*, al menos en similar grado de diversidad. Si bien los primeros muestreos de la primera, llevados a cabo en al menos diez localizaciones de muy diferentes coordenadas geográficas, parecían mostrar cierta homogeneidad morfológica, posteriormente se apreciaron diferencias a nivel anatómico en los taxones recolectados. Esto ocurrió especialmente en el ejemplar recolectado en la pequeña ría que forma el río Orio en su desembocadura, cercana a la localidad de Zarautz (Guipúzcoa), donde pudieron observarse dos tipos de la misma planta, uno de muy pequeña talla —que no se recolectó por motivos del régimen de protección del ecosistema en cuestión— situado en la orilla misma de una pequeña marisma, y otro, situado aguas arriba, en ambiente de marjal, que presentaba un porte y una inflorescencia de mayor tamaño que los observados hasta ese momento (2008) en el resto de plantas recolectadas.

---

<sup>117</sup> La presencia de esta planta en determinados niveles estratigráficos advierte —de confirmarse su deposición natural en el registro sedimentario— de condiciones ambientales muy concretas, y sobre todo de aquellas que acontecieron tras los últimos periodos glaciares. La expansión de los humedales, marjales y marismas, a lo largo de muchas zonas costeras de Europa derivó de una atemperación gradual del clima y con ello la diversificación medioambiental, y otros beneficios ecológicos añadidos, que formaciones vegetales como los carrizales traen consigo. Creo, que al igual que su presencia permite identificar esas graduales condiciones templadas, su gradual desaparición con los masivos procesos industrializadores y urbanísticos actuales, puede ser seguida mediante el estudio microscópico de sedimentos. De tal manera que esta especie, y en especial sus morfologías silicofitolíticas más consistentes, pueden permitirnos conocer la evaluación de numerosas zonas biogeográficas, en especial a nivel local y con ello poder evaluar el grado de desarrollo de estas formaciones en relación con la ocupación antrópica de las mismas, así como el posible grado de inserción en el ideario y estructuras económicas de una determinada comunidad humana del pasado.

<sup>118</sup> Sobre todo teniendo en cuenta la especial dificultad que existe en la realidad en las Islas para observar ambientes ecológicos de costa en estado original, antes de la profunda remodelación urbanística actual, y sobre todo de aquellos que pudieron ser de marismas y marjales a la salida de determinados barrancos. Enclaves que sin duda existieron y que fueron de los primeros en ser eliminados por la implantación de estructuras de aprovechamiento urbanístico, agrícola y económico de época moderna.



**Figura 461** (Izqda.), Buliforme cuneiforme del taxón de Río Orio (Zarautz). **Figura 462** (Drcha.), célula similar perteneciente al taxón de Valle Gran Rey (La Gomera). J.A.

Lo cual nos llevó a plantear la posibilidad de haber estado recolectando la misma subespecie, o en todo caso dos de ellas, y que la localizada en el río Orio netamente representaba una muy diferente a la localizada dentro del conjunto de referencia que hemos denominado *Phraus-geográfico*. Las analíticas de silicofitolitos, y en especial de células cortas y células buliformes, confirmaron que los tejidos foliares, del taxón recolectado en río Orio pertenecían a una variedad del género *Phragmites* sp. y no al de *Arundo* sp. (**Figuras 461-462**). En este caso las diferencias morfológicas entre los taxones observados, desarrollándose en el agua salobre de la marisma cercana a la desembocadura y las de la planta muestreada eran notables, tanto en la densidad de la inflorescencia de la segunda como en su talla, superiores a los de la primera.

Sin embargo, los paralelismos morfométricos de sus células buliformes, con los tomados como referencia<sup>119</sup>, indican clara similitud con al menos uno de los morfotipos de este tipo presentes en el dicho taxón. Que obviamente aun habrá que someter a amplios estudios morfométricos, pero que como parecen apuntar los primeros estudios estadísticos —de los cuales se ofrece solamente una sucinta aplicación—, más los datos ofrecidos en el subcapítulo anterior, existen posibilidades reales de discriminar entre fitolitos buliformes de una especie u otra, si se seleccionan determinadas morfologías, o bien se establecen criterios discriminantes entre las varias que pueden aparecer en una misma hoja de una misma planta. Obviamente, tal y como hemos venido insistiendo, el mejor ejemplo de tal afirmación son los dos tipos de buliformes cuneiformes que presenta *Phragmites australis*, un tipo simétrico y otro asimétrico.

<sup>119</sup> En este caso se compara con un ejemplo de buliforme ciertamente “ejemplar” dentro de todas las células de este tipo analizadas. Se trata de las localizadas en el taxón de *Phragmites* sp. proveniente de Valle Gran Rey y que presenta cierta perfección en cuanto a las simetría de sus ejes principales, cabe destacar la existente en la zona del morfotipo con forma de triángulo, que por línea general no presenta simetría completa salvo en pocos ejemplares. Obsérvese las diferencias existentes, a este respecto, entre el ejemplar de Orio y Valle Gran Rey (**Figuras 461-462**).

### Las diferencias ecológicas indicadas por *Phragmites australis* y *Arundo donax*.

Si bien en algunos contextos naturales y antropizados actuales es posible detectar el desarrollo conjunto de ambas especies, por lo general una y otra se localizan en biotopos que presentan diferencias, especialmente en las relacionadas con el grado de humedad y salinidad edáficas del sustrato. Tanto en las indicaciones bibliográficas consultadas (Klapp, 1987) como en las observaciones de campo realizadas sobre ambas especies (2002-2007), comenzó a percibirse la idea de tales diferencias, idea que llevó aparejada la búsqueda de ambas especies por algunas islas y zonas externas a las mismas.



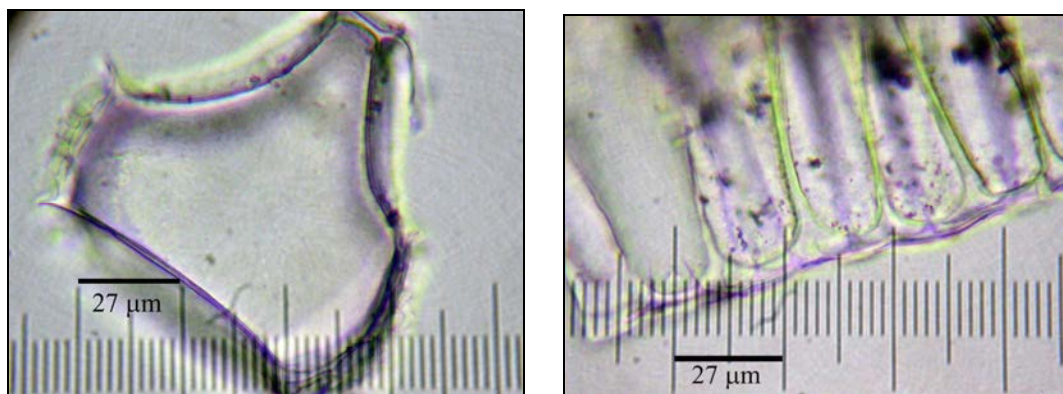
**Figura 463**, Cañaveral de *Arundo donax* en el límite SE de la ciudad de La Laguna. J.A. en torno a ejemplares aislados de *Phoenix canariensis*.

La caña y el carrizo no suelen compartir hábitat, aunque durante las tareas de campo se las ha localizado, desarrollándose conjuntamente (A. Santos, 2007, Com.Pers.), en la vega de la ciudad de La Laguna<sup>120</sup>, donde es mucho más frecuente la primera que la segunda (**Figura 463**). Tras incluso realizar entrevistas con los últimos agricultores de la zona, se localizó un pequeño carrizal aislado en la zona de acceso a la Mesa Mota, en este caso sin

<sup>120</sup> En esta zona pudo haber, en el pasado, una confluencia mayor de ambas especies, propiciado su desarrollo por las condiciones de humedal que se extendía en lo que hoy es la vega lagunera, que fue desecada en su totalidad para la implantación de cultivos. Por el momento no existen trabajos paleoambientales que permitan conocer las especies vegetales que poblaban sus riberas, dentro de las que podía estar, de forma hipotética, el carrizo dando lugar a cañaverales y un ecosistema que, como apuntan varias fuentes etnohistóricas, fomentaba la presencia de pequeña fauna vertebrada (aves y peces). Sin duda la realización de sondeos con analíticas arqueobotánicas concretas, como las aportadas por las de silicofitolitos, podría permitir confirmar los límites de la antigua laguna, tal y como ya se ha hecho mediante reconstrucciones geográficas precisas (C. Criado, 2002).

contexto hídrico aparente, aunque con la seguridad de que el nivel freático se encontraba alcanzable para la raíz rizomatosa de *Phragmites australis* sp..

En el caso de *Arundo donax*, los primeros estudios morfométricos solamente pudieron acometerse tras realizar tratamientos más complejos con las hojas de esta planta. Efectivamente, cuando se comprobó que la calcinación simple de las mismas, a una temperatura de 400 °C, no era suficiente para aislar los morfotipos buliformes del resto de silicificaciones—que como en *Phragmites*, y otros géneros con producción buliforme, son muy abundantes— se aplicó el protocolo descrito por Jones y Case (1990) y Albert *et al.* (1999) para eliminar —mediante el ciclo de calcinación, oxidación ácida y calcinación— todo rastro de elementos volátiles. De este modo, será desde 2003 cuando contemos con imágenes suficientemente precisas como para acometer estudios morfométricos en elementos aislados (**Figura 464**), y en conexión anatómica original (**Figura 465**) localizados en el interior de los tejidos foliares de estas plantas.



**Figura 464** (Drcha.), Buliforme *Arc:Triangle* (vista planar) en *Arundo donax* (1ª prueba Dry ashing); **Figura 465** (Izqda.), Buliformes (vista lateral) en conexión anatómica dentro de los tejidos foliares. Ambas a 600x. J.A.

Este estudio preliminar permitió igualmente comenzar a diferenciar las zonas de desarrollo de ambas plantas, al menos en lo que respecta a la isla de Tenerife y Gran Canaria. Los primeros muestreos indicaron que la caña se encuentra bien distribuida actualmente desde zona de costa (fondos de barranco) hasta las medianías, con un límite altitudinal que podría situarse hasta los 1.000 m.s.n.m.. Mientras que en la costa aparece, en numerosas ocasiones, asociada a los fondos de barranco, en las medianías se sitúa en zonas de antiguos cultivos, aunque también en los mismos tipos de depresiones naturales. No hay ninguna razón para creer que se trate, en dichas zonas, de un desarrollo silvestre, sino que obedece directamente a la introducción de prácticas agrícolas —pero también con otros fines— desde época moderna<sup>121</sup>.

<sup>121</sup> Unas de las zonas más estudiadas en Tenerife ha sido La Esperanza, donde la caña llega a localizarse hasta los 1000 m.s.n.m., donde parece impensable su desarrollo silvestre, en un medio ambiente nativo dominado por laurisilva con transición al pinar húmedo hacia el norte y el bosque termófilo al sur. En dicha zona no se ha localizado

Desde una primera perspectiva, la situación de la caña —con respecto al carrizo— parecía asociarse a ámbitos mucho más antropizados que este último. Ciertamente el carrizo comenzó a identificarse en zonas antropizadas pero de forma más indirecta y sobre todo sin la gran proliferación que sí presenta la caña, al menos fuera de las áreas naturales de desarrollo. Una de las hipótesis de trabajo, acerca de la desigual proliferación entre ambas especies, sugeridas también por dichos hallazgos iniciales, era que se operara en el tiempo una gradual sustitución de *Phragmites* por *Arundo* en aquellas zonas donde el ecosistema natural, basado en carrizales, era desmantelado como primer paso para la implantación de estructuras agrícolas o de asentamiento humano<sup>122</sup>.

La caña (*Arundo donax*), una especie mucho más invasiva/agresiva que el carrizo, tendería a reemplazarle en aquellas zonas donde las condiciones de humedad fueran aptas para el primero. Esta hipótesis, inicialmente sugerida para el caso de las Islas Canarias, posteriormente se comprobó como hecho consumado en ambientes continentales urbanizados, en concreto de humedales (*wetlands*) de Norteamérica (Baty, 2003; entre otros). Entonces la caña, funcionando como planta invasora y oportunista ocuparía aquellas zonas donde no se llegaba a cubrirse o desmantelarse el suelo original, encontrando únicamente, como límite a su expansión, las zonas intermareales, con flujo de agua salada/salobre, donde el carrizo sí puede desarrollarse. De confirmarse este particular mediante las oportunas analíticas estratigráficas, dicho proceso continuaría en la actualidad, aprovechando la gran expansión urbanística de las últimas décadas del siglo XX y primera del XXI. Si bien en dichas décadas las cañas van dejando de ser paulatinamente abandonadas en cuanto a su uso antrópico básico, el estudio secuencial de la presencia arqueobotánica de ambas especies permitiría comprobar, además como las variaciones entre ambas, en el tiempo, determinan no sólo cambios ambientales sino también aquellos relacionados con el tipo de antropización del paisaje natural. Las derivaciones sociales y culturales que emanan de ambas permitirían afrontar lecturas muy significativas sobre la percepción histórica de estas plantas, profusamente empleadas desde la prehistoria y probablemente, en su desarrollo a partir de ahora, también como vehículo de información sobre los cambios relacionados con las sociedades actuales, sus diferencias geográficas, culturales, sociales y económicas con respecto a un medio ambiente natural en franca situación de cambio.

Las primeras muestras, recolectadas por el Dr. A. Santos<sup>123</sup> en Benijos (Tenerife) ratificaban tal lectura. Si bien las siguientes recolecciones ya se realizaron fuera de las Islas (Asturias, Escocia y Noruega), permitieron reconocer *Phragmites australis* en aquellos lugares donde se desarrollaba de forma silvestre, como marismas, marjales y riberas de ríos continentales (Tormes, Salamanca). Posteriormente se identificó la especie también en la zona de San Cristobal de La Laguna, creciendo cercana a cañaverales de

---

ninguna mancha de carrizos, quizás por no existir tampoco ninguna superficie lagunar, pero el desarrollo de grandes cañaverales es aun, en la actualidad, un hecho.

<sup>122</sup> A. Santos, 2007:Com. Pers.

<sup>123</sup> Unidad botánica del Jardín de Aclimatación de La Orotava, sito en el Puerto de La Cruz (Tenerife).

*Arundo donax* y posteriormente en uno de los ecosistemas que más se asemejan a los observados en el continente europeo: las marismas de Maspalomas (sur de Gran Canaria), aunque aquí se asume por las autoridades implicadas en conservación de este humedal que el carrizo no es una especie nativa en el mismo (**Figura 466**).

Si nos atenemos a la información bibliográfica existente, también se confirman las lecturas ambientales sobre ambas especies. Por su parte Klapp (1987) no diferencia entre las dos, asumiendo que a nivel de significación ecológica presentan requisitos similares, algo que creemos no se ajusta completamente a la realidad. Si bien es cierto que ambas producen, en su desarrollo, un resultado semejante en cuanto a colmatación y estabilizadores de las orillas, esto es más acusado en el carrizo que en la caña; aunque compartimos la afirmación, de dicho autor, de que la presencia de ambas siempre indica, con seguridad, la de una masa freática alcanzable y/o en movimiento.

Por su parte la caña, aunque funciona de forma similar al carrizo, en cuanto a la cercanía del nivel freático, siempre se la observa en marjales y no en marismas. Por lo tanto ésta parece ser una diferencia sustancial entre ambas especies, ya que mientras *Phragmites* ocupa ambos espacios (marismas y marjales) afectados o no por la inundación diaria o periódica, *Arundo donax* siempre lo hará en lugares más alejados de la afectación mareal<sup>124</sup>. Derivada de esta apreciación también se encuentra relacionada la tolerancia a la salinidad de ambas especies, que parece más desarrollada en la primera que en la segunda. De hecho, siempre hemos localizado al carrizo en marismas susceptibles de ser inundadas por la marea, mientras que la caña se sitúa bastantes metros por detrás de dichas zonas. También a nivel ecológico, el carrizo es una planta muy presente en zonas costeras, aunque en Canarias esta consideración debe matizarse geográficamente con respecto a zonas continentales, ya que la extensión hacia el interior, por motivos altitudinales y climáticos, es mucho más limitada. No obstante, asumimos el término «costero» como aquella zona donde existe afectación directa del ambiente marino, por ejemplo para el caso de la isla de Tenerife, la zona de La Laguna ya no lo sería, al menos en condiciones de circulación atmosférica normales (alisios, dirección NE) aunque desde una percepción global la afectación oceánica es indudable. Tales preceptos son fundamentales a la hora de observar el desarrollo de una u otra especie, ya que en concreto la caña, teniendo en cuenta dicha matización, presenta un mayor desarrollo en el interior que el carrizo.

---

<sup>124</sup> En todo caso la variabilidad es muy amplia, ya que existe un grado de salinidad, probablemente menor pero cuyas oscilaciones pueden variar de existir variedades dentro de la especie *A. donax* L., que estas plantas parecen asumir. Apreciación que obedece a la observación de los fuertes y extensos rizomas que desarrolla esta planta, la cual en algunos casos hemos estimado que extendía —dichos rizomas— hasta alcanzar el nivel de agua salobre de la ría de Pontevedra, aunque en un tramo situado a varios kilómetros del mar.





**Figura 466**, Marismas con desarrollo de *Phragmites australis* sp., Maspalomas (Gran Canaria).

Por su parte Houyuan *et al.* (1997) catalogan ambas como perennes, aunque advierten de las diferencias en el hábitat ribereño de la caña con respecto al del carrizo, más relacionado con lagunas y bancos de arena fluviales. Dicho estudio, únicamente versado en los problemas de reconocimiento de las buliformes del arroz con respecto a otras gramíneas de producción similar, deja claro que la gran cantidad de géneros que las producen, y por tanto el alto grado de incertidumbre que puede generar su estudio, el cual puede abordarse y acortarse empleando herramientas de discriminación estadística<sup>125</sup>.

También Bowdery (1998) desarrolla y estructura un esquema morfológico, basado en ejes de simetría como proponen los anteriores autores, pero reduciéndolo a un esquema que denomina *Arc:Triangle*. Dicho esquema, en conjunción con el anterior, permite intentar acotar el género al que pertenecen silicofitolitos localizados en yacimientos paleolíticos de zonas áridas australianas. Bowdery determina así una secuencia reciente donde *Phragmites australis* está presente, confirmando condiciones más húmedas que en los niveles situados por debajo de los 45 cm. del perfil Puritjarra (Australia central). Pero bajo este nivel las buliformes *Arc:Triangle*, que pueden adscribirse a dicha especie, no están presentes. Apreciaciones ecológicas de este tipo suponen acometer aspectos paleoambientales muy relevantes, pero para ello hay que disponer de criterios de identificación taxonómica muy elaborados.

Cuando se detectaron las primeras células buliformes *Arc:Triangle*, del tipo *Phragmites* sp., en El Llanillo (2005), se planteó que, aunque en la

<sup>125</sup> Como puede comprobarse en las dos aproximaciones morfométricas y estadísticas realizadas con los fitolitos de células buliformes de esta especie y otras, los parámetros empleados como referencia (medida en micras de los principales ejes de simetría en vista polar de la morfología *Arc:Triangle*), indican la existencia de diferencias que pueden funcionar para discriminar entre una u otra especie.

actualidad no existen rastro de su presencia en la zona, las condiciones ambientales –en el periodo de ocupación aborigen de este enclave– en el tracto final del Barranco de Lomo Arpón, debieron ser diferentes a las observadas en la actualidad. O bien existió un área de aprovisionamiento que permitía su recolección situada dentro del rango de movilidad de los miembros del grupo que habitaba el enclave, o bien podría hipotetizarse sobre su llegada por rutas de intercambio, algo para lo que aun debe dirimirse la importancia de esta especie con tal fin.

Pero si asumimos una lectura puramente paleoecológica, entonces podría hablarse de la existencia de una zona de marisma inundable donde confluían las aguas de escorrentías, llegadas desde la cuenca media y superior, con las del mar. Una zona que, como las observadas en Maspalomas, Ribadesella y Arousa<sup>126</sup> (entre otras) se consolidaría como apta para el desarrollo de fauna, y para el establecimiento de diferentes tipos de asentamiento. Tal y como hemos comprobado se trata de zonas altamente aptas para el asentamiento humano, al confluir en las mismas recursos hídricos, vegetales y probablemente animales. La presencia en El Llanillo de buliformes, que podrían asociarse a esta especie, parece confirmar que se trataba de una planta ya existente en época aborigen, al contrario que la caña, que parece deber su presencia a una introducción histórica dentro del conjunto de especies útiles y necesarias para la construcción, agricultura e incluso como fuente de energía. Pero aun parece pronto para asumir esta lectura taxativamente, la caña –como el carrizo– es una gramínea que pudo llegar al Archipiélago mucho antes de la presencia humana en las Islas. Luego se la utilizará y se operará, dado el oportunismo de la primera, una gradual sustitución, derivada en parte por las ventajas que presenta ésta con respecto a la segunda (rigidez, polivalencia, etc.).

Tal y como se ha comprobado, las diferencias entre ambas también vienen dadas a nivel metabólico, ya que mientras el carrizo no presenta periodo de dormancia<sup>127</sup>, la caña si lo hace, es decir pasa por un periodo donde pierde las hojas y presenta un estado menos vigoroso, que coincide con la época invernal, para luego, desde primavera, retomar la formación foliar y color verde. Por ello, durante la etapa invernal sus abundantes tejidos secos pueden ser usados –como hemos comprobado– como un material combustible muy apto para encender y mantener los hogares, suponiendo una alternativa momentánea a recursos leñosos, como los del pinar y Monteverde.

---

<sup>126</sup> Se compara aquí únicamente el ecosistema existente al respecto de la formación vegetal dominante y la conjunción de aguas de escorrentías con las del mar, para afirmar que existía una formación geográfica similar a las rías de la Península Ibérica habría que plantearse estudios geomorfológicos que lo confirmaran. Por el momento podríamos pensar en un paisaje no tan árido como el actual, en la zona de salida de este barranco al mar, ya que el agua de las escorrentías llegaría hasta la misma línea de costa, al no existir las canalizaciones y puntos de extracción que desde época moderna se realizan en los tramos superiores del acuífero y limitan o anulan su caudal.

<sup>127</sup> No hemos encontrado consenso sobre este tema en cuanto a las especies vegetales mencionadas. En todo caso las observaciones de campo confirman lo expresado sobre *Arundo donax*, que cumple con los parámetros descritos para el periodo de dormancia, es decir que entra en un estado de reposo en su crecimiento que coincide con la época invernal.

Las comprobaciones morfométricas realizadas entre células buliformes tipo *Arc:Triangle* de referencia, tomadas de un conjunto amplio de plantas patrones, indicaron la presencia en El Llanillo de formas similares, tanto las que presentan una casi perfecta simetría en su zona triangular como las que acusan cierta asimetría/disimetría en uno de sus bordes (Figuras 467-468). Ambas formas, que creemos finalmente pueden definirse como Buliforme A:T simétrico y Buliforme A:T disimétrico, han sido localizadas en todas las plantas patrones, tanto las procedentes de diversos enclaves de Tenerife y Gran Canaria como las de la costa de Noruega central (Refvik Beach) y norte de Escocia (Tarbet).

Dado que las comparaciones cualitativas pueden aportar un sesgo considerable, se procedió a una comprobación morfométrica, obteniéndose resultados igualmente muy cercanos. No obstante, el tamaño de la muestra analizada, en este caso, permitió abordar detalladamente las variaciones existentes en el registro biomineral de cada taxón de la especie en cada zona. Lo que permitió así asumir un estudio paralelo de la variabilidad silicofitolítica buliforme, en relación con el ya comprobado problema de la multiplicidad y redundancia enunciado originariamente por Rovner (1971). Dicha variabilidad permitió contar con un gran número de morfotipos, en cuya diversidad morfométrica fue posible identificar casos palpables de similitud, incluso a simple vista. Este fue el caso de los primeros resultados comparativos desde la ampliación de la Colección de Referencia con muestras de fuera de Canarias, presentándonos, en el caso de El Llanillo una rápida adscripción de algunos de los ejemplares buliformes detectados a la especie *Phragmites australis* sp, aunque se tratara de una variedad muestreada en las costas de Noruega central.

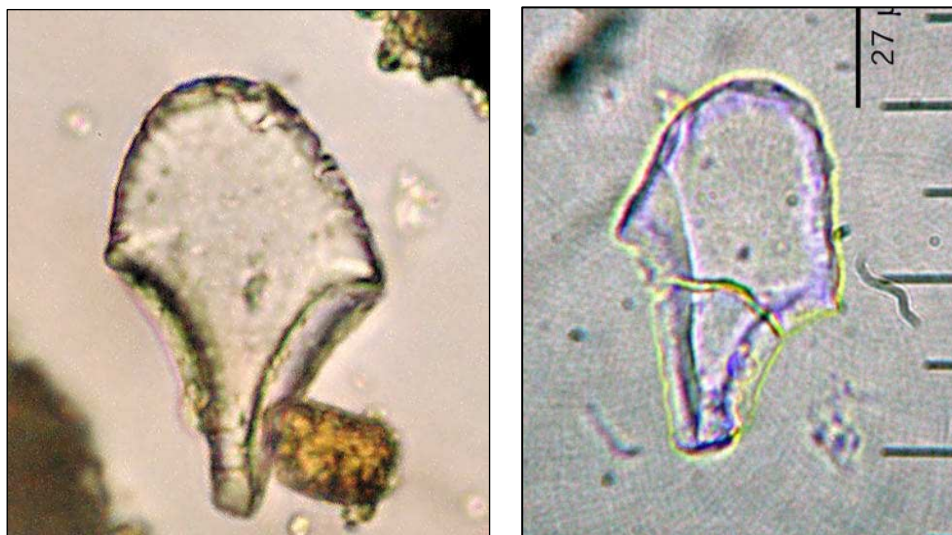
#### **Carrizos y cañas en la Prehistoria: constatación de su presencia en contextos arqueológicos y su inserción en lecturas arqueobotánicas.**

Tanto la caña como el carrizo son especies ya reconocidas en contextos arqueológicos de la Prehistoria. Su determinación –desde distintos tipos de restos arqueobotánicos– ha sido posible en yacimientos como el hábitat palafítico de Fiavé Carera (Trento, Italia) donde se localizaron industrias vegetales que en parte se habían confeccionado con cordeles de fibras de carrizo, y en diferentes contextos antiguos (Driscoll, 1999).

Igualmente existen varias informaciones arqueológicas sobre la entidad de los hallazgos de restos de *Phragmites* sp. en Próximo Oriente que se orientan hacia el estudio del paleoambiente de diversas zonas, así como de su posible papel en las economías prehistóricas (Ollendorf, 1987; entre otros). Este es el caso, también abordado por Rosen (1994), sobre las variaciones existentes entre las estructuras habitacionales de poblaciones cazadoras-recolectoras y productoras de Oriente Próximo, que fue posible asumir observando la presencia/ausencia de fitolitos de *Phragmites* en los materiales constructivos. Diferenciación que le permitió identificar el proceso de cambio entre ambos tipos fundamentales de economía prehistórica.

La recopilación de datos bibliográficos, sobre el estudio de la especie, a nivel histórico, realizada por L. Driscoll (1999) es sumamente interesante, ya que permite apreciar su detección en contextos muy antiguos, como los del Mioceno de Dakota (U.S.A.) por Newberry (1870).

Sin embargo, en el estudio de Ollendorf (1987) no se utiliza, en su identificación de células fitolíticas de *Phragmites*, la de células buliformes, a nuestro parecer mucho más esclarecedoras –dentro de su complejidad de estudio–, para la identificación de la planta, sino que se basa en las células cortas que, no obstante, colaboran en la diferenciación de esta especie con respecto a *Arundo donax*.



**Figura 467** (Izqda.), Célula buliforme localizada en los niveles arqueológicos de El Llanillo (Gran Canaria). **Figura 468** (Dcha.), Célula similar aislada en hojas de *Phragmites australis* procedente de Refvik Beach (Moloy, Noruega).

#### Microscopía biomineral de la caña y el carrizo.

Ambas plantas generan, en el interior de sus tejidos, abundantes morfologías biominerales, todas de composición silicificada en mayor grado de densidad, tamaño y grosor y. Tal y como se expone en el capítulo correspondiente, la biomineralización más común en las hojas de *Arundo donax* es la que adquiere forma y tamaño de célula corta y morfología bilobulada (*bilobate*, ICPN 1.0), anteriormente denominada panicoide (Twiss *et al.*, 1969), morfotipo que está ausente en *Phragmites australis*, como ya citaba Twiss, 1992; donde las formas dominantes son las de tipo trapeziforme (*trapeziform short cell*), y en concreto similares a las presentes en la subfamilia *Chloridoideae* (Figuras 469-470). Esta diferencia, en el registro fitolítico global, resulta clave para evidenciar la presencia de una u otra especie. Tal diferenciación, como ya ha sido citado anteriormente (Ollendorf, 1992) permite comprobar como la producción de silicofitolitos, redundante en el caso de las células cortas bilobuladas y las trapeziformes, permite también reconocer las existentes entre dos plantas pertenecientes a la misma subfamilia botánica (*Arundinoideae*).

Derivado de dicho particular, puede afirmarse que las células cortas no parecen ser un morfotipo de diagnóstico apropiado para el reconocimiento de ambas especies, al menos no de forma exclusiva y aislada en contextos donde se haya operado su dispersión. Tal planteamiento ya fuera mencionado por

Twiss(1992), quien planteaba que, para llevar a cabo ese reconocimiento taxonómico debía disponerse, además de las mencionadas células cortas, de secciones enteras de tejido vegetal silicificado. En función de las observaciones realizadas sobre las biomineralizaciones totales localizadas en dichos tejidos vegetales, parece que las células buliformes, presentes en concentraciones muy inferiores a las de las células cortas, suponen un morfotipo de diagnóstico clave en el reconocimiento de estas plantas en contextos antiguos (arqueológicos, edáficos y paleontológicos). Ya que sus parámetros morfométricos, y en especial los que describen sus principales ejes de simetría –como bien demostraran Houyuan *et al.* (1997) y otros investigadores–, resultan suficientemente diferenciadores entre especies, y sobre todo a nivel de género.

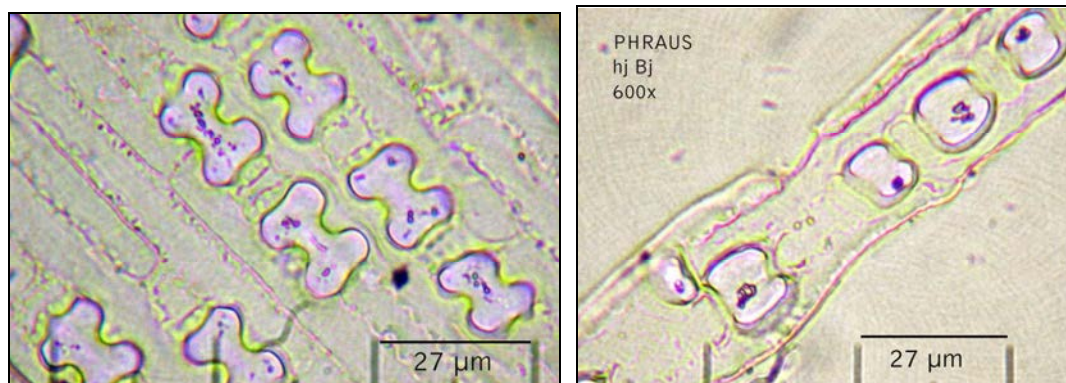
El estudio microscópico de las silicificaciones presentes en *Arundo donax* y *Phragmites australis* sp. confirma tal planteamiento, ya que si bien las células cortas de ambas especies ya son absolutamente diferenciables entre sí (células bilobuladas frente a células trapeziformes), sus células buliformes reúnen suficientes parámetros morfométricos, en especial los referentes a sus ejes de simetría, como para poder distinguirlas en contextos donde se encuentren dispersas por efecto del tiempo y los procesos postdeposicionales asociados al mismo. Tal estudio confirma primeramente una alta densidad de silicofitolitos, muy similar entre ambas, al menos en sus tejidos foliares, que resultan –como en muchas otras especies de gramíneas– donde se produce, muy probablemente por efecto de la evapotranspiración vegetal, el mayor grado de polimerización del SiO<sub>2</sub> contenido en la solución absorbida desde el suelo por la planta.

#### **Fitolitos de Células buliformes *Arc:Triangle*, ejes de simetría y otros fitolitos: buscando definir diferencias sobre los cañaverales.**

Como se observa en el trabajo de Houyuan *et al.* (1997) y hemos mostrado en subcapítulo anterior, las posibilidades de reconocimiento y discriminación a nivel taxonómico de especie, o como mínimo de géneros botánicos, es posible mediante el estudio concreto de células buliformes presentes en el grupo de especies tomadas como referencia ambos trabajos. Aunque en líneas generales creo que puede hablarse de complejidad en dichas posibilidades, no cabe duda de que, como ha ocurrido con el estudio de polen y esporas, llegará a poder superarse –tanto gracias a técnicas de inspección microscópica como estadística– el reconocido problema de la multiplicidad y redundancia existente en el estudio de silicofitolitos, enunciado por primera vez por Rovner (1971).

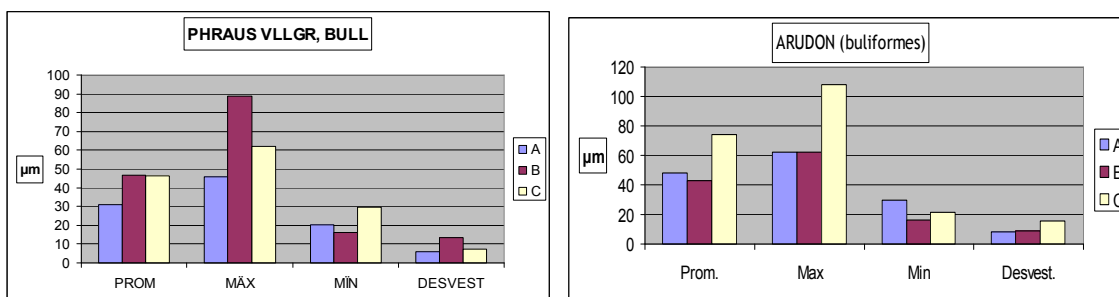
Sin duda los mejores casos que hemos entendido como válidos para ejemplificar la discriminación entre dos plantas similares, también en cuanto a algunos de los fitolitos que desarrollan, los constituyen *Phragmites australis* y *Arundo donax*. Tras todas las preparaciones observadas, las medidas tomadas al microscopio óptico y las observaciones de campo realizadas a tenor de las anteriores, puede llegarse a la conclusión de que sus fitolitos de células buliformes no pueden confundirse entre sí, como tampoco lo hacen sus células cortas, de tipo *saddle* en el primer caso y bilobulado en el segundo. Ciertamente existen diferencias sustanciales, entre los ejes de simetría de las células buliformes de ambas especies que ya no sólo constituyen un hecho

apreciable con una observación morfológica básica, sino que claramente se traduce a nivel morfométrico, solamente con un número mínimo de muestra de 100 ejemplares (**Gráficos 60-61**) que, como nos han indicado los valores de la varianza y desviación estándar, deben aumentarse probablemente a 400-500 ejemplares para ser aun más fidedignos.



**Figura 469** (Izqda.), Células cortas bilobuladas (*bilobate short cell*, ICPN 1.0) en hojas de *Arundo donax*. **Figura 470** (Drcha.), células cortas tipo *saddle* en hojas de *Phragmites australis*. La ausencia de las primeras en *Phragmites australis* puede considerarse una diferencia de diagnóstico con respecto a *Arundo donax*, que las comparte con las especies *Poaceae* pertenecientes a la subfamilia *Panicoideae*. Ambas: 600x. J.A.

La evidencia real de poder dirimir si determinados fitolitos corresponden a una determinada formación vegetal del pasado sin duda constituye un avance en si mismo. Más cuando las formaciones representadas se han desarrollado en ecosistemas muy concretos, si nos atenemos a los estudios que podemos realizar con plantas actuales y su entorno para extrapolar, sus resultados, planteando la existencia –en el pasado– de plantas similares. La vinculación al agua, inmediata o cercana, obviamente se traduce así en la posibilidad cierta de abordar cuestiones paleoambientales concretas, tanto con repercusión antrópica, social, como sin ella, al menos cuando se indagan etapas cronológicas donde no se estima la presencia humana, u homínida.



**Gráficos 60-61**, comparativos morfométricos de buliformes (Ejes A, B y C) de *Phragmites australis* (PHRAUS, taxón de Valle Gran Rey) y *Arundo donax* (ARUDON, taxón de Geneto). J.A.

En realidad la aplicación de tales aseveraciones tienen como potencialidades no sólo las expresadas, sino además las de poder ser aplicadas en contextos muy dispares, siendo obviamente fundamentales en aquellos donde el agua, en diferentes formas de presentación, tiende a acumular o circular o a desaparecer. O hacerlo totalmente. No hablamos obviamente de procesos puntuales, sino de aquellos implicados en cambios a escala global y zonal, quizás también local. A escala geológica los cambios climáticos ofrecen esa característica, se mantienen suficiente tiempo como para que la naturaleza actúe en consecuencia, modificando sus estructuras, de las más simples (organismos unicelulares) a las más complejas, flora y fauna concretas. Todo ello llevado al plano que estamos desarrollando, supone detectar tales cambios en contextos muy antiguos, como nos permitan los materiales y evidencias dejados en suelos y sedimentos, arqueológicos o no. Las gramíneas superiores que podemos entender como “de humedad” nos pueden aportar tales evidencias y los suelos funcionar como matriz portante.

Aunque obviamente nuestra mente tiende a trasladarse así a contextos antiguamente húmedos y hoy extremadamente secos, cuestión que supongo será compartida por el lector, éstos no tienen porqué ser de ámbito desértico, aunque también. Pero centrados en Canarias, la cuestión no deja de presentar menos posibilidades de indagación paleoambiental, dado que poco conocemos de lugares que hoy presentan una vegetación acorde a climatología imperante, como ocurre con la zona de marcada xerofilia, situada en la costa y que se prolonga hasta aproximadamente 400 m. en las fachadas insulares de barlovento y 800 m. en las de sotavento. Donde las condiciones edáficas y biológicas que permiten su desarrollo están expuestas a climas calurosos y secos.

Pero otro tanto sucedería con zonas, más de medianías e incluso de cumbre, donde hoy observamos formas degradadas de bosque termófilo y laurisilva. Por su parte, las formaciones de pinar y matorral de cumbre, hoy también en cierto sentido tomadas como climáticas, podrían haber experimentado cambios, tanto en épocas más frías como más cálidas que las actuales<sup>128</sup>. En todo caso, como se muestra con el estudio de suelos y sedimentos de zonas altas, las posibilidades —al menos las que abren cuestiones que aun deben responderse— son ciertas.

Sin duda para ello el principal obstáculo, que aun deberá sortearse, lo constituyen la multiplicidad morfológica, acusada incluso en los pocos gramos de residuo analítico de una misma planta, de unas mismas otras. La detección de varias formas, de una mismo morfotipo, dentro de una misma planta ya fuera puesto en evidencia por Rovner (1971), revelando uno de los aspectos más complejos y limitantes del estudio de fitolitos (y en concreto de los de base silíceas).

Dicho aspecto diferencia en mucho a la disciplina de otras con estudios versados en cuerpos microscópicos de origen vegetal, como ocurre con la

---

<sup>128</sup> Como en parte ya se ha adelantado, las analíticas de microfósiles realizadas en suelos de Las Cañadas del Teide han puesto de manifiesto la presencia de fitolitos de células similares a las descritas en este apartado, pero cuya complejidad —en el contexto donde aparecen— ha aconsejado tomar su evidencia con precaución.

palinología y las microalgas. Tanto los granos de polen como las esporas no manifiestan tal multiplicidad, pudiendo, no obstante existir ligeras variaciones que no limitan un estudio estadístico y morfométrico para poder emplearlos como herramienta de reconocimiento taxonómico.

Tampoco ocurre con las diatomeas y los quistes de crisofitas, donde la variabilidad es mínima para una determinada especie desarrollada en óptimos medioambientales concretos en tiempo y espacio.

Y es, tal y como hemos podido comprobar, en el campo de los fitolitos donde dicha variabilidad disminuye en el caso de ciertos tipos de células, como las cortas de tipo bilobulado/bilobado (*bilobate*, ICPN 1.0), trapeziformes y cónicas de los géneros de *Poaceae*. Pero en el caso de las células buliformes, las diferencias de formas y especialmente de estructuración de los ejes de simetría llega a ser suficientemente evidente<sup>129</sup> como para complicar la obtención de datos estadísticos sólidos con los que acotar lecturas de significado taxonómico y por derivación también arqueobotánico (**Figuras 471 y 472**). Tales diferencias incluyen especialmente a las que afectan a la definición de los ejes de simetría, mediante análisis morfométrico y cálculos estadísticos que –como hemos propuesto– podrían permitir la discriminación taxonómica al menos a nivel de géneros botánicos.

### Fitolitos de células buliformes: propuesta de estudio arqueobotánico desde el ejemplo de El Llanillo (Arguineguin, Gran Canaria)

Los sedimentos arqueológicos de El Llanillo iban no sólo a confirmar la diversidad que puede adquirir el registro de células buliformes cuneiformes en contextos arqueológicos, sino desde luego la entidad de un tipo de fitolitos que pueden considerarse de excepción, al menos en el transcurso de la investigación realizada entre 2002-2011 sobre plantas, sedimentos y suelos de las Islas Canarias<sup>130</sup>. Efectivamente continuamos hablando de lo que en la actualidad, en contextos anglosajones de investigación, se conoce como fitolitos de células buliformes (*bulliform cells phytoliths*), citada anteriormente como *forma de abanico (fan shaped)* por los primeros investigadores en fitolitos (Parry & Smithson, 1958; Pearsall & Dinan, 1992; Twiss, 1992; entre otros). Y que en la actualidad se corresponde con los fitolitos que Bowdery (1998) definió como de configuración “arco-triangular” (*Arc Triangle shape* o *A:T*) y más recientemente, en la propuesta ICPN 1.0<sup>131</sup> (Madella *et al.*, 2005), recibe el nombre de “célula buliforme cuneiforme” (*cuneiform bulliform cell*).

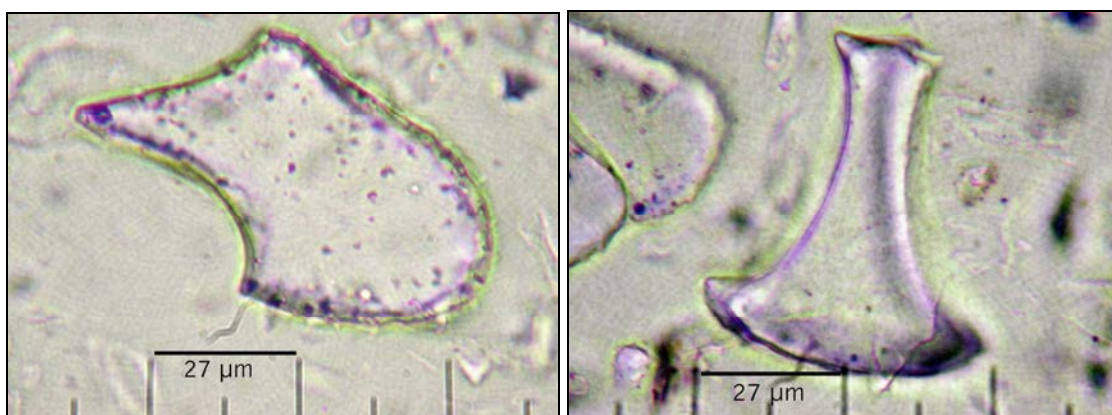
<sup>129</sup> En el estado actual de la investigación llevada a cabo, confiando en nuevos estudios que amplíen y profundicen en el conocimiento existente al respecto.

<sup>130</sup> Además de aquella más común en las palmeras, denominada como globular equinada (*globular echinate cell*, ICPN 1.0), y que obviamente por representar a una planta tan emblemática, a nivel cultural y ambiental como *Phoenix canariensis* revierte de interés para un estudio de fitolitos, tanto en su versión biológica como arqueobotánica y paleobotánica.

<sup>131</sup> *International Code for Phytolith Nomenclature 1.0.*



El motivo de otorgarles importancia y poner en marcha una búsqueda selectiva de las mismas en todos los materiales mencionados, deriva simplemente de su propia ubicuidad, ya que su presencia ha sido una constante no sólo en sedimentos arqueológicos sino también en suelos de las Islas. Lo que ha motivado la apertura de un capítulo específico e incluso una ruta de investigación paralela, que permitiera explorar sus especiales características morfológicas, experimentando con su potencial a nivel paleoambiental y arqueobotánico. Algo que comenzó a percibirse ya desde los primeros momentos en enclaves arqueológicos como El Llanillo, tras identificar varios tipos de estos fitolitos y comprobar —mediante la consulta simultánea a de datos bibliográficos— que representaban a un complejo y diverso grupo de plantas, todas pertenecientes a la familia *Poaceae* y con muy específicas preferencias medioambientales. El estudio de unos y otras requirió de la puesta en marcha de selectivas tareas de campo, con muestreos y recogida de datos, que no sólo se llevaron a cabo en varias zonas de Canarias sino también de otros ámbitos biogeográficos, donde dicho grupo de plantas se desarrollaban en estado silvestre.



**Figuras 471 y 472**, Variabilidad morfológica entre las células buliformes de la misma muestra de tejidos foliares, de *Phragmites australis* sp., taxón recolectado en Valle Gran Rey<sup>132</sup> (La Gomera).

Sin ninguna clase de dudas, este ha sido el caso ejemplar del “carrizo” (*Phragmites australis* y subespecies), ya que en cierta forma el estudio pormenorizado de esta familiar planta —más en unos contextos biogeográficos que otros— ha permitido vislumbrar complejas posibilidades de inserción en trabajos específicos, en concreto sobre secuencias de la Prehistoria insular y europea en general<sup>133</sup> (**Figura 473-474**). En todo ello es importante señalar la

<sup>132</sup> Gracias a la amable participación de D. J.C. Hernández (Museo Arqueológico de La Gomera) así como a una serie de amigos que colaboraron en su recolección.

<sup>133</sup> Especialmente en relación con los cambios climáticos del Holoceno y el desarrollo de zonas pantanosas en los estuarios de ríos, propiciados por el aporte sedimentario de los mismos. Pero también de zonas lacustres y de lagunas interiores generadas tras el retroceso de las masas hielo de los últimos álgidos fríos cuaternarios. Aunque en Canarias dicho proceso sin duda fue mucho menos relevante que en el continente europeo, se trata de secuencias climáticas —con clara repercusión vegetal— que nos son prácticamente desconocidas. El desarrollo de *Phragmites australis* podría ser de

capacidad de diagnóstico de sus células buliformes, complejas pero con posibilidades reales de estudio, gracias a la determinación de varios parámetros fundamentales. Hecho que se produce observando su silueta al microscopio en vista frontal, cuando pueden determinarse las medidas de varios ejes de simetría, espesor y en algunos casos ornamentación (Houyuan *et al.*, 1997; entre otros). Lo peculiar de dicha silueta (zona apuntada y zona de tendencia arqueada) resulta más evidente en dicha vista frontal, rotando el cuerpo hasta no hacer visibles sus zonas laterales, es entonces cuando estas morfologías de fitolitos se vuelven completamente evidentes, durante un análisis de sedimentos o suelos. Son sus rasgos los que las diferencia de otras células silicificadas y que también vienen dadas por su tamaño, al ser pocas las que de forma aislada no alcanzan –y superan en muchos casos– las 50  $\mu\text{m}$ .

Tal y como se plantea en trabajos anteriores (Afonso, 2004b) sobre los resultados con materiales de las Islas Canarias, estos morfotipos son –dentro de la complejidad de su estudio aislado– un claro ejemplo de singulares microfósiles silicificados con alto valor informativo, lo cual les otorga *características de diagnóstico* taxonómico. Este particular ya había sido apuntado por varios autores, sobre todo asumiendo que sus especiales características morfométricas abrían la puerta para la identificación de determinadas especies de la familia *Poaceae*, especialmente de aquellas asociadas a determinadas condiciones ambientales y similares parámetros botánicos (Metcalf, 1960). Posteriormente tales posibilidades serán aprovechadas para identificar plantas cultivadas de otras que igualmente podían encontrarse –y ser incluso explotadas con diversos fines– en contextos antiguos (Houyuan *et al.*, 1997; entre otros).

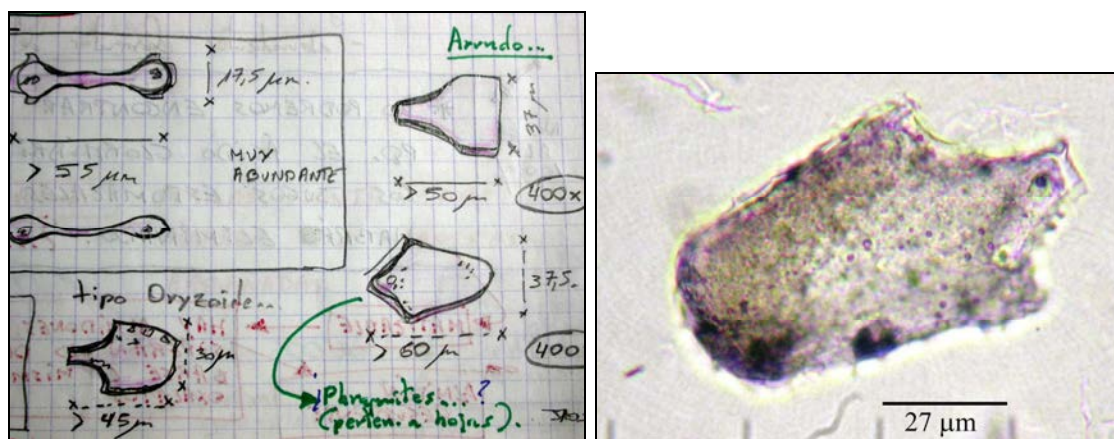
La mayoría de las células buliformes de morfología «*Arc:Triangle*<sup>134</sup>» son desarrolladas por plantas de anatomía vascular C3, mientras que un pequeño grupo pertenece a los de anatomía C4, entre ellos algunos géneros de la subfamilia *Arundinoideae*. De tal manera que las especies que presentan células buliformes con claros parámetros del tipo *Arc:triangle* como *Arundo donax*, *Phragmites australis*, *Oryza* spp, *Zea mays* y *Sacharum officinarum* –entre otras– se caracterizan por disponer de un mecanismo de fotorrespiración y aprovechamiento de agua muy similar. Pero otro grupo de plantas, agrupadas en las subfamilia *Chloroideae*, como los géneros *Eragrostae* y algunos pertenecientes a *Pooideae* también desarrollan este tipo de células. Puede destacarse las presentes en *Chloris gayana*, por la simetría y multiplicidad de sus buliformes, pero sin descartar las de otras especies y géneros como *Glyceria declinata* y *Brachypodium sylvaticum*, de muy especiales características morfométricas. Aunque en este último caso no se ha detectado la morfología *Arc:triangle*, sino que se trata de formas masivas, de tendencia rectangular y paralelepípeda (**Figura 475-476**). Por su

---

esos indicios clave para el conocimiento de la gradual creación de pastizales de gramíneas ribereñas, fruto de la atemperación del clima y de los procesos de sedimentación costeros en épocas con mayores índices de pluviometría que en la actualidad.

<sup>134</sup> Empleado para definir los fitolitos de células buliformes que presentan una parte en forma de arco (*Arc*) y otra triangular (*Triangle*) por Bowdery (1998), cuya abreviatura sería *A:T*.

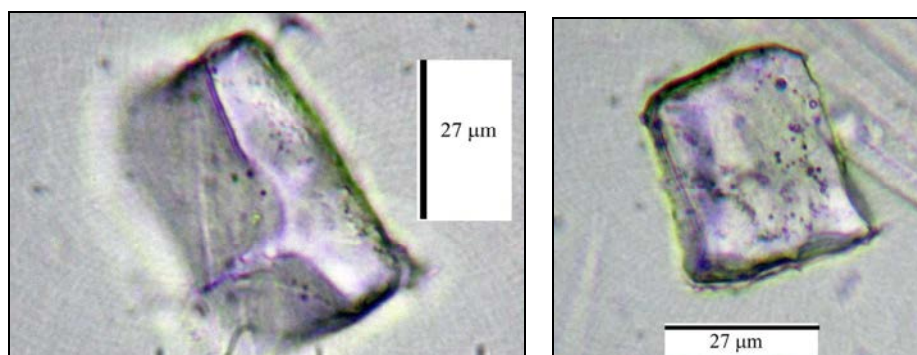
parte en *Glyceria declinata* no se localizó finalmente ningún tipo de células buliformes.



**Figura 473** (Izqda.), Primeros dibujos sobre las morfologías buliformes detectadas (entre otras) en El Llanillo y de los que destacaban al menos tres tipos de células buliformes cuneiformes junto a otras de tipo bilobulado. **Figura 474** (Drcha.), Uno de los primeros fitolitos buliformes estudiados, perteneciente en este caso a *Phragmites australis*, taxón de Ribadesella (Asturias oriental), donde pueden apreciarse las dos zonas (triangular y en arco) que conforman este tipo de fitolitos. 600x.

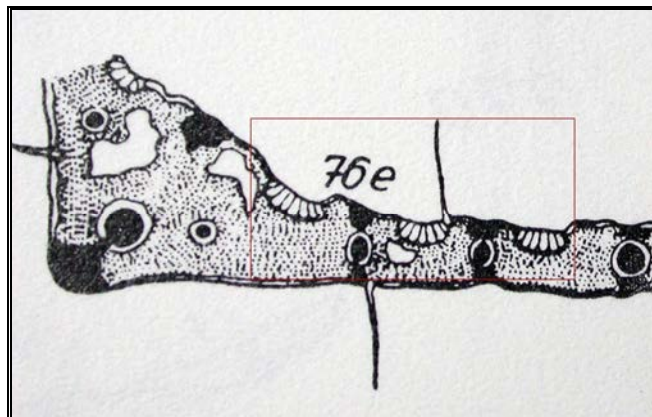
En la mayoría de los casos su situación anatómica en la planta es la misma, localizándose en bandas en el fondo de surcos, situadas sobre la cara superior de la lámina foliar<sup>135</sup> (Klapp, 1987, grabados). Por ello los análisis de laboratorio se centraron en el tratamiento y observación del residuo resultante de la oxidación y/o calcinación de la parte de las plantas que pudieran contener este tipo de células.

Efectivamente en el análisis microscópico de residuos de la planta pueden identificarse zonas con concentración de tales morfotipos, siendo ésta muy variable y estando en función de las características anatómicas de cada especie (**Figura 477**).



<sup>135</sup> Su situación en la lámina foliar es igualmente reflejada en el tercer descriptor citado por Madella *et al.* (2004), en la propuesta ICPN 1.0. En este caso se describen, también las células buliformes, desde su origen anatómico, cuyas dimensiones las hacen estar situadas entre las células del mesófilo y las epidérmicas.

**Figuras 475-476**, Células buliformes aparentemente no-cuneiformes en las hojas de *Brachypodium sylvaticum*. Ambas 600x. J.A.



**Figura 477**, Corte esquemático de la hoja de *Bromus ramosus* según Klapp (1987), con la situación de las células buliformes. Pese a que el autor no especifica tales detalles en su obra, la observación de los grabados permite apreciar como efectivamente han sido detectadas y reflejadas dichas células en sus descripciones anatómicas.

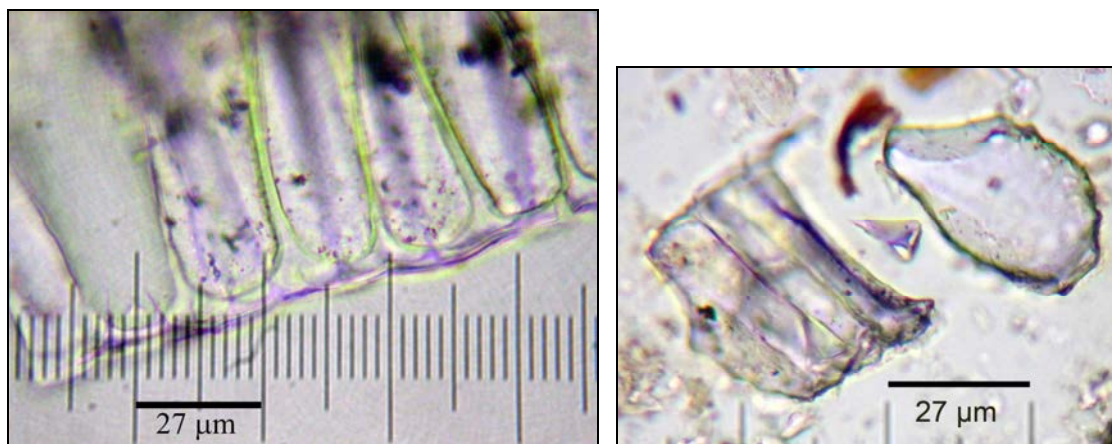
Cuando aun no se ha producido desarticulación artificial, propia de los tratamientos de laboratorio las células buliformes se presentan unidas por su cara ventral (**Figura 478**), algo que también ha sido detectado en fitolitos presentes en los sedimentos arqueológicos de La Cerera (**Figura 479**). Se trata de conjuntos de células dispuestos en un número variable de ejemplares (por lo general más de cinco) cuya separación no resulta fácil, sobre todo cuando siguen manteniéndose unidos tras haber aplicado métodos como el *Dry ashing*. Método de tratamiento que puede considerarse agresivo, si se tiene en cuenta que los tejidos no-silicificados son destruidos en su totalidad, tras ser sometida la muestra vegetal a doble tratamiento de calcinación (500°) y ataque ácido (HCl+HNO<sub>3</sub>).

En muchas ocasiones para realizar el estudio micro-morfométrico es necesario, tras la aplicación de los tratamientos mencionados y el montaje en preparaciones eventuales, emplear agujas o lancetas para conseguir observar células buliformes aisladas del resto, aun así los enlaces que las unen, en los tejidos vegetales, parecen suficientemente fuertes para impedir su desestructuración.

#### **Fitolitos buliformes en contextos arqueológicos: antecedentes.**

Obviamente tras comprobar las similitudes morfológicas entre las mencionadas células, así como los requisitos medioambientales de la mayoría de las plantas que las producen —especialmente en cuanto al contenido en humedad edáfica de los terrenos de desarrollo (Juan-Tresserras, 1997)— se llegó a la conclusión de que un estudio en profundidad de fitolitos, y características ambientales asociadas a las plantas portadoras, podría canalizar una parte de los complejos análisis de microfósiles hacia aspectos arqueobotánicos muy concretos. Especialmente siguiendo el objetivo de comprobar si el reconocimiento de ese tipo de células podría emplearse para

detectar un tipo de vegetación hidrófila, con preferencias medioambientales acordes a tal característica, tal y como presentan en la actualidad. Desde ahí su valor como indicador paleoambiental quedaría atestiguado, tanto a nivel arqueobotánico como paleobotánico.



**Figura 478** (Izqda.) Células buliformes en posición anatómica en hojas de *Arundo donax*, **Figura 479** (Drcha.), células similares, pero probablemente pertenecientes a otra especie *Arundinoideae*, en posición anatómica, de los que se ha desprendido un ejemplar, en sedimento arqueológico de La Cerera (CE-2.2 a). Ambas 600x.

Únicamente quedaba por dilucidar si algunas de estas plantas se encontraba relacionada con la explotación humana del medio vegetal en etapas prehistóricas, particular que fue prontamente comprobado en los trabajos de A.M. Rosen en Próximo Oriente (1993; entre otros). Efectivamente, Rosen detectó de forma común esqueletos silíceos de *Phragmites australis* en niveles pertenecientes al Neolítico Prececerámico, observando su gradual disminución en los del Neolítico Cerámico. Aunque no menciona el haberse centrado para ello en los fitolitos de células buliformes de esa especie.

Paralelamente dicha investigadora observa —en estos últimos niveles— un aumento de los esqueletos silíceos propios de cereales silvestres como *Aegilops* spp y *Lolium* spp. Y todo ello parece indicarle cambios sustanciales en los materiales empleados en la construcción doméstica, en concreto aquellos que hacen referencia a la estabilización de la estructura de hábitat. Gradualmente, los medios empleados para la confección de tales estructuras procederían directamente de plantas que permitieran emplear algunas de sus partes, principalmente tallos y hojas, en la confección de paredes y techos. Y para este fin, dichas partes, procedentes de gramíneas de gran porte como el carrizo (*Phragmites australis*), podría servir perfectamente. En este caso su explotación vendría aparejada de la propia mentalidad cazadora-recolectora, muy acostumbrada al trasiego por zonas húmedas (humedales o *wetlands*) donde precisamente esta especie se desarrolla, ofreciendo cobijo a diversas especies animales (aves y pequeños mamíferos principalmente)<sup>136</sup>. La

<sup>136</sup> Aunque en Canarias es bastante difícil localizar, en la actualidad, una zona semejante a las marismas de muchos ríos del continente africano y europeo,

captación de carrizos para emplearlos como elemento portante, y especialmente cubriente y ligero, sería algo habitual, posibilitando la confección de pequeños refugios, empleando muros de piedra seca y techumbre de cañas y hojas de esta especie.

Posteriormente, precisamente la explotación de otras plantas que dejan tras el aprovechamiento de sus granos abundantes restos vegetales de conocida resistencia, como hojas, tallos e inflorescencias, permitiría unir éstos con determinados suelos, logrando una mezcla compacta y más resistente a al intemperie, y paso del tiempo tras su secado: el adobe. Debemos entender, si seguimos a Rosen (1993) y tales planteamientos, que *Phragmites australis* comenzó a dejar de emplearse de forma abundante tras la invención de nuevos materiales de construcción, operándose un cambio en su aprovechamiento. De hecho, no son pocas las evidencias que muestran el empleo de los tejidos de esta planta hasta épocas relativamente recientes, aunque finalmente con fines más artesanales que industriales.

Y derivado de las evidencias y lecturas descritas por A. Rosen, puede afirmarse que *Phragmites australis* era explotada y empleada con distintos fines en etapas históricas anteriores al Neolítico, período donde se detectan cambios en los mismos. Disponemos por tanto un periodo de inflexión en la evidencia arqueobotánica que confirma la posibilidad de plantear varias hipótesis, tanto hacia las sociedades cazadoras-recolectoras como hacia las productoras. Claro está, que debemos acotar las herramientas de estudio, pero sin duda éstas parecen perfilarse bajo las formas de microfósiles provenientes de esta planta. Rosen (1992, 1993, entre otros) cita en sus trabajos los esqueletos silíceos —como forma de aproximación taxonómica más acertada—, pero a nuestro parecer, al tratarse en plantas cuya principal potencial reside en tallos y hojas, habría también que centrarse en las biomineralizaciones generadas en los espacios intercelulares. Y desde ahí llegamos directos a fitolitos como los de células buliformes cuneiformes (o que responden al esquema *Arc:Triangle*), que en *Phragmites australis*, como en las otras especies ya mencionadas, están ampliamente representadas (**Figura 480** y **Figura 481**).

Si *Phragmites australis* constituye un claro ejemplo de cómo emplear las células buliformes en muy concretas lecturas arqueobotánicas, el resto de plantas clasificadas como C3 pueden igualmente ofrecernos amplias

---

posiblemente existían, aunque en menores dimensiones y características a estas. Las tareas de prospección geográfica en diversas zonas como las descritas de las rías gallegas y asturianas, e incluso de marjales y marismas de Escocia, Noruega e interior de la Península Ibérica, han permitido observar la riqueza ecológica de tales ecosistemas. Y paralelos a esta observación, la zona de marismas de Maspalomas (Gran Canaria) ofrece un claro ejemplo de lo que pudo ser el paisaje de numerosas desembocaduras de los barrancos en Canarias (**Figura 482**), al menos antes de las profundas remodelaciones que acontecen con la implantación de edificaciones e infraestructuras, y por consiguiente relleno, de época moderna. En estas zonas, además de contarse con cauces de agua dulce semipermanentes, existía la posibilidad de captar recursos vegetales —como el carrizo— y diversos animales asociados a tales ecosistemas (aves y peces). Lectura esta última ya citada para el caso de los posibles humedales existentes en la vega de Arucas (Gran Canaria) por J. Morales (2006, Tesis doctoral).

posibilidades en cuestiones paleoambientales. Este particular queda de manifiesto en el trabajo de Houyuan *et al.* (1997), para el estudio de la explotación histórica del arroz (*Oryza* spp.) en contextos de las antiguas culturas de China. Aquí las células buliformes juegan un papel fundamental ya que sus tejidos aéreos —y en concreto los de sus hojas— pasan a formar parte de los sustratos donde se sembraron plantas de arroz. Un sustrato que parece idóneo para su deposición, quizás por la mayor seguridad de concentrarse bajo un medio líquido y horizontal, con menores probabilidades de ser afectados por los procesos erosivos que sí afectan sustratos no inundados. En todo caso, en dicho trabajo se analiza en profundidad el papel de las células buliformes para emplear su potencial informativo con dos fines concretos: la identificación de las pertenecientes a este cereal, y la diferenciación de éstas con las generadas por géneros y especies botánicas no pertenecientes a *Oryza* spp.



**Figura 480**, (Izqda.), Concentración de fitolitos buliformes cuneiformes en residuos experimentales de hojas de *Phragmites australis* (taxón de Valle Gran Rey, La Gomera). **Figura 481** (Dcha.) Fitolitos con el mismo origen anatómico en *Imperata cylindrica* (taxón de Arguineguin, Gran Canaria). 150x y 600x respectivamente. J.A.

En contextos prehistóricos, la presencia de restos de *Phragmites* sp. aunque cierta, no se restringe a la detección de células buliformes, sino también a la de células cortas del tipo *saddle* y trapezoidales (Ollendorf, 1987). Este sería el caso del estudio llevado a cabo por Ollendorf en Tel Mique (Israel), donde no se las menciona, pese a haber localizado en el transcurso de las prospecciones locales, por el wadi cercano, a esta planta. Lo cual confirma la dificultad para asumir que se trata de *Phragmites australis* cuando únicamente se detectan sus fitolitos de células cortas, en este caso del tipo *saddle*. De hecho, Twiss (1992) ya planteaba la dificultad para identificar gramíneas *Arundinoideae* por sus fitolitos de células cortas, afirmando que sólo era posible hacerlo en asociación con segmentos epidérmicos.

Un análisis en profundidad, centrado en la detección de células buliformes —cuantitativamente menos importante en los tejidos vegetales que las células cortas—, quizás podría haber permitido confirmar con mayor seguridad la presencia o ausencia de esta especie en dicho contexto arqueológico. Todo ello no hace sino ilustrar la problemática existente en materia de

diferenciación entre subfamilias como *Arundinoideae* y *Chloridoideae*, ya que en ambas existen taxones que producen células cortas tipo *saddle* (Twiss, 1992) y cuya diferenciación –a nivel de subfamilia– requeriría de amplios estudios morfométricos. Este hecho es patente en los sedimentos de El Llanillo, donde se detectan células cortas tipo *saddle* y donde un reconocimiento más exhaustivo, e incluso discriminante, de células buliformes corroboraría la presencia de una u otra familia botánica, o de ambas. Sin embargo como se verá, en El Llanillo la cuestión aumenta un grado de complejidad al reconocimiento taxonómico, puesto que no sólo están presentes en moderadas concentraciones las células cortas tipo *saddle*, sino que las células buliformes representadas son de varias tipologías, todas incluidas en la categoría buliforme cuneiforme (*bulliform cuneiform cell*, ICPN 1.0).



**Figura 482** , Marismas y marjales de Maspalomas (Gran Canaria) con desarrollo de *Phragmites australis* (inflorescencias en primer plano y plantas en segundo plano), que ejemplifican el contexto de marismas con desarrollo de gramíneas.

#### Propuesta para el estudio fitolitos buliformes cuneiformes.

Tal y como propongo en este apartado y en general a lo largo de todos los capítulos que abordan la cuestión de los fitolitos de células buliformes, confirmo que sus características poseen amplia capacidad discriminante, pese a las manifiestas dificultades de multiplicidad morfológica existentes. Pero que no resulta especialmente relevante a la hora de discernir entre dos subfamilias *Poaceae* como las mencionadas. Ejemplificando tales posibilidades, podemos centrarnos en las buliformes presentes en *Chloris gayana* (*Chloridoideae*) y *Phragmites australis* (*Arundinoideae*), que confirman tal capacidad de diferenciación al presentar esquemas morfométricos basados en un mismo esquema arco/triangular (*Arc:Triangle*, Bowdery, 1998) pero conformando figuras geométricas complejas, cuyas diferencias ya son apreciables a simple vista (**Figuras 483 y 484**).





**Figura 483** (Izqda.), Buliforme *arc:triangle* en hojas de *Phragmites australis* (taxón de Maspalomas (Gran Canaria)). **Figura 484** (Drcha.), la misma tipología en *P. australis* del taxón procedente de Catoira (Ría de Arousa, Pontevedra). Ambas: 600x.

Pese a que tales posibilidades deban contemplar aun la resolución de la enorme variabilidad morfométrica existente en especies como *Phragmites australis* e incluso en *Chloris gayana*, existen parámetros suficientemente sólidos —como los enunciados por Houyuan *et al.* (1997) y otros autores— para lograr discriminar incluso a nivel de especie y subespecie, como parecen mostrarnos los datos aportados por el amplio trabajo experimental realizado con *Phragmites australis*. Efectivamente, las diferencias detectadas, donde debe señalarse incluso una tendente a la pérdida de simetría (asimetría) de algunas células buliformes, lo son también —probablemente por derivación— a nivel botánico y ecológico. Ya que en virtud de las tareas de campo realizadas en Canarias, Península Ibérica, Escocia y Noruega central se han comprobado diferencias en el porte, así como en la propia configuración y densidad de la inflorescencia, que parecen indicar estar ante subespecies de *Phragmites australis* (A. Santos, 2010, Com. Pers.) adaptadas a uno u otro contexto biogeográfico.

Hemos entendido, tras tomar en consideración todos los pormenores señalados, pero especialmente tras entender que estábamos ante unos morfotipos que permitían asociar el carácter de indicador medioambiental, de una especie como *Phragmites australis* (propia de ambientes asociados a masas de agua), a la identificación de formas fitolíticas características de la misma. Tal conjunción, aunque puede emplearse con otras especies y sus respectivos fitolitos de diagnóstico, ratifica aquí sendas posibilidades explicativas de localizarlos en registros de sedimentos y suelos, tanto arqueológicos como derivados de actividades antrópicas.

El hecho de que los fitolitos buliformes cuneiformes pertenezcan a especies de gramíneas muy concretas, con requerimientos medioambientales asociados al agua, convierte a ambos en importantes objetos de estudio cuando se planteen estudios arqueobotánicos y paleobotánicos en contextos sedimentarios donde se estime la existencia de cursos o masas de agua. Incluso —como ha ocurrido en varias zonas analizadas para esta tesis— su presencia puede introducir interrogantes muy complejos. Como los que surgen cuando se detectan fitolitos de este tipo en secuencias estratigráficas con

niveles pertenecientes a momentos donde se produjeron condiciones ambientales muy diferentes a los actuales, y que involucran cambios paleoambientales acaecidos durante la *Prehistoria de un lugar*.

### Registro de células buliformes arqueológicas en El Llanillo: de aproximación metodológica a la investigación arqueobotánica global.

En los niveles sedimentarios de El Llanillo, conjunto arqueológico prehistórico<sup>137</sup> situado en la costa sur de Gran Canaria<sup>138</sup>, se realizaron análisis de fitolitos dirigidos a evaluar su contenido diferencial en distintas zonas del yacimiento. De las primeras impresiones recibidas, mediante inspección microscópica, una de la más relevante fue sin duda la presencia de células buliformes cuneiformes (*cuneiform bulliform cells*, ICPN 1.0) de variadas características morfométricas. Dada la baja concentración de otros grupos de fitolitos<sup>139</sup> en las preparaciones, el objetivo arqueobotánico se centró en el de identificar fitolitos derivados de plantas que pudieron ser empleadas en las estructuras habitacionales de El Llanillo. La información etnobotánica confirma que uno de los usos de *Phragmites australis* ha sido como elemento constructivo, por ello la presencia de células buliformes, en todos los niveles muestreados del yacimiento, derivó en que nuestro trabajo se centrara inicialmente en este tipo de células buliformes. La hipótesis de partida se configuró desde la idea de que si bien las células buliformes están presentes en las hojas y no en los tallos —que es el elemento con mayor capacidad portante— éstas podrían formar también parte de estructuras o industrias, dada la alta tenacidad que les confiere, como a otros tejidos foliares, de otras especies vegetales, su alto contenido en SiO<sub>2</sub><sup>140</sup>.

Se trata de los fitolitos que Bowdery (1998) definirá como *Arc:Triangle*, haciendo referencia expresa a una serie de células de gran tamaño, con caracteres morfométricos claramente discriminantes entre otros tipos de fitolitos (**Figuras 485-486**). Aunque algunos autores plantean que se encuentran presentes en otras familias botánicas a parte de las gramíneas

<sup>137</sup> Aunque no se disponen de dataciones para este yacimiento, se estima que pertenece a una cronología muy antigua, dentro del conjunto arqueológico prehistórico de Gran Canaria (J.F. Navarro, 2008, Com. Pers.) y por tanto podrían tratarse de los primeros siglos tras el cambio de era.

<sup>138</sup> Compuesto por varias estructuras habitacionales y túmulos, uno de ellos excavado y con confirmada función funeraria. El yacimiento se localiza en la zona sur de Gran Canaria (X= 434942, Y= 3070495), cercano a la localidad de Arguineguin, perteneciente al término municipal de San Bartolomé de Tirajana. Se sitúa geográficamente en una pequeña plataforma aluvial costera del denominado barranco de Lomo Arpón, su altura máxima es de 5 m.s.n.m., encontrándose, antes de su declaración como Bien de Interés Cultural (BOC, 13-06-1994), muy afectado en superficie por diversas actividades humanas.

<sup>139</sup> Otro de los grupos de fitolitos con importancia taxonómica, presente en los sedimentos, es el de las células bilobuladas que hacen referencia a la subfamilia *Panicoideae* o *Arundinoideae* en este caso.

<sup>140</sup> Un ejemplo claro sería aquí el de las hojas de numerosas palmeras, entre ellas *Phoenix canariensis*, con cuyas hojas pueden confeccionarse industrias domésticas de gran resistencia.

(*Poaceae*), compartimos la afirmación de Juan-Tresserras (1997) de que el grupo concreto de células buliformes cuneiformes –que será como puedan designarse aplicando los criterios de la propuesta ICPN 1.0– solamente se encuentran presentes en los tejidos foliares de un grupo específico de especies pertenecientes a la familia *Poaceae*.

El estudio morfométrico pormenorizado –muestra por muestra– indicaba que en el sedimento se habían depositado tejidos de plantas similares al carrizo (*Phragmites australis*) pero el hecho de que este tipo de células se encuentren en otros géneros y especies botánicas, motivó la puesta en marcha de un seguimiento botánico experimental, que nos permitiera esbozar a su vez un esquema teórico-práctico de intervención arqueológica. Con la presentación de este análisis preliminar, ya que solamente se ha estudiado el último nivel de la estratigrafía arqueológica, intentamos ejemplificar la aportación arqueológica de la disciplina de los fitolitos, pese a que un análisis de este tipo no deba centrarse –por obvias razones de veracidad científica– a un solo tipo de fitolitos. No obstante, como bien demostraron Houyuan *et. al.* (1997), en su ejemplar trabajo sobre los de células buliformes, el análisis en su concepción puede seguir un objetivo dirigido y específico que sin duda permite ofrecer nuevos datos sobre aspectos concretos de una excavación arqueológica, y que como ejemplificamos con la del yacimiento aborigen de El Llanillo<sup>141</sup>, nos aporta pautas de reflexión que sin duda permiten obtener un mayor grado de comprensión –en este caso arqueobotánica– sobre determinados tipos de plantas y por derivación de determinados tipos de explotación y aprovechamiento prehistóricos.

#### **Antecedentes y cuestiones previas.**

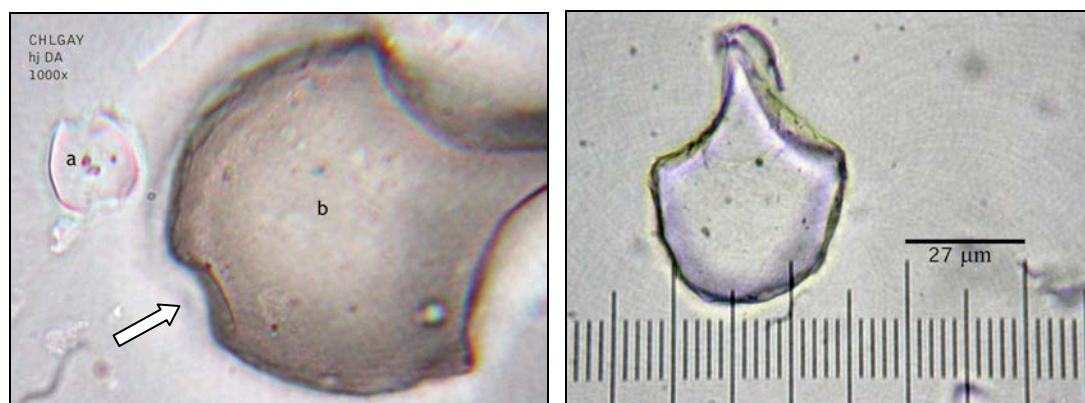
La realización de análisis de fitolitos, y otros microfósiles silíceos, sobre los sedimentos arqueológicos de este yacimiento evidenció, dentro de otros tipos, un inusual contenido de morfologías buliformes, que destacaban por sus definidas diferencias morfométricas con respecto al resto del registro de fitolitos. Destacando además por presentar ciertas concentraciones y sustanciales variaciones en cuanto a sus dimensiones y formas geométricas, partiendo éstas de la morfología idealizada de una parte en arco y otra en triángulo, como reflejan en sus trabajos Houyuan *et al.* (1997) y Bowdery (1998), entre otros autores. Lo constante de su registro, en casi todos los puntos del yacimiento, permitió fijarnos, el objetivo de poner a prueba la capacidad explicativa de tales tipos de fitolitos a la hora de acotar los géneros de la familia *Poaceae* que los produjeran, y que sin duda se relacionaba con la historia del asentamiento aborigen de El Llanillo<sup>142</sup>.

Siguiendo dicho objetivo se optó por llevar a cabo un estudio parcial de fitolitos, que debía permitir conocer hasta donde podían llegar las posibilidades explicativas del mismo. Se trataba, el registro detectado, de un diverso y moderadamente abundante grupo de silicofitolitos de células buliformes, anteriormente denominadas “formas de abanico” (*fan-shaped*), ya

<sup>141</sup> En especial lo que atañe a la explotación de recursos vegetales, sin descartar igualmente lecturas paleobotánicas al respecto.

<sup>142</sup> Siguiendo las indicaciones de los directores de la intervención del yacimiento: J.F. Navarro Mederos y J. Cuenca Sanabria.

mencionados en trabajos de clasificación clásicos como el de Twiss, Suess & Smith (1969) y autores posteriores. En la última propuesta internacional de clasificación morfológica de fitolitos (ICPN 1.0, Madella, Alexandre, Ball, 2005) se denomina, a este tipo de fitolitos, *Célula buliforme cuneiforme* para diferenciarla de las *Célula buliforme paralelepípeda*, que no presenta la zona apuntada de las anteriores. La primera de ellas, como se expresa más adelante, puede estudiarse de forma detallada si se establecen criterios de formas geométricas ideales; trazando ejes de simetría entre las dos partes morfológicamente diferenciadas de dichos cuerpos silíceos (**Figura 493**).



**Figura 485** (Izqda.), Célula buliforme cuneiforme y tipo saddle de *Chloris gayana* (taxón de Martiánez, Pto. de La Cruz, Tenerife), 1000x. Nótese la diferencia de tamaño entre la célula corta tipo *saddle* (a) y la célula buliforme (b). **Figura 486** (Izqda.), Célula buliforme de *Phragmites australis* (taxón de Mesa Mota, Tenerife), 600x. Entre ambas puede apreciarse una diferencia clave como es la morfología de su extremo más ancho, que en *Chloris* presenta una depresión cóncava o *talón* ausente en *Phragmites*. J.A.

Las observaciones realizadas en el transcurso de la elaboración de la *Colección Experimental de Referencia Fitoliteca1* mostraban que los mismos, de gran tamaño y morfología característica dentro del registro microscópico de los tejidos foliares, estaban presentes en unas determinadas especies de la familia *Poaceae* (*Gramíneae*). En concreto parecían, sus atributos morfométricos, estar generados por un grupo específico de gramíneas, que suelen compartir —a nivel ecológico— requisitos de humedad medio-altos (Juan-Tresserras, 1997; Houyuan *et al.*, 1997, entre otros). A dicho grupo pertenecen también algunas especies de gramíneas superiores<sup>143</sup>, utilizadas por el hombre desde la prehistoria, un aprovechamiento que se produce, según distintas zonas biogeográficas, hasta la actualidad. Plantas muy conocidas en Canarias como la “caña” (*Arundo donax*), la “caña de azúcar” (*Saccharum officinarum*) y el millo/maíz (*Zea mays*) son productoras, entre otros morfotipos silicofitolíticos, del tipo de células conocidas como buliformes. Otras especies menos abundantes en las Islas como el “carrizo” (*Phragmites australis*), o de uso más restringido a unas concretas, como el

<sup>143</sup> De una forma muy general serían aquellas de crecimiento alto y relativamente ricas en tallos.

arroz (*Oryza sativa*), sólo mencionado para Tenerife (Acebes *et al.*, 2004), también las producen.

Pero para llegar a una aproximación taxonómica sobre aquellas especies presentes en la época de funcionamiento de El Llanillo, como entidad socioeconómica aborigen, era necesario profundizar previamente en el estudio de este tipo de células, una cuestión compleja, por la necesidad de contar con una colección de muestras patrones lo suficientemente amplia como para poder permitir reconocer, desde los morfotipos fitolíticos presentes en el registro sedimentario, las plantas que les dieron origen. Igualmente dicha tarea se ve dificultada por el gran número de especies que pueden dar lugar a las mencionadas formas, tal y como apuntan los estudios de Houyuan *et al.* (1997). Por ello se buscó averiguar todo lo posible sobre las plantas que estuvieron presentes en este enclave arqueológico, tanto mediante la aplicación de métodos analíticos específicos, sin descartar la aportación informativa de otras fuentes documentales, que podrían colaborar en la resolución de las preguntas-problema formuladas previamente.

De este modo, la hipótesis de partida planteaba la posibilidad de que las células buliformes presentes, en numerosos puntos del muestreo realizado en verano de 2003, perteneciesen a especies como la “caña” (*Arundo donax* L.) o el “carrizo” (*Phragmites australis*), e incluso a otras, como el millo (*Zea mays*) o el arroz (*Oryza sativa*), que pudieron haber sido utilizadas históricamente como recurso vegetal. En este último caso se trataba de descartar la posibilidad de contaminaciones microscópicas modernas, desde plantas introducidas en época histórica, que por un proceso de iluviación llegaran hasta los niveles más bajos de la estratigrafía<sup>144</sup>. Téngase en cuenta que el muestreo de sedimentos realizado para este análisis se llevó a cabo en el último nivel excavado, por lo que se trata de un *análisis a ciegas* con respecto al resto de niveles. De pertenecer dichos tipos de fitolitos a especies de gramíneas de clara filiación histórica, aunque aportarían información, no colaborarían en la solución de las cuestiones formuladas en torno al registro prehistórico de El Llanillo. Igualmente importante era determinar si las plantas presentes pertenecían a especies de aprovechamiento humano, o se trataba de plantas adventicias, asociadas a posibles prácticas agrícolas prehistóricas en la zona de El Llanillo.

Atendiendo a la utilización de especies como la caña y el carrizo que, desde muy antiguo se han utilizado en la confección de cubiertas de estructuras habitacionales (Rosen, 1993), se procedió a un primer acercamiento teórico y metodológico a lo que podía ser un indicio de su presencia en este yacimiento. Preguntas y respuestas podían ser abordadas siguiendo los datos aportados desde el registro biomineral, pero sin descartar la utilización de fuentes ya habituales para la historia de Canarias, como son las que desde el siglo XVI mencionan algunos datos sobre la flora de las Islas. Así, algunos apuntes etnohistóricos nos han servido de armazón preliminar para abordar lo que primeramente se constituyó como una cuestión

---

<sup>144</sup> O incluso de aportaciones modernas que llegasen a los niveles arqueológicos más antiguos por verse acompañadas de remociones del terreno. Se sabe que en la zona han existido numerosas actividades actuales que han podido ocasionar tales remociones.

relacionada con la evaluación metodológica de materiales arqueobotánicos; pero también con aspectos vinculados a las condiciones de habitabilidad de asentamientos aborígenes de costa como El Llanillo. En todo caso, seguíamos la idea de que, identificando el uso de determinadas plantas, podríamos definir criterios muy específicos del sistema sociocultural que se intenta conocer, o como plantea Yarnell (1980) entrar de lleno en cuestiones arqueobotánicas complejas. Para ello el método analítico empleado se nutre también de algunos datos etnohistóricos, siendo su base empírica la información obtenida mediante experimentación con plantas actuales, tratándose en todo caso de una propuesta analítica con amplio y específico empleo de la microscopía óptica, cuyo fin último es prestar atención a los sedimentos arqueológicos y suelos, como documentos originales del pasado, a los que sólo es necesario interrogar adecuadamente.

### **Descubriendo los fitolitos de células buliformes en plantas de Canarias.**

Como en otros casos, la definición de un tipo concreto de fitolitos pasa por las dificultades existentes para lograr un sistema de clasificación universal de fitolitos, cuestión que se mantienen en la actualidad. Mientras que para otros bioindicadores de origen vegetal, como los granos de polen o los frústulos de diatomeas que, por sus propios rasgos intrínsecos de especie, no presentan problemas para su correcta adscripción taxonómica –como la producción de distintos tipos morfológicos (multiplicidad) ni la aparición de un mismo morfotipo en diversos taxones (redundancia)– en los fitolitos, tales aspectos, se constituyen como cuestiones que han complicado la confección de sistemas de clasificación debidamente consensuados (Juan-Tresserras, 1997). Así, derivado del intento por generalizar lo más posible un sistema de clasificación Pearsall & Dinah (1992) propusieron un modelo basado en el origen de los fitolitos en la célula vegetal. Y dentro de los diversos tipos enunciados por ambas aparecen las denominadas células buliformes. Esta denominación, como ya hemos expuesto y ampliamos más adelante no es la única para el mismo tipo de fitolitos, y cuya definición especificada como “buliformes cuneiformes” se contiene en una de las últimas propuestas de sistemática de clasificación nomenclatural global de fitolitos, al menos a escala europea y norteamericana, como la denominada *International Code for Phytolith Nomenclature 1.0* (ICPN 1.0) por parte de Madella, Alexandre & Ball, 2003, 2004.

Anatómicamente los fitolitos de células buliformes se encuentran especialmente en el mesófilo, o en la epidermis de las hojas de algunos tipos de gramíneas. La primera cita sobre el término «buliforme» parece ser –según cita Piperno (2007)– la de Parry y Smithson (1964) para referirse a células epidérmicas, también denominadas “células motor” (Bowdery, 1998; Piperno, 2006) por su relación con procesos fisiológicos de fotorrespiración de la planta. Estarían además relacionadas con el despliegue de las hojas en crecimiento, y con los movimientos de abertura y cierre de hojas adultas, pasando a estar implicadas en el almacenamiento de agua por parte de la misma.

Generalmente presentan apariencia tridimensional, alta silicificación y un tamaño considerablemente mayor con respecto al resto de células presentes en un registro fitolítico, pudiendo superar fácilmente las 50  $\mu\text{m}$ , lo cual hace que preferentemente se localicen en la fracción de las arenas situada entre

200-50  $\mu\text{m}$ . De hecho en la clasificación realizada por Bertoldi de Pomar (1971), seguida por investigadores de la escuela argentina de investigación en fitolitos (Zucol, 1995; Zucol y Osterrieth, 2002; Zucol y Brea, 2005; entre otros), se los contempla –por presentar un tamaño superior a las 40  $\mu\text{m}$ – dentro del grupo de los macrofitolitos.

Aunque pueden presentar numerosas variaciones morfológicas, siguen un esquema geométrico más o menos fijo, formado por una zona apuntada (triangular) que se abre en dos semicírculos, de grado de convexidad variable hacia una zona más ancha, que suele adquirir una forma de arco más o menos desarrollado en sentido longitudinal, para finalizar en una zona de talón posterior, también de morfología variable. Al contrario que la zona que se denomina triangular, la zona denominada “en arco” por Bowdery adquiere cierto grado de concavidad, al menos en aquellas células buliformes que no presentan salientes angulosos en esta zona (**Figura 488**). Por lo general la detección de estos parámetros ya permiten adscribir las a la clasificación de células buliforme.

Según algunos autores este morfotipo también aparece en otras monocotiledóneas, excepto las Helobiales (Juan-Tresserras, 1997; Houyuan *et al.* 1997; entre otros). Su apariencia motivó que se las denominara inicialmente “formas de abanico” (*fan-shaped*) o de cuña, y así fueron definidas en la clasificación clásica de Twiss *et al.* (1969). En trabajos más recientes se las definió como *Arc-Triangle shape*<sup>145</sup> (Bowdery, 1998) al observar que esta morfología, de forma ideal (**Figuras 487-488**) estaba formada por dos zonas claramente definidas: una parte semicircular (extremo más ancho) y otra triangular (extremo apuntado y estrecho), aunque como ya hemos adelantado existe una mayor complejidad que Bowdery describió perfectamente y que Houyuan *et al.* (1997) asumieran para introducirlas, como variables dependientes en análisis multivariante, con el fin de poder discriminar entre las especies que las producen.

Esos son en definitiva los tipos de fitolitos que en las últimas propuestas de clasificación se denominan como *células buliformes cuneiformes* (Madella *et al.*, 2004), para diferenciarlas probablemente de otras que no presentan la mencionada zona triangular.

A nivel de identificación microscópica es importante también su aspecto masivo, alta silicificación, y el relativo espesor que alcanzan en algunos taxones (por ejemplo los de *Arundo donax* y *Cynodon dactylon*) y sobre todo su tamaño medio, que ronda las 50  $\mu\text{m}$ , y en muchos casos las supera. Todos estos parámetros han podido observarse durante el estudio de las plantas patrones pertenecientes a la colección de referencia (*Fitoliteca-1*). Aunque no puede afirmarse que sean morfotipos abundantes en los tejidos foliares de las plantas que los producen, sobre todo si comparamos su concentración con otros morfotipos de las mismas plantas, en especial los de células cortas y largas. No obstante, si a la facilidad de detectarlas entre otros morfotipos, unimos la posibilidad de concretar datos morfométricos específicos, existe la

---

<sup>145</sup> La definición gráfica propuesta por esta autora nos ha parecido enormemente acertada, sobre todo al intentar estudiar los morfotipos de las plantas presentes en Canarias. Por ello se empleó su modelo de análisis en conjunción con el propuesto por Houyuan *et al.* (1997) para el género *Oryza sp.*

posibilidad de llegar a una completa identificación del taxón vegetal que les dio origen. Sin embargo, en la realidad llegar al nivel taxonómico de especie no resulta tan sencillo, como comprueban Houyuan *et al.* (1997) en el estudio conjunto de las células buliformes del arroz (*Oryza sativa*) con las de otras especies.



**Figura 487** (Izqda.), Buliforme cuneiforme de *Chloris gayana*, donde puede apreciarse una marcada simetría entre sus caras convexas (que convergen hasta constituir una forma triangular) y las cóncavas, que configuran la zona más ancha, 1000 x. **Figura 488** (Drcha), Buliforme de *Phragmites australis*, donde puede apreciarse un ligero grado de asimetría entre sus caras convexas (con poco desarrollo) y mayor simetría entre sus caras cóncavas, con mayor desarrollo en sentido longitudinal que en el caso de *C. gayana*, 600x.

En todo caso bajo el microscopio, tanto en las muestras de plantas actuales como en las arqueológicas, las células buliformes son fácilmente detectables por su propia originalidad micro-morfométrica, con rasgos distintivos de diagnóstico que permiten discriminar especies vegetales (Fujiwara, 1993). En algunos casos son células muy evidentes, incluso a nivel de corte histológico, en géneros como *Poa*, *Bromus* o *Arundo* si atendemos a las descripciones gráficas proporcionadas por Klapp (1987) y Madella *et al.* (2004), que han sido confirmadas durante el estudio de plantas patrones e incluso arqueológicas cuando éstas no han sufrido desarticulación anatómica.

Un aspecto importante, ya señalado por varios autores (Rovner, 1988, entre otros) es que muchas de ellas sólo silicifican bajo condiciones de humedad altas. Obviamente estas características las convierten en marcadores medioambientales de excepción, lo que permite a su vez, a nivel de lecturas arqueobotánicas y paleoecológicas, relacionarlas con los ecosistemas donde se desarrollaron. En el plano biogeográfico europeo –y africano con probable similitud– la presencia de *Phragmites australis* es sinónima, en tierra, de una masa de agua freática alcanzable y/o en movimiento. Siendo la que más probabilidades presenta de ser detectada en el mismo cauce de dichas masas de agua, incluso salada y con mayor seguridad salobre y dulce. En su caso, pese a que puede localizarse en el interior (formaciones lacustres y marjales de ríos), son habituales formadores de vegetación de marismas costeras.



Efectivamente –tal y como hemos podido comprobar– las plantas que desarrollan células buliformes, tanto silvestres como cultivadas, guardan relación en sus requisitos de humedad e insolación, cuando no también en su porte. Dentro de la serie estudiada por Houyuan *et al.* (1997) aparecen taxones que alcanzan gran desarrollo, como *Arundo donax* y *Phragmites australis*, hasta otras menores como las especies pertenecientes al género *Oryza*, pero también a *Eragrostis*, *Cynodon* o *Chloris*. De esta serie, la mayoría son plantas que tienen su hábitat en zonas húmedas, e incluso en suelos salinos inmediatos a la costa.

Siguiendo el mencionado estudio pudimos realizar la primera estimación de los géneros botánicos que podían estar presentes en Canarias, y que permitían llevar a cabo acotaciones de las especies a analizar, indicando aquellas que podrían desarrollarse en el entorno de El Llanillo.

Una vez realizados los primeros análisis al microscopio óptico<sup>146</sup>, creímos poder asumir que los morfotipos de gran tamaño, presentes en las muestras de El Llanillo, correspondían a células buliformes de gramíneas, siendo posible clasificarlas al menos a nivel taxonómico de género, mediante algunos de sus parámetros morfométricos. Estos morfotipos guardaban, en algunos casos, cierta relación con la serie estudiada por Houyuan *et al.* (1997), pudiéndose observar a un nivel morfológico básico algunas similitudes con *Neyraudia reynaudiana*, *Cynodon dactylon*, *Leptochloa chinensis*, pero sobre todo con *Phragmites australis*. Pero antes de profundizar en las tareas de observación microscópica, pudimos comprobar que varias de estas especies no aparecían en los inventarios de plantas de Canarias (Acebes *et al.* 2001), lo cual podía significar dos cosas, que se simplificaba el conjunto de plantas a analizar y que el reconocimiento completo, a nivel taxonómico, sería complejo, ya que inicialmente se desconocían las especies que pudieron producir los fitolitos observados.

Las hipótesis planteadas, ante una observación elemental de las plantas patrones, hacía pensar en que, a nivel paleoecológico, podría tratarse de gramíneas propias de humedales (*wetlands*) y que de pertenecer a algunas de porte medio-alto podían aportar alguna información paleo-etnobotánica, concretamente sobre la utilización de las mismas por los antiguos habitantes de El Llanillo. Y en todo caso, de no confirmarse este supuesto, los análisis funcionarían como método evaluador, en cuanto a su negación de las hipótesis formuladas previamente. Todo ello abría la puerta a nuevas perspectivas sobre la investigación arqueobotánica del yacimiento grancanario en particular, y de la de Canarias en general. Especialmente nos llamaba la atención que en la actualidad no existiesen –salvo algunas especies exclusivas de Gran Canaria– rastros de vegetación similar en las proximidades del yacimiento, aunque la situación de éste, en una plataforma costera de acumulación aluvial y la cercanía de un cauce de barranco, con amplio recorrido desde cotas altas, ofrecía posibilidades de estar en la hipótesis correcta.

---

<sup>146</sup> Equipos empleados: Leica CM E equipado con hasta 600x (objetivo seco) y 1500x (inmersión aceite) y Nikon LaboShot (400x en seco y 1000x aceite).

### Plantas de las Islas Canarias productoras de fitolitos de células buliformes.

Dentro de las especies presentes en las muestras patrones (C.E.R. Fitoliteca<sup>1</sup>), algunas parecían reunir los requisitos para ser protagonistas hipotéticos de la historia etnobotánica de El Llanillo. Una de ellas, la que tiene un uso más conocido, como elemento para producir sombra, entre otros, podía ser la popular “caña” (*Arundo donax* L.), que como ocurre con otros taxones inicialmente tomados –a escala botánica actual– son considerados como *probablemente introducidos*, como también lo es *Phragmites australis* (Acebes Ginovés *et al.* 2001). Con lo cual las preguntas-problema suscitadas se amplían también a la posibilidad de estimar –tomando los fitolitos como evidencias arqueobotánicas– la antigüedad real de este tipo de plantas en Canarias. *Arundo donax* es una gramínea de porte alto, que puede alcanzar cuatro metros de altura y desarrolla rizomas muy fuertes (Klapp, 1987), es productora de gran cantidad de paja, especialmente en los meses invernales, cuando la planta pierde buena parte de su color verde y ofrece un aspecto menos vigoroso. Hasta la actualidad sus tallos leñosos, cortados en sección o enteros, siguen usándose para confeccionar estructuras ligeras para producir sombra, también en Canarias, donde se las denomina popularmente “cañizos”<sup>147</sup>.

Al margen de los tallos, destaca el gran tamaño de sus hojas que se presentan ásperas y cortantes al tacto. Respecto a otros usos, el ganado sólo parece consumirlas en la etapa inicial de la planta, lo que sugiere que es su alta tasa de silicificación, existente en los espacios intracelulares de sus tejidos internos –que se acentúa gradualmente conforme avanza la madurez de la misma– la que la convierte en una planta tóxica para los mamíferos. Este aspecto ya ha sido señalado para otras plantas con alta producción de sílice biomineral, como es el caso de los Pteridofitos. Efectivamente la ingestión de sílice amorfo, en cantidades moderadas, ha sido relacionada con la apertura de graves procesos hemorrágicos internos, llegando a producir la muerte del animal o persona que lo ingiere, lo cual puede producirse por el consumo de determinados vegetales con medio-alto contenido en sílice biomineral en sus hojas, caso de *Pteridium aquilinum*, el helecho común (Alonso, 1999, entre otros). En todo caso la ingestión de partículas de sílice puede llegar a ser tóxica para los mamíferos siempre que su concentración sea moderada y dependiendo, la generación de daños internos, de la zona del cuerpo donde se depositen (Iler, 1979).

Hay que tener en cuenta que, como la mayoría de las gramíneas, en especial las similares a *Arundo donax*, son productoras de paja de alto rendimiento y valor medio. Sus tallos y hojas son útiles para cubrir techos, confeccionar esteras y mallas de sillas. En el caso del carrizo (*Phragmites* sp.)

---

<sup>147</sup> La cita más antigua que hemos podido localizar, sobre esta denominación, corresponde a unos párrafos de Tácito (*Historias*, Ediciones Clásicas, Madrid, 1997, pp. 127-28) al referirse a estructuras defensivas que portaban los legionarios romanos en combate. Entendemos que se trata de elementos confeccionados con los tallos de la planta, empleando también troncos de madera como soporte de los mismos, del modo que aun se siguió realizando durante la época medieval y hasta fechas muy recientes, —también en la Península Ibérica—, en zonas como la que engloba la comarca del Maestrazgo.

su rizoma puede incluso ser consumido como alimento de emergencia, permitiendo tras su molturación obtener un sustituto actual de la harina y el café. A nivel medioambiental, su presencia es indicadora de niveles concretos de humedad freática, cuando no de aguas remansadas o de fluir lento (Klapp, 1987). En este sentido el carrizo (*Phragmites australis*) es la especie que, junto con la caña, parece desarrollarse preferentemente en zonas con tales condiciones, por ello en otros contextos biogeográficos se la contempla dentro del grupo de las “malezas acuáticas” (Vera Herrera *et al.*, 1980). Su importancia a nivel ambiental y paleoambiental, parte de las zonas donde en la actualidad se desarrolla, formando ecosistemas de marismas dominadas por herbáceas, que al contrario que las zonas de manglares se encuentran en latitudes altas y medias donde opuestamente a aquellos, la temperatura superficial del mar es <16°C (Chapman, 1977; Long & Manson, 1983). Su tendencia a formar pastizales monoespecíficos y producción muy alta, propia de territorios de marismas saladas y salobres (Molles, 2006), ha sido también relacionada con cambios en el flujo hídrico y aporte de nutrientes en este tipo de cuencas (Greenberg & Maldonado, 2006).

Si bien en Canarias actualmente es relativamente fácil observar cañaverales de *Arundo donax*<sup>148</sup>, los formados por *Phragmites australis*<sup>149</sup> son mucho menos abundantes (Bramwell, 2001), aunque puede localizárseles en zonas como el nordeste de Tenerife (Benijo, Anaga) y en menor medida en la vega de La Laguna, en la zona que se extiende bajo la Mesa Mota (Tenerife), así como en terrazas aluviales costeras, caso de Valle Gran Rey (La Gomera). Incluso han generado topónimos que hacen referencia expresa a su presencia, como *Los Carrizales* en el norte de Tenerife, entre otros muchos ejemplos. Igualmente en la isla de Gran Canaria la presencia de contextos de marismas, residuales para lo que pudo ser este tipo de ambientes en la Prehistoria, se han detectado carrizales de cierta extensión (Maspalomas). Paralelamente al estudio de taxones recolectados en estas zonas, se realizó el de ejemplares recolectados en la Península Ibérica (Ría de Ribadesella, Asturias), donde aun se conservan amplias formaciones ribereñas de esta especie, pero también de algunas zonas europeas donde fue posible su identificación, como la franja costera del noroeste de Escocia y Noruega central, aunque con la posibilidad de estar ante subespecies diferentes a las presentes en Canarias<sup>150</sup>, pese a que, a nivel de morfología botánica, sus diferencias no eran tan acentuadas como para confundirlas<sup>151</sup>.

<sup>148</sup> Hemos detectado numerosas localidades de las Islas donde esta especie alcanza notable desarrollo. Por lo general aparece en zonas de medianías y con humedad media-alta. Igualmente es una planta común en los cauces de barranco, donde crece de forma espontánea. No obstante, se la ha detectado muchas veces formando setos entre propiedades rurales, o en los bordes de las mismas, lo que parece indicar también su utilización como límite medianero y barrera natural de protección de cultivos ante el viento.

<sup>149</sup> A los que denominaremos *carrizales*, puesto que se trata de un asepcción común, incluso fuera de Canarias.

<sup>150</sup> Dr. A. Santos, 2008, Com. Pers.

<sup>151</sup> En la identificación siempre ha sido un hecho de excepción la observación del entorno donde se desarrollaba la planta, siendo fundamental observar las propias características de la misma en un entorno de marjal o marisma, en la mayoría de los

Como ya se ha mencionado, uno de los trabajos que nos ha permitido aproximarnos a las plantas productoras de células buliformes, ha sido el de Houyuan, Naiqin & Baozhu (1997). Siguiendo la serie de plantas por ellos estudiada, pudimos acotar inicialmente las especies que podían estar detrás de este tipo de silicificaciones. De este modo observamos que de las 33 especies analizadas, sólo existían 5 que podían presentarse en alguna/s isla/s del Archipiélago Canario. Dando cabida a las especies presentes como muestras patrones ampliamos el rango de búsqueda a otras cuya presencia en las Islas puede definirse como introducida, intentando maximizar las posibilidades de acierto, descartando especies cuya presencia fuese más actual que las que aparecen en los sedimentos arqueológicos del Llanillo 03. Otorgamos, siguiendo la hipótesis de partida de nuestro trabajo, prioridad a especies que como la caña (*Arundo donax*) tienen una dilatada historia de aprovechamiento antrópico, y sobre la cual existen algunas referencias en cuanto a su utilización prehistórica, basándose en el reconocimiento de los esqueletos silíceos de sus hojas. Así Rosen (1993, 1989) los identifica en contextos del Neolítico Prececerámico, estableciendo diferencias con la posterior fase cultural correspondiente al Cerámico I, lo que para esta autora indica un cambio significativo en los materiales empleados para la construcción de estructuras de hábitat. Es interesante señalar que tal afirmación se ve respaldada por el aumento de esqueletos silíceos<sup>152</sup>, propios de cereales silvestres como *Aegilops sp.* y *Lolium sp.*, que pueden estar ratificando cambios a nivel sociocultural, con la tendencia a la estabilización de las estructuras habitacionales y el abandono paulatino de los materiales vegetales empleados hasta entonces, en este caso varias partes del carrizo (*Phragmites sp.*).

Centrando nuestro trabajo en la observación microscópica de los fitolitos buliformes localizados en las hojas de estas especies, comprobamos una concentración significativamente menor que otros tipos de fitolitos, como los de células cortas y largas. E igualmente que las morfologías identificadas no se correspondían totalmente con las especies analizadas de forma inicial (muestras patrones). De este modo, si al principio los análisis sobre la caña y el carrizo parecían poder solventar las cuestiones de partida, se hizo necesaria la ampliación de la colección de referencia con especies no presentes en la misma. Como ya se ha expuesto, se establecieron relaciones entre la serie estudiada por Houyuan *et al.* y el inventario existente sobre las plantas presentes en Canarias (Acebes *et al.*, 2001). Igualmente comenzamos a formulamos preguntas sobre el repertorio florístico zonal, para determinar especies que podrían ser analizadas, buscando siempre identificar y comparar sus células buliformes con las halladas en el Llanillo 03. De este modo se acotó la búsqueda a unos pocos géneros, de los cuales algunos solamente presentes en Gran Canaria como *Imperata cylindrica* (L.) P. Beauv. y *Glyceria declinata*. Igualmente los dos representantes del género *Chloris* (*C. Gayana*

---

casos introducida en la propia lámina del agua o en zonas inmediatas. También en la mayoría de los casos, la formación de carrizal se encuentra bien diferenciada de otros grupos afines ecológicamente, siendo bastante fácil identificarlos por ejemplo de la formación basada en *Typha sp.*

<sup>152</sup> Secciones silicificadas de tejido vegetal, en especial de aquel presente en las envueltas florales.

Kunth y *C. truncata* R. Br.) sólo aparecen descritos para Tenerife, por lo que inicialmente descartamos su procesamiento<sup>153</sup>.

En el caso de *Cynodon dactylon* (L.) Pers., especie presente en todas las Islas y conocida popularmente como “grama” o “grama común”, se trata de una gramínea perenne, de largos estolones y rizomas, muy resistentes a condiciones áridas y pisoteo continuo, que puede llegar a formar céspedes en lugares secos y sustratos arenosos (Klapp, 1983). A medida que se fueron analizando estas especies parecía comprobarse que, al nivel más básico de identificación (morfología y parámetros métricos), las observadas en El Llanillo no pertenecían a las dos elegidas para contrastar la hipótesis de trabajo inicial (caña y carrizo), como también se alejaban en cierta medida de las plantas tomadas para ampliar la colección de referencia.

Dentro de las posibles plantas generadoras de tales silicificaciones, también aparecían otras gramíneas con requisitos de humedad altos, como las que se incluyen dentro del género *Glyceria*. En Canarias únicamente aparece descrita la variedad *Glyceria declinata* Brév. como una excepción con el resto de especies pertenecientes a este género, ya que a diferencia de *G. maxima* y *G. fluitans* (entre otras) no se desarrolla en zonas inundadas, aunque sí lo haga asociada a caminos perhúmedos, pudiendo aparecer también en lugares sombríos. Pero *Glyceria declinata* es de menor porte que las anteriores, y rara en la Isla<sup>154</sup>, desconociéndose si tuvo algún tipo de aprovechamiento humano en el pasado. La necesidad de contar con muestras de referencia y de experimentación nos llevó a analizar *G. fluitans*, presente en los registros herborizados del Jardín de Aclimatación de La Orotava. El examen de sus hojas —tras ser sometidas a tratamientos de rutina— confirmó la presencia de fitolitos propios de la subfamilia *Pooideae*, especialmente los de tipo alargado y polilobulados (*polilobate elongate long cell phytolith*, ICPN 1.0) Pero entre los que no fueron detectadas células buliformes.

Por todo ello, y en la medida de nuestras posibilidades, se procedió a la recolección, tratamiento y observación de especies pertenecientes a géneros como *Imperata*, *Cynodon* e incluso otras introducidas, y de conocido comportamiento adventicio y/o invasor como *Pipthaterum* ssp. o *Sorghum halepense*, que nos permitieran una visión lo más amplia posible sobre sus contenidos microscópicos, buscando con ello el máximo acercamiento a la/s planta/s cuyas células buliformes aparecen en las muestras analizadas de El Llanillo 03. Se trataba ahora, como se procedió en el reconocimiento del contexto ambiental de enclaves arqueológicos de Tenerife (Santos, 1991), de acotar especies potencialmente presentes en la zona y someterlas al análisis microscópico de sus biomineralizaciones silicificadas...sus fitolitos.

---

<sup>153</sup> Antes del cierre definitivo del presente trabajo tuvimos la oportunidad de analizar las células buliformes de *Chloris gayana*, procedente de material de herbario del Jardín Botánico de La Orotava (ORT), comprobando su gran potencial en cuanto a concentración de las mismas en sus tejidos foliares. Derivado de dicho potencial se incluyeron sus datos en los análisis estadísticos realizados, cuyos resultados se muestran en el apartado siguiente a este.

<sup>154</sup> Descrita únicamente para Gran Canaria (Acebes *et al.*, LESDCanarias, 2004).

### Las fuentes etnohistóricas canarias y su aportación documental.

Intentando obtener datos históricos sobre este tipo de vegetales, y teniendo en consideración el planteamiento de que las fuentes etnohistóricas, también sobre las Islas Canarias, *no sólo cuentan lo que se observó en la realidad, sino que lo cuentan por una determinada razón* (Baucells, 2004), realizamos un mínimo rastreo bibliográfico sobre las existentes para Canarias desde el siglo XVI. Entendiendo que, desde esas fechas, uno de los aspectos tomados en cuenta, por la pragmática mentalidad de los primeros europeos en las Islas, será el relato más o menos pormenorizado de los recursos vegetales presentes en las zonas que visitan. Por ello las referencias al mundo vegetal deben entenderse como centradas en su explotación, pese a que en la mayoría de las ocasiones, se perciben las impresiones al respecto de determinados ambientes vegetales de las islas, aunque de forma muy superficial.

Si se busca con atención entre los párrafos existentes en ese tipo de fuentes, como la conocida Crónica Normanda o *Le canarien* (2003), las del padre Espinosa (1980) y L. Torriani (1978), podemos encontrarnos con sorpresas, en forma de datos más o menos encriptados por el lenguaje y las mentalidades de los siglos XV y XVI. Aunque siempre predomine en ellos una marcada direccionalidad hacia las potencialidades ambientales de las Islas, concretamente hacia la adaptación de cultivos. En este caso se trata de los cultivos ya conocidos por los europeos, como cereales y frutales, aunque en algunos casos se indican posibles usos de la flora nativa, especialmente los madereros, siempre siguiendo los criterios económicos de su época.

En el escueto rastreo bibliográfico motivado por este ensayo experimental, hemos tenido la ocasión de observar algunos datos etnohistóricos muy esclarecedores y que sin duda han colaborado en nuestro intento de concatenarlos con la información generada desde el estudio microscópico de las muestras de El Llanillo-03<sup>155</sup>. No obstante, salvo casos puntuales, es poco frecuente en dichas fuentes encontrar una información detallada sobre las especies vegetales existentes en un punto concreto de la geografía insular, sobre todo cuando éstas no entran dentro del conjunto vegetal prioritario para la mentalidad económica propia de comienzos de época moderna. A pesar de ello, en algunos casos, es cierto que la información sobre plantas presentes en las Islas, cuando comienzan a llegar los europeos, es abundante. Por ello algunos de estos datos nos han parecido suficientemente directos como para contextualizar, de forma preliminar, el estudio arqueobotánico parcial que pretendíamos aplicar a la mencionada zona arqueológica.

La primera referencia a la existencia de gramíneas de gran porte en Gran Canaria podría ser la aportada por Torriani (1978:90), cuando menciona que según algunos de los autores de su época, el nombre de *Canaria* estaría en relación con un tipo de hierba denominada “yerba canaria”. Curiosamente indica que se trata de una planta venenosa, que se encuentra en gran abundancia, y que afecta negativamente al ganado que la consume. Para Abreu Galindo (1977) esta hierba, denominada en latín *canaria*, también

---

<sup>155</sup> Seguíamos así las indicaciones del profesor J.F. Navarro Mederos al respecto de la posibilidad de concatenar la información etnohistórica con la búsqueda de restos microscópicos de plantas que pudieron estar presentes en la época de funcionamiento de El Llanillo como entidad aborígen.

perjudica gravemente a los caballos que la ingieren: “...*les cria mucha sangre y los ahoga y mata.*” Llama la atención que Torriani parece querer relacionar el aspecto de la misma con lo que él denomina «*cañamieles*», para referirse a lo que conocemos como “caña de azúcar” (*Saccharum officinarum*), aclarando oportunamente que ésta sólo fue introducida por los españoles una vez concluida la conquista de la Isla.

Si estuviéramos en lo cierto, las plantas que observan y refieren dichos autores, formando agrupaciones que les recuerdan a cañaverales de azúcar, podrían ser “cañas” (*Arundo donax*) o “carrizos” (*Phragmites sp.*)<sup>156</sup>, ya que ambas pueden dar forma a tales concentraciones en zonas con cierto grado de humedad, como desembocaduras y marjales de barrancos e incluso, en el segundo caso, ocupando zonas inundadas de forma permanente, o con cierta periodicidad<sup>157</sup>.

La similitud de ambas especies con la caña de azúcar es indudable, sobre todo en el primer caso, aunque *Arundo donax* suele ser la mayor de las tres especies citadas, y el carrizo puede presentar, por su parte, una apariencia más grácil que las otras dos, tanto en morfología como en porte. A un nivel más detallado, como corresponde a especies pertenecientes a una misma familia pero distinto género, existen diferencias taxonómicas que permiten distinguirlas. También a nivel fitolítico estas diferencias pueden colaborar en su clasificación, como ya plantearan Ollendorf, Mullholand & Rapp (1987).

No obstante, Torriani también nos indica la presencia de otras plantas profusamente utilizadas por los antiguos canarios, como los juncos<sup>158</sup>. Indicaciones que abren la puerta a la utilización de este tipo de información como forma de documentar las lecturas obtenidas por los medios analíticos empleados en nuestro trabajo. Habría que matizar que estas especies, analizadas como parte de la confección de la colección de plantas patrones, había sido descartada desde el principio, por no presentar una concentración de biomineralizaciones silíceas similar a las existentes en las especies de la familia *Poaceae*.

La obra del padre Espinosa (1980:29), concretamente para la Isla de Tenerife, no contiene informaciones tan precisas como las aportadas por Torriani, hecho que también puede relacionarse con las dificultades planteadas por Baucells (2004) para determinar la adscripción temporal de una u otra obra. Sin entrar en este debate, lo cierto es que, a nivel de descripción de algunas plantas, el ingeniero italiano –mucho más dado a los

---

<sup>156</sup> No obstante, parece incomprensible el desconocimiento de dicha gramínea por el ingeniero italiano o para Abreu Galindo, ya que son especies autóctonas en Canarias, es decir se desarrollan en otros muchos lugares, no sólo de la Península Ibérica sino de toda la cuenca mediterránea.

<sup>157</sup> Dada la importancia de *Phragmites australis*, como formador de malezas acuáticas silvestres, costeras y de interior, hemos realizado una amplia búsqueda e identificación de sus formaciones (carrizales) por varias zonas costeras de la cordillera cantábrica, desde Galicia al País Vasco. Igualmente hemos podido identificar esta especie, en contextos de marismas, de la costa oeste de Escocia (Tarbet) y marjales de la costa noroeste de Noruega (Refvik beach).

<sup>158</sup> Pueden seguirse algunos datos referentes a la industria del junco, por parte de los aborígenes canarios, en el trabajo de Galván (1980, pp. 43-84).

detalles— nos ofrece datos relevantes que no menciona Espinosa. Las conclusiones que hacemos, al respecto de este último, es que no aporta ningún dato sobre la existencia de gramíneas de gran tamaño empleadas por los aborígenes tinerfeños. Si bien es cierto que utiliza la denominación “caña<sup>159</sup>” para describir el grosor de las hojas del drago, pero sin realizar ninguna puntualización sobre esta gramínea en cuestión, aunque obviamente vemos como figura este término dentro de su repertorio lingüístico. Queda pendiente dilucidar si Espinosa emplea el término comparándolo con las hojas de algún tipo de gramíneas, como las que hemos escogido como muestras patrones iniciales.

En espera de estudios en profundidad, creemos que dicho tipo de informaciones siguen siendo, también a nivel arqueobotánico, de utilidad, al menos en cuanto a una contextualización previa, no sólo de la mentalidad de los autores que reflejan un aspecto u otro, sino de las sustanciales diferencias que podían existir entre su percepción de las necesidades cotidianas y la de los aborígenes canarios. Por lo demás, no parece que estos utilizaran tales plantas en la alimentación de sus ganados, ya que no se cita la misma, incluso planteando que podían ocupar amplias zonas de barrancos, y otras cuyas condiciones naturales permitían su desarrollo. Como pretendemos argumentar en este apartado, queda pendiente dilucidar ya no sólo la presencia diferenciada de tales tipos de gramíneas —que parece evidente en época aborígen— sino los usos que de ellas hacían, algo que sin duda puede permitirnos conocer mejor esta parte del pasado insular.

#### **Plantas analizadas para el seguimiento de fitolitos buliformes cuneiformes.**

Siguiendo el conocimiento adquirido en los estudios de fitolitos, desde el que se contempla la importancia la experimentación directa con plantas actuales para el desarrollo de cualquier estudio de biomineralizaciones, en contextos arqueológicos o paleoambientales (Juan-Tresserras, 1997; Pinilla, 1997; Albert, 1999, entre otros), se sometió a algunas de estas plantas a varias técnicas analíticas. Todas fueron analizadas y observadas utilizando los mismos medios técnicos, para comparar sus contenidos biominerales a nivel cualitativo y cuantitativo, siendo recolectadas en diversas zonas de Tenerife, Península Ibérica y algunas otras zonas de Europa<sup>160</sup>. En el caso de *Arundo*

<sup>159</sup> Al menos en la actualidad —y con seguridad desde hace unas décadas—, el término caña se asocia ineludiblemente, y de forma muy común en Canarias, a la “caña de barranco”, que pertenece a la especie *Arundo donax* L., sin que haya por lo general confusión con respecto a *Phragmites australis*, al menos en los ambientes rurales, donde se la conoce claramente como carrizo. No obstante, ese conocimiento, como otros que vinculaban más a la población canaria con la naturaleza, tiende a perderse. Poco sabemos de los aspectos etnobotánicos de ambas plantas en las Islas, pero con seguridad eran bien conocidas y diferenciadas en los ambientes vinculados a las labores agrícolas, ganaderas e incluso pesqueras de principios del siglo XX, cuando aun se tenían muy claros los usos dados a una u otra especie.

<sup>160</sup> Paralelamente, gracias a la facilidad de localización de esta especie en biotopos muy concretos, se consiguió analizar tejidos foliares de taxones localizados en zonas biogeográficas muy distantes de las Islas Canarias, como Tarbet (noroeste de Escocia) y Refvik Beach (costa de Noruega central). La riqueza de datos aportados por estos taxones, en su comparación con obtenidos anteriormente, ha permitido llegar a



*donax* se recolectaron tallos completos con hojas, que fueron separados para su tratamiento de laboratorio. Igualmente se procedió con plantas presentes en zonas de medianías, como La Esperanza (Tenerife), donde, como en otros lugares, suele emplearse la caña/cañizo como barrera natural, cortavientos y medianera; pero también se recolectó en cauces someros de San Miguel de Geneto (Tenerife).

Especial mención requiere el trabajo experimental con *Phragmites australis*, ya que su presencia constituía la hipótesis central a verificar, como una planta de posible presencia en El Llanillo. De ello derivó una compleja labor de recolección y análisis comparativo. Los primeros ejemplares de esta especie fueron recolectados fuera de las Islas (Ría de Ribadesella, Asturias), zona donde da forma a carrizales ribereños de gran densidad y extensión. Para comparar diferencias, y similitudes con sus homónimos canarios, se recolectó una especie similar, que puede adscribirse a *Phragmites cf. australis* (A. Santos, 2005) en la zona de Benijo (Anaga, Tenerife) donde se desarrolla de forma natural, siempre en menor proporción que la caña<sup>161</sup>. Este particular también pudimos comprobarlo en el transcurso de las prospecciones sistemáticas realizadas en algunas zonas de la vega de La Laguna (Tenerife), así como en las entrevistas personales mantenidas con los escasos agricultores que aún quedan en la misma. Aquí, las amplias formaciones de cañaverales están dominadas por *Arundo donax*, mientras que *Phragmites* aparece siempre en menor proporción, y en muchos casos asociado al anterior. En el caso de *Cynodon dactylon* (“grama común”) fue identificado, entre otros lugares, creciendo de forma espontánea sobre tierras removidas, en las dependencias del Jardín Botánico del Puerto de La Cruz (Jardín de Aclimatación de La Orotava), cumpliendo claramente su papel de gramínea cosmopolita y planta con porte claramente inferior a las anteriores (**Figuras 489-490**).

Derivado de la exclusividad de algunas especies en cuanto a su presencia, únicamente circunscrita a algunas islas, se trabajó con material procedente de herbarios. Este es el caso de *Imperata cylindrica*, una especie que como hemos mencionado, sólo está presente en Gran Canaria<sup>162</sup> (Acébes Ginovés *et al.*, 2004). Para realizar el tratamiento y posterior análisis se utilizó una pequeña porción de material seco existente en los fondos del herbario del Jardín de Aclimatación de la Orotava (ORT). Pero entendiendo que la

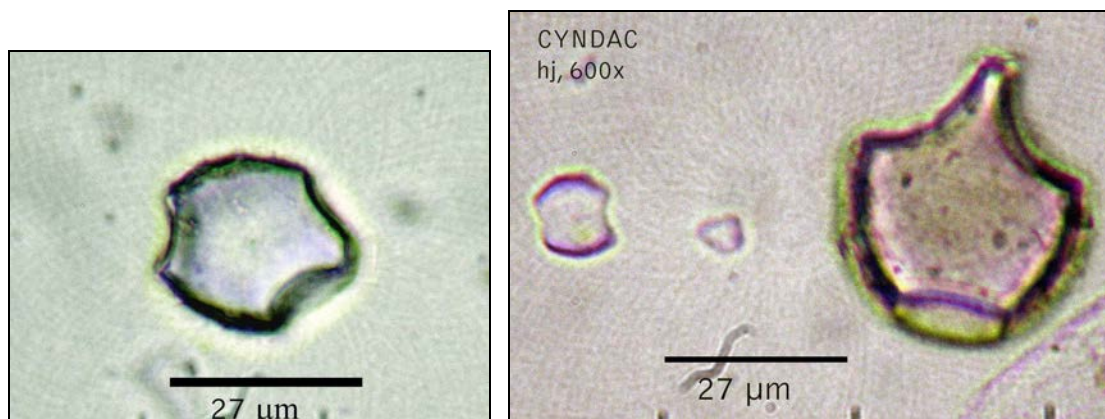
---

profundizar en el estudio de las células buliformes de *Phragmites australis*, y con ello ampliar las posibilidades de reconocimiento taxonómico —desde dichas células— en contextos de la prehistoria global y zonal.

<sup>161</sup> Hasta el momento las observaciones y recolecciones de esta planta por distintas zonas biogeográficas como Asturias (rías zona oriental), Escocia (costa oeste) y Noruega (zona costera central) indican que se desarrolla principalmente en zonas inundadas, o con aporte periódico del agua del mar y/o con conjunción de agua dulce. Las desembocaduras de barrancos o ríos, lo que popularmente se conoce como “rías” en la zona galaico-asturiana parecen una zona ideal para su desarrollo. No obstante, también ha sido detectada en zonas del interior de la Península Ibérica, en bancos de arena fluviales, donde se aprecia una disminución notable del cauce habitual del río (Río Tormes, Salamanca).

<sup>162</sup> Existe una cita reciente sobre su presencia en Fuerteventura (Scholz *et al.*, 2006) asociándola a la introducción de *Phoenix dactylifera* L. desde la Península Ibérica y norte de África.

colección de referencia debía extenderse hacia cualquier gramínea con producción de células buliformes, se localizaron finalmente ejemplares herborizados de *Chloris gayana* (ORT), cuyo estudio ha resultado ser uno de los más esclarecedores. Igualmente se compararon las muestras con especies que había que descartar, tanto nativas como introducidas, caso de *Hiparrhenia hirta*, *Zea Mays* o *Eragrostis castellana*.



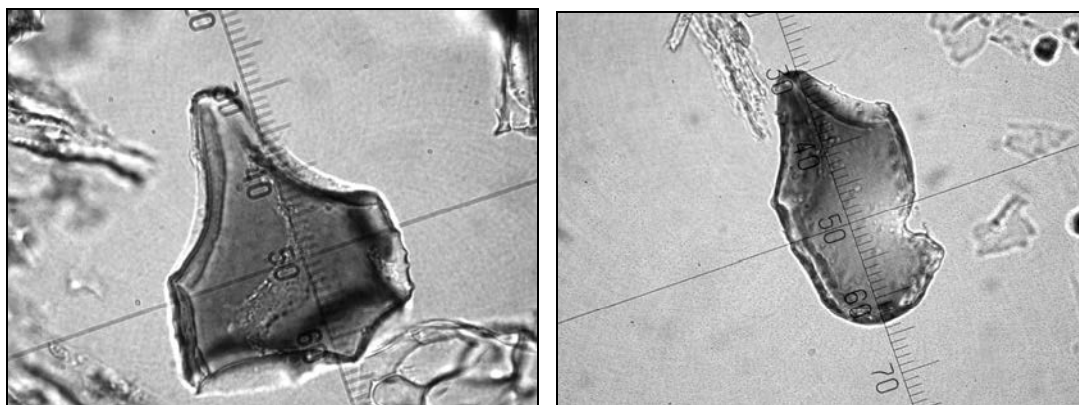
**Figuras 489 y 490** Células buliformes en *Cynodon dactylon*, mostrando su simétrica silueta, caracterizada por la homogeneidad de sus ejes de simetría y talón con resaltes (Izqda./Drcha.) y las células cortas tipo *saddle* que les acompañan, en mayor proporción, en los tejidos foliares (Drcha). Ambas 600x. J.A.

El procedimiento empleado para lograr la extracción y concentración de células silicificadas, desde plantas actuales, sigue los métodos descritos el Capítulo correspondiente al tratamiento de plantas con este fin.

Para el estudio microscópico se tomó una alícuota de la muestra, que se montó entre portaobjetos y cubreobjetos, añadiendo una gota de aldehído cinnámico<sup>163</sup> y aceite para realizar preparaciones eventuales, y Bálsamo de Canadá para las preparaciones permanentes. Ambos medios poseen un índice de refracción igual a 1.55, algo superior al de los fitolitos de sílice. Las observaciones se llevaron a cabo en microscopios Leica y Nikon equipados con sistemas de foto-micrografía digital y analógica respectivamente. Las identificaciones morfológicas se realizaron utilizando las descripciones de Twiss *et al.* (1969, 1992) y las propuestas por Madella *et al.* (2004). Derivado de los paralelismos de nuestro estudio con el trabajo de Houyuan *et al.* (1997), se prestó especial atención a las indicaciones en ellos contenidos, sobre todo en cuanto a las características de las células buliformes producidas por las especies de gramíneas estudiadas. En este caso han sido de gran ayuda los criterios establecidos, por estos autores, para la definición de magnitudes lineales y morfométricas que pueden colaborar en la determinación taxonómica de tales células. Y siguiendo la experiencia Houyuan *et al.* (1997) y Bowdery (1998) se procedió —como práctica experimental— a la

<sup>163</sup> Método descrito y aconsejado por Pinilla (1997, entre otros) para el estudio de fitolitos permitiendo su observación en 3D, dado que el grado de licuefacción de este medio de inclusión facilita la rotación —mediante una lanceta o instrumento similar— de la partícula observada.

configuración de modelos gráficos ideales, derivados de los datos morfométricos obtenidos de las células buliformes estudiadas, tanto las de origen arqueológico como de referencia actual. En concreto el estudio morfométrico se basaba en determinar las medidas (en  $\mu\text{m}$ ) de los tres principales ejes de simetría, que como apuntara Bowdery (1998) permiten definir dos partes bien marcadas (arco y triángulo), que presentan tanto un eje longitudinal (suma de A + B) que resultan de interceptarlos por un eje transversal (C) (**Figura 493**).



**Figura 491** (Izqda.), Fotomicrografía de célula buliforme cuneiforme o *Arc:Triangle* en hojas de *Arundo donax*. **Figura 492** (Drcha.), el mismo tipo de fitolito en hojas de *Phragmites australis*. Ambos pertenecientes a la colección CER-Fitoliteca-1. Su estudio morfométrico preliminar (ejes de simetría) permitió definir las manifiestas diferencias existentes entre ambas células buliformes, con un mismo origen anatómico pero diferente adscripción taxonómica a nivel de género. Ambas observadas a 400x. J.A.

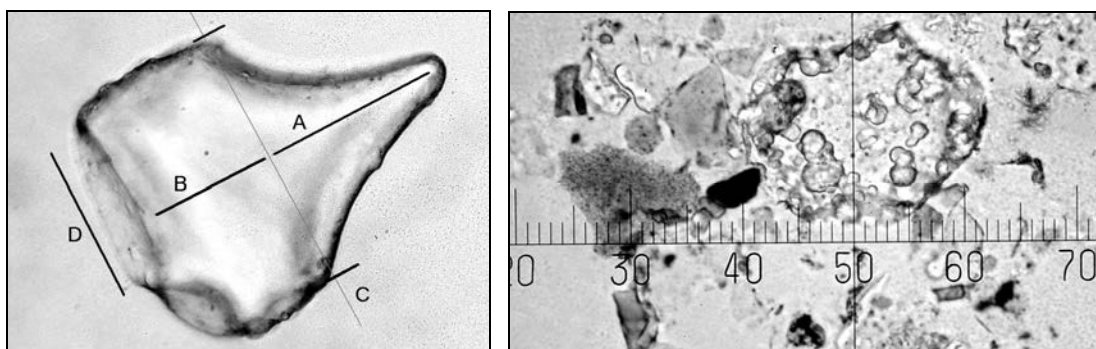
El examen microscópico preliminar de las buliformes *Arc:Tringle*, presentes en las especies tratadas, ya ofrece claras diferencias a nivel morfológico básico (**Figuras 491-492**). Aunque en algunos casos arqueológicos se apreciaron morfotipos muy deteriorados por disolución de  $\text{SiO}_2$ , sobre los cuales era ya imposible reconocer parámetros morfológicos básicos (**Figura 494**).

Estas propuestas asumen el estudio de los ejes principales de simetría de las células detectadas como criterio morfométrico con fines taxonómicos y arqueobotánicos. Mientras que Bowdery simplifica el estudio asumiendo sólo dos ejes (A-B y C-D) que configurarían el esquema *Arc:Triangle* (A:T), es decir una parte semicircular y otras de tendencia triangular, el esquema propuesto por Houyuan *et al.* (1997) distingue entre un total de cinco parámetros, de los cuales tres corresponden a los ejes de simetría principales (longitudinal y transversal), dos a las dimensiones de la zona más apuntada y otro al extremo, con resaltes sólo presentes en varias especies, más el ancho máximo de la célula (**Figura 493**). Parámetros que podrían incluso aplicarse sobre silicificaciones que se estimara pertenecieran a la morfología buliforme cuneiforme, pero tafonómicamente afectadas, particular muy evidente en el yacimiento de El Llanillo (**Figura 494**).

En nuestro caso hemos optado por una conjunción parcial de ambas propuestas, considerando también los parámetros empleados por Sato (1990,

citado por Houyuan *et al.*, 1997) para el estudio de los buliformes de arroz. Igualmente la propuesta de Bowdery, para la identificación de células buliformes, sirven perfectamente para un propósito preliminar, mientras que las de Houyuan *et al.* y Sato permiten configurar modelos gráficos mucho más precisos. No obstante, la unificación de todos ellos es igualmente posible, ya que en definitiva se trata de un modelo de análisis basado en criterios geométricos y tanto su esquematización, como su desarrollo pormenorizado, suelen generar similares formas ideales, especialmente originales en visión polar (**Figura 493**). La necesidad de contar con criterios comparativos también motivó el estudio de suelos actuales, donde podía localizarse una acumulación silicofitolítica natural. Por ello se analizó una muestra de suelo donde se desarrolla un cañaveral de *Arundo donax*, con el único objetivo de cuantificar los tipos buliformes, pertenecientes a esta especie, presentes por gramo de muestra.

El estudio microscópico se realizó como último paso del trabajo realizado, ya que establecer unos mínimos criterios morfométricos y la cuantificación de los morfotipos encontrados suponen, antes de la emisión de lecturas e inferencias, las últimas tareas para evaluar los contenidos de las muestras en relación con las especies vegetales presentes en estas zonas del yacimiento.



**Figura 493** (Izqda.), Esquema básico de ejes de simetría definido para el estudio de células buliformes *arc:triangle* en hojas de *Arundo donax*. Las células buliformes de esta especie son unas de las que presentan mayor diversidad de parámetros, susceptibles de ser empleados con fines de discriminación taxonómica. **Figura 494** (Drcha.): Posible fitolito de célula buliforme gravemente afectado por un proceso de disolución de  $\text{SiO}_2$ , donde resulta casi imposible poder aplicar estimaciones morfométricas (El Llanillo, Punto 3). 400x. J.A.

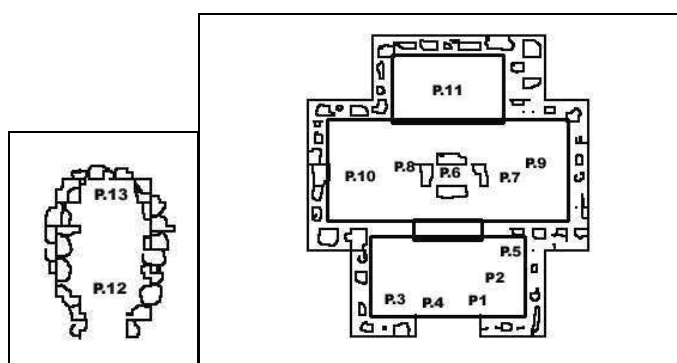
### Características del muestreo arqueológico de El Llanillo.

Derivado de algunas de las cuestiones que se pretendía resolver, como la posible detección de los vegetales empleados en la cubierta de las estructuras<sup>164</sup> y especialmente sobre la diferenciación funcional del espacio habitacional, se optó por un tipo de muestreo en horizontal al que podemos, en función de los objetivos mencionados, calificar como sistemático y horizontal dirigido (Juan-Tresserras, 1997). De este modo, todas las muestras pertenecen a una misma unidad arqueológica que, en este caso, corresponden al último nivel excavado, y fueron tomadas de casi todas las dependencias de

<sup>164</sup> Dr. J.F. Navarro Mederos, 2003, Com. Pers.

las que consta la estructura principal y funeraria cercana (**Figura 495**). Por ello entendemos que este sistema proporciona una visión comparativa y sincrónica de un mismo nivel u horizonte, permitiendo obtener información complementaria de las posibles acciones realizadas en el espacio habitacional, tales como la actividad en torno a estructuras de combustión, áreas de almacenamiento y procesado de los niveles más antiguos del yacimiento.

Las muestras se extrajeron eliminando los primeros centímetros de sedimento con paleta de excavación, la cual era descontaminada después de cada extracción. Para disponer de su posicionamiento espacial dentro del conjunto arqueológico se procedió a la toma de las coordenadas (X, Y y Z) tras lo cual se tomaron unos 200 grs. de muestra seca, que se depositaron en bolsas estancas de plástico debidamente rotuladas<sup>165</sup>. Posteriormente fueron trasladadas al laboratorio de Edafología (ULL) para su tratamiento.



**Figura 495**, Croquis simplificado de las zonas muestreadas en El Llanillo (Puntos 1-13). Los Puntos 1-11 corresponden a la estructura de hábitat, mientras que 12-13 lo hacen al la de enterramiento cercano a la misma. J.A.

En el caso de los suelos actuales, estudiados como patrón comparativo, se procedió a la elección de una zona de cañaverales de *Arundo donax* situada en las cercanías de la ciudad de La Laguna (28° 29' 22 N, 016° 18' 41 O, 577 m.s.n.m.). Allí se extrajo una muestra del horizonte superficial hasta una profundidad de 10 cm., previa retirada de los primeros centímetros y elementos macroscópicos orgánicos en superficie. A juzgar por el gran desarrollo de raíces rizomatosas de la planta, se trataba de un cañaveral antiguo, totalmente apto para llevar a cabo los análisis fitolíticos comparativos buscados.

El tratamiento seguido con la muestra permitió obtener una alícuota cuantitativamente definida mediante el procedimiento descrito por Bárcena & Flores (1990) y Bárcena (1994), para la estimación de contenidos microfósiles silicificados por gramo de muestra, y en este caso de morfotipos buliformes presentes en el sedimento analizado.

<sup>165</sup> La cantidad tomada permitió la realización de varias pruebas de laboratorio así como garantizar la reserva de estas para posteriores comprobaciones a nivel microfósil y edafoarqueológico.

### Técnicas de extracción y observación analítica.

Dado que las analíticas realizadas sobre El Llanillo se llevaron a cabo al comienzo de la investigación, se exponen aquí sus pasos, ya que en algunos casos éstos no concuerdan con el protocolo final (estándar) empleado en esta Tesis. Aunque en el caso del protocolo de confección de preparaciones microscópicas con fines cuantitativos, se aplicó el método descrito inicialmente por Bárcena & Flores (1990), luego empleado por Bárcena en su tesis doctoral (1994) y trabajos posteriores.

Con el fin de detectar silicofitolitos en las muestras se trataron estas mediante un método basado en los descritos por Juan-Tresserras (1997), Pinilla (1997) y Albert *et al.* (1999). Pero atendiendo a la gran cantidad de arcillas existentes en las mismas se asumió una variante de estos que, en todo caso puede definirse como un “método mixto”. Primeramente se tomó una muestra, de sedimento seco, a 105 °C, inferior a 2 mm. a la que se añadieron 15 ml. de hexametáfosfato de sodio, procediendo a su agitación mecánica durante 12 horas con el fin de lograr la dispersión química de las arcillas. Posteriormente se procedió a lavados consecutivos con agua destilada, en centrífuga a 3500 rpm., para eliminar el hexametáfosfato sódico, observando cierta turbidez en suspensión antes de cada extracción. El posterior pesado de la muestra seca, a 60° C en estufa, evidenció la pérdida de muestra en los lavados de una parte de la misma, que en todo caso –tal y como pudimos comprobar mediante análisis microscópico del sobrenadante desechado– pertenecía a la fracción de las arcillas, y geles de las mismas, donde no aparecían microfósiles con valor arqueológico como silicofitolitos o microalgas, entre otros<sup>166</sup>.

El siguiente paso consistió en la eliminación de carbonatos y fosfatos mediante una mezcla de ácido clorhídrico y nítrico al 10% (Albert *et al.*, 1999). Tras el intervalo de unas horas se procedió al lavado de la fracción ácida con agua destilada y sucesivos decantados, después de cada centrifugado a 3000 rpm. Una vez secas y pesadas las muestras se les añadió peróxido de hidrógeno (30%), para eliminar parte de la materia orgánica, en placa calefactora a 60°C. Finalizada la reacción se procedió al lavado del reactivo mediante la técnica descrita en el paso anterior. La separación por fracciones se realizó siguiendo los trabajos de Pinilla (1997) y Juan-Tresserras (1997) basados en la Ley de Stokes, que supone la decantación de las distintas fracciones, que constituyen la textura de un suelo, por tiempos de caída en función de la densidad diferencial y temperatura del medio acuoso donde se realiza. Mediante una batería de tamices, y lavado con agua destilada, se separaron las fracciones de arenas >200 µm, las comprendidas entre 200 y 50 µm y la integrada por los limos (50-2 µm), la de las arcillas (<2 µm) se calcula por diferencia, tras la suma de las anteriores, con el peso total de la muestra tratada. Con todas las fracciones obtenidas se elaboró una ficha donde se

---

<sup>166</sup> Por regla general en el sobrenadante con contenidos arcillosos nunca se han detectado morfotipos microfósiles, en todo caso fragmentos muy pequeños de algunos de ellos, como los de quistes de crisofitas y de células largas lisas, propios de gramíneas; es decir elementos de tan baja densidad y tamaño como para permanecer en suspensión junto con las partículas arcillosas, o bien ser arrastrados, durante la extracción de la fracción <2 µm.

reflejan los pesos resultantes tras cada tratamiento empleado. Este análisis granulométrico debe permitir igualmente establecer relaciones entre las características del sustrato arqueológico con su contenido en silicofitolitos, ya que creemos que tanto los procesos post-deposicionales como las propiedades del sustrato ofrecen información conjunta sobre las cuestiones arqueobotánicas que se pretende resolver.

Para realizar el examen microscópico, identificación y cuantificación, se siguió el método descrito por Bárcena (1994) para el estudio de frústulas de diatomeas y silicofitolitos con objetivos paleontológicos, y que ha sido probado –igualmente con resultados positivos– con materiales arqueológicos y edáficos de las Islas Canarias. Como ya se ha descrito, este método basado en el principio de la *decantación al azar* supone la extracción de una alícuota, mediante pipeta de precisión, desde la totalidad de la muestra en suspensión, que se ha colocado previamente en un bote plástico con tapa, y se enrasa a un volumen fijo, una vez la muestra se encuentra libre de arcillas. La cantidad extraída oscila entre 500 y 2000  $\mu\text{l}$ , dependiendo de las características de la muestra y de la densidad de partículas presentes en la misma<sup>167</sup>. Posteriormente se inyectó la muestra extraída en una cápsula de Petri, de diámetro conocido, que contiene en su fondo un cubreobjetos y que ha sido rellenada con agua destilada hasta su borde.

Transcurridas 9 horas se decantó el líquido y se espera al secado. Las preparaciones microscópicas se realizan en placa calefactora empleando un medio de inclusión permanente con índice de refracción igual a 1.55, algo superior a del sílice amorfo, como Permunt® o Bálsamo de Canadá. Las preparaciones así confeccionadas presentaron una distribución homogénea de la muestra, sobre la superficie a observar, eliminando la inexactitud del empleo de material quirúrgico y logrando una óptima dispersión sobre el soporte de la preparación y facilitando la realización de una estimación cuantitativa, extrapolable al total de muestra analizada. Igualmente se garantiza la asepsia del proceso evitando contaminaciones, y se tiene la seguridad de disponer de la totalidad de partículas presentes en la misma hasta un tamaño cercano a las 700 micras<sup>168</sup>. De quererse realizar comprobaciones, estas pueden efectuarse sobre las fracciones ya separadas disponiendo así además de una clasificación completa por tamaños de partícula<sup>169</sup>. La superficie estudiada al microscopio es de 2x2 cm., siendo el cómputo de fitolitos el total observado en las mismas.

---

<sup>167</sup> En este caso se tomó una alícuota intermedia de 1000  $\mu\text{l}$ ., que se ha revelado suficiente para realizar preparaciones permanentes con fines cuantitativos y cualitativos.

<sup>168</sup> Dato correspondiente a las estimaciones micrométricas realizadas sobre el orificio de una punta de pipeta desechable estándar (color azul) empleadas en pipetas de precisión automáticas.

<sup>169</sup> En concreto resulta muy útil esta separación en lo que concierne al estudio partículas microfósiles superiores a las 200 micras, que suelen ser escasas salvo en casos puntuales; y especialmente para comprobar, fuera de la concentración de microfósiles que suele aparecer en la fracción menor de 50 micras (limos), los que aparecen en la fracción situada entre las 200 y 50 micras. Por ejemplo, este es el caso de los buliformes de *Arundo donax* localizadas en suelos actuales, es en esta fracción donde aparecen concentrados.

Las técnicas de observación microscópica son similares a las descritas para el estudio de plantas actuales, si se siguen las indicaciones proporcionadas por Zucol & Osterrieth (2002) para el estudio de fitolitos en sedimentos arqueológicos o edáficos. Para su inserción en la colección de referencia, constituida por las muestras arqueológicas y naturales analizadas, se les otorgó un número de orden y los datos fundamentales de la muestra, haciendo constar su denominación, fracción y tratamiento empleado tal que E.LL-03, Punto 1, fracción 50-2  $\mu\text{m}$ , método mixto.

Las observaciones microscópicas se llevaron a cabo en los equipos ya mencionados, equipados con sistemas de fotomicrografía digital y analógica respectivamente. Para la descripción y clasificación de morfotipos silicofitolíticos se siguieron los criterios ya descritos. La búsqueda de morfotipos buliformes ha generado la confección de una tabla donde figuran los parámetros métricos seguidos por Sato (1990, citado por Houyuan *et al.*, 1997) y que permitirán, cuando se completen los trabajos necesarios para contabilizar la totalidad de morfotipos requeridos (mínimo 100 ud.), acotar el rango de especies vegetales al que pueden pertenecer los fitolitos detectados<sup>170</sup>.

#### **Resultados: aspectos cualitativos y morfométricos de los taxones referenciales.**

La profundización en el análisis de muestras, arqueológicas y de referencia, permitió comprobar la complejidad de ratificar parcialmente la hipótesis de partida, ya que algunas de las células buliformes presentes en El Llanillo parecían corresponderse con dos de las especies empleadas inicialmente como ejemplo, pero acompañadas de otras, con dispares parámetros morfométricos, que podrían pertenecer incluso a géneros diferentes entre sí. En todo caso puede afirmarse que estamos ante morfotipos que pertenecen a especies de la familia *Poaceae* (*Gramineae*) y que sus características, y empleo, se encuentran en la línea establecida con las fuentes etnohistóricas escogidas. No obstante, se detectan células que poseen unos parámetros morfométricos que las sitúa entre gramíneas de menor porte al cañizo y el carrizo, al menos eso es lo que se desprende de las especies analizadas hasta el momento (**Figura 496-497**).

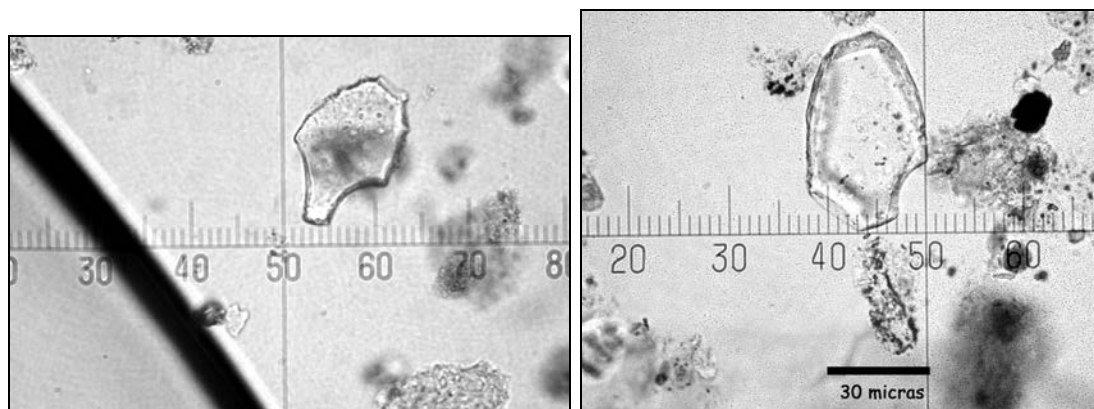
Igualmente debemos ratificarnos en que se trata de gramíneas con un metabolismo adaptado a cierto grado de humedad edáfica, cuyo rastro hoy no es patente en el entorno del yacimiento, al menos a corta-media distancia del mismo. Igualmente las células buliformes, presentes en las muestras analizadas, indican claramente la presencia de hojas de este tipo de gramíneas, aunque no descartamos la de otras partes de estas plantas. Las observaciones microscópicas confirman que se trata de un tipo de silicificaciones constantes en el nivel arqueológico analizado, aunque están ausentes en las dos muestras pertenecientes al espacio funerario —situado al oeste de la estructura habitacional muestreada—. Cabe mencionar que, de

---

<sup>170</sup> Aunque las primeras estimaciones morfométricas llevadas a cabo con un número mínimo de individuos confirman gran variabilidad en las dimensiones de los ejes de simetría mencionados, no ocurre así con la distribución de estos dentro de las morfologías buliformes, que claramente designan —cuando se trata de las formas descritas como *Arc-Triangle*—, formas geométricas muy diferenciadas por especies.



forma muy sugerente, en el mencionado espacio funerario se localice una densidad de fitolitos propios de palmáceas<sup>171</sup>, posiblemente *Phoenix canariensis*, que no presenta similitud con las muestras correspondientes a la estructura principal, donde éstas son muy escasas.



**Figuras 496-497**, Morfotipos buliformes cuneiformes o *arc:triangle* detectados en El Llanillo.

#### Parámetros de diferenciación morfológica: ejes de simetría de las células buliformes cuneiformes.

En las plantas patrones estudiadas se ha constatado mayor diversidad de morfotipos que en las muestras arqueológicas, donde no obstante igualmente se detectan diferencias de tamaño y morfología. Los morfotipos buliformes se presentan, en cada especie, con morfologías dispares, lo que puede comprobarse *De visu* y se vuelve muy evidente con la determinación de sus principales ejes de simetría (A, B y C), dentro de una misma muestra de tejido foliar. Tanto en *Arundo donax* como en *Phragmites australis* se detectan claros ejemplos de multiplicidad de formas, entre ellos los morfotipos que podemos calificar como buliformes *Arc:Triangle*, que suponen sólo una pequeña porción dentro del registro fitolítico general. Ateniéndonos a la posibilidad de establecer *modelos gráficos ideales*, basados en la relación de los tres ejes de simetría principales, pueden definirse algunas características de este tipo concreto de silicofitolitos. En el caso de *A. donax* la relación existente entre sus ejes de simetría es  $A \neq B < C$ , por su parte en *P. australis* existe una forma *Arc:Triangle* con la relación  $A < B \neq C$ . También en

<sup>171</sup> Morfotipos esféricos con ornamentación de pequeños y cortos pero robustos salientes puntiagudos (*globular equinate*, ICPN 1.0). En este caso se trata de morfotipos de similares características morfométricas (diámetro especialmente) a los presentes en la colección de referencia CER Fitoliteca-1. Según estos existen diferencias de diámetro entre los silicofitolitos esféricos presentes en los tejidos foliares y los de los troncos de la planta, siendo estos ligeramente superiores en diámetro que los primeros. Según los resultados estadísticos contenidos en ésta, los morfotipos arqueológicos presentan, además de síntomas inequívocos de disolución, unas dimensiones (máximo, mínimo y promedio) por debajo de las presentadas por los fitolitos existentes en los troncos de *Phoenix canariensis*, pero ligeramente por encima de los presentes en las hojas de la misma especie y aun más de *Phoenix dactylifera*. Por lo que inicialmente se descarta que provengan de hojas de ésta última.

la especie *Imperata cylindrica* se detecta multiplicidad presentando, los morfotipos con esta morfología, una relación entre ejes del tipo  $A > B < C$ , pero sólo en uno de los morfotipos buliformes observados. Los valores más bajos, en cuanto a las dimensiones de dichos ejes, son los presentados por *Cynodon dactylon*, mientras que la relación entre ellos puede definirse como  $A < B < C$ ; de los cuatro taxa utilizados como ejemplo es el morfotipo que menor diferencia guarda entre la longitud de sus ejes (**Gráfico 62**).

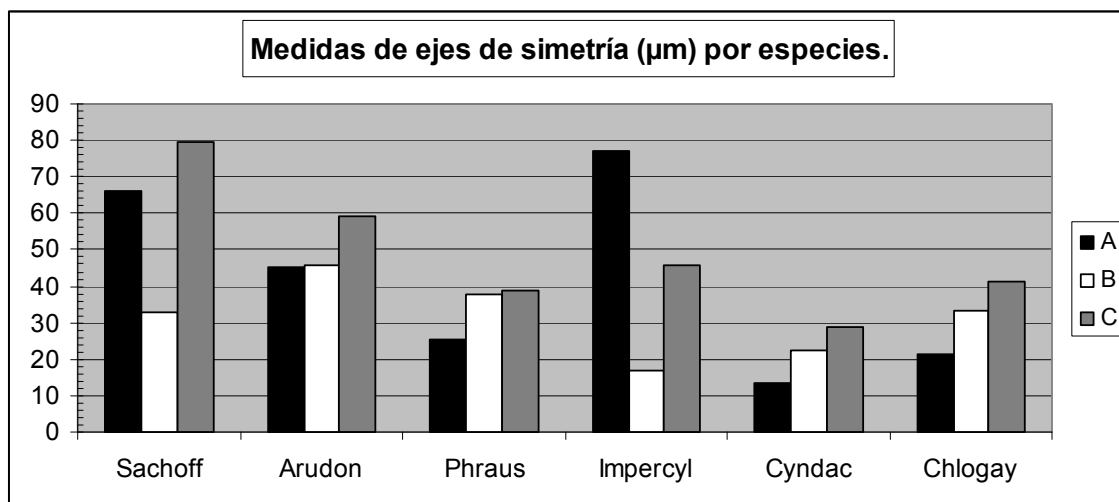
Cabe destacar que las diferencias morfológicas existentes entre los tipos *Arc:Triangle*, de estas cuatro especies, son muy patentes a nivel de observación básica (Figura 2). Mientras que en *Arundo donax* se observa muy marcada diferencia entre su extremo apuntado y una parte posterior muy ancha<sup>172</sup>, en *Phragmites australis* se encuentra la forma más contundente, con gran desarrollo del eje posterior (B) sobre el eje anterior (A), lo que le otorga una morfología rectangular, al presentar igualmente una anchura (C) casi similar al largo total ( $A + B$ ). Por su parte en *Imperata cylindrica* aparece un tipo buliforme muy apuntado, con marcado predominio del eje anterior (A) sobre el posterior (B) y el transversal (C).

También a nivel morfométrico las diferencias son muy acusadas. Como puede observarse (**Gráfico 62**), las estimaciones métricas lineales indican que las mayores dimensiones son presentadas por los buliformes *Arc:Triangle* de *Saccharum officinarum*, seguidas por las de *Imperata cylindrica*, *Arundo donax* y *Phragmites australis*. Por su parte, las dimensiones más pequeñas se observan en *Cynodon dactylon* que únicamente supera ampliamente, en su eje más largo (C), las 20  $\mu\text{m}$ . Con vistas a realizar una simplificación del estudio, de cada uno de sus morfotipos, se les adscribió una signatura del tipo T1 para *Arundo*, T2 para *Imperata*, T3 para *Phragmites* y T4 para *Cynodon*. Con respecto a *Chloris gayana*, se aprecia un esquema  $A < B < C$ , muy similar al presentado por *Phragmites* y *Cynodon*, pero en cuanto a dimensiones se asemeja más al primero que al segundo. No obstante, aunque la apariencia general de los buliformes de *Chloris gayana* es desigual a la de *Phragmites*, algunos morfotipos se asemejan a los de la segunda especie, confirmando la existencia —y cierta tendencia a una aleatoria heterogeneidad— de redundancia fitolítica entre ambas.

Estos primeros datos parecen confirmar —como ya demostraran Houyuan *et al.* y otros investigadores— que es cierta la capacidad discriminante de los parámetros de las células buliformes, para diferenciar algunas especies *Poaceae*, al menos donde éstas se encuentran presentes. Nuestra propuesta es que los principales ejes de simetría de estas células, observadas en vista frontal, ya muestran —en sus relaciones métricas— aspectos de dicha capacidad diferenciadora. No obstante, como mostramos en el **Gráfico 62**,

<sup>172</sup> Igualmente las células buliformes de *Arundo donax* presentan una morfología más compleja que en el resto de las especies estudiadas, en especial la zona en forma de arco (*Arc*) donde se observan variaciones sustanciales con estas. Dicha zona puede presentar, además de un gran desarrollo del eje transversal (C), varias tipologías donde la más común serían dos lados «arc» y una zona posterior (D) formando a su vez un tercer arco. Incluso hemos detectado buliformes que presentaban hasta cinco depresiones convexas con respecto al eje C y al eje D, lo que podríamos denominar entonces buliformes *pentarc:triangle*.

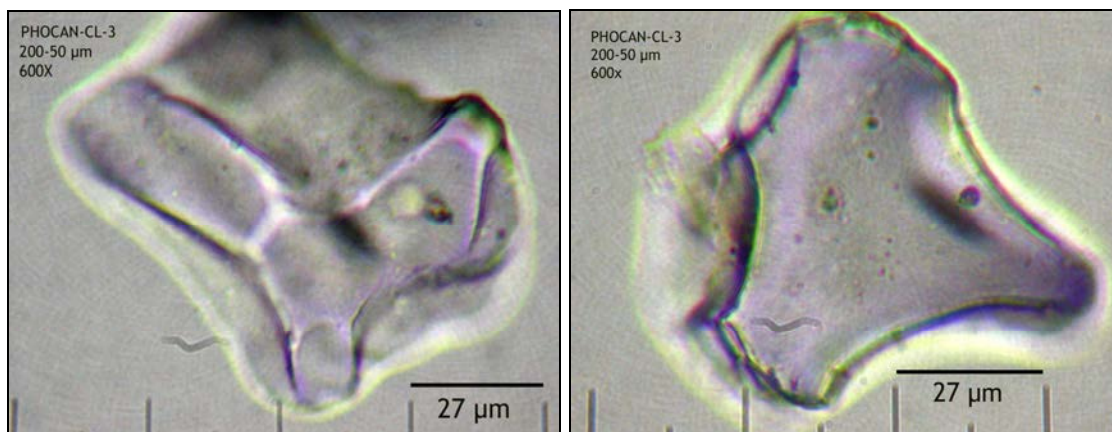
dentro del conjunto analizado se observan diferencias más que palpables de la función discriminante, como similitudes que requieren de verificación, todo ello empleando cantidades de muestra más significativas que las empleadas en nuestras estimaciones. De modo que existen diferencias tan significativas como las que presentan *Arundo donax* y *Phragmites australis*, miembros de la misma subfamilia *Poaceae* (*Arundinoideae*). Donde, con una simple observación *de visu* pueden ser apreciadas fundamentales diferencias, no sólo ya en cuanto a las dimensiones de sus ejes de simetría –que las hay– sino sobre todo en la propia configuración de unas y otras.



**Gráfico 62**, Dimensiones (µm) y posibles interrelaciones de los principales ejes de simetría en los taxa referenciales que podrían permitir configurar *modelos gráficos ideales*. Los nombres científicos (binomiales) han sido abreviados (P. ej. Sachoff= *Saccharum officinarum*). J.A.

Como ya se ha mencionado, las células buliformes de *Arundo donax* son de las más complejas observadas hasta el momento, ya que presentan numerosas planos diferenciados, que le dan un aspecto de célula facetada. Efectivamente, de todos los lados que pueden presentar los fitolitos buliformes de *Arundo donax* al microscopio óptico (**Figuras 498 y 499**), sólo en un caso se aprecia nítidamente la configuración de tipo cuneiforme (según ICPN 1.0, 2004) o *Arc:Triangle* (según Bowdery, 1998). Hemos tenido la ocasión de identificar y observar nitidamente células de este tipo en suelos ajardinados ocupados por *Phoenix canariensis* (Camino Largo), donde dichas células aparecían alojadas especialmente en la fracción arenas 200-50 µm. Observadas en vista de perfil muestran la compleja disposición de los múltiples planos de los que consta su cuerpo, la cual queda sumamente simplificada cuando es observada en vista polar, o al menos en aquella donde pueden establecerse los ejes de simetría (ideales) que conforman la morfología cuneiforme o *Arc:Triangle*. Pero es en la primera perspectiva donde se aprecian otros aspectos relevantes, ya contemplados en el trabajo de Houyan *et al.* (1997), como su gran espesor, que puede llegar a ser >50 µm. No obstante, parece complejo llegar a reconocer tales formas cuando presentan esta perspectiva lateral, confirmando que la mostrada por el esquema de arco y triángulo resulta la más apropiada para llevar a cabo su

reconocimiento preliminar en contextos edáficos y arqueológicos (Figura 499).



**Figuras 498-499**, Buliforme cuneiforme de *Arundo donax* observado en vista perfil (Izqda.) y polar (Drcha.), que es cuando muestra la configuración cuneiforme o *Arc:Triangle* (A:T). Ambas localizadas en suelo del Camino Largo (La Laguna) y fotografiadas a 600x. J.A.

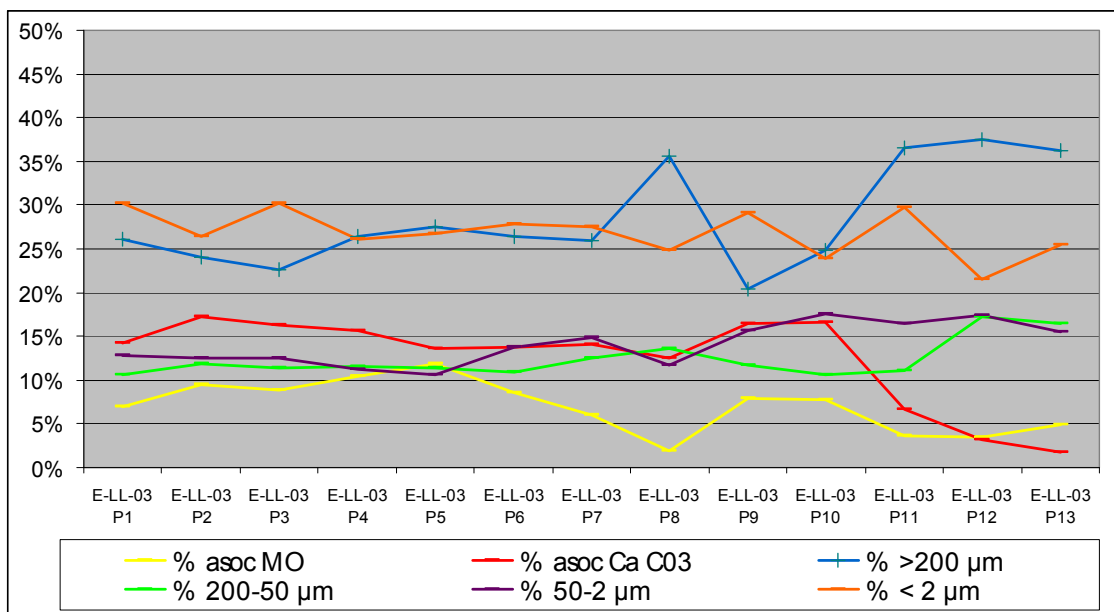
#### Características básicas del sustrato sedimentario portante.

El medio sedimentario donde se localiza el registro silicofitolítico se caracteriza primeramente por una alta proporción de arenas por gramo de muestra (Ps In.), oscilando la fracción  $>200\ \mu\text{m}$ , entre 20,40% y 37,45%. Le siguen en relevancia las arcillas, entre 21,52% y 30,26%, las arenas 200-50  $\mu\text{m}$  ocupan entre el 10,66 % y 17,25% asemejándose en proporción a la fracción limos, que representa su vez entre 10,56% y 17,54% de la textura (Gráfico 63). La pérdida de peso, que puede relacionarse con el contenido en materia orgánica (Ps 2, tras digestión en  $\text{H}_2\text{O}_2$ ), osciló entre el 3,42% y el 11,97% mientras que, la que podría asociarse al contenido en carbonatos (Ps 3, tras digestión en  $\text{CH}_3\text{COOH}$ ) lo hace entre el 1,71 y el 17,25%. Igualmente cabe destacar, respecto a ambos porcentajes, las diferencias existentes entre las muestras pertenecientes al túmulo funerario y las de la estructura principal. En ambos porcentajes las muestras del túmulo presentan unos valores por debajo del total, comportamiento anómalo que también se manifiesta en cuanto al análisis granulométrico. En la estructura funeraria los contenidos en la fracción  $>200\ \mu\text{m}$  y la situada entre 200-50  $\mu\text{m}$  resultan los más altos del muestreo, así como la fracción limos que también aquí presenta los valores altos con respecto al resto de las muestras. También en la fracción arcillas ( $<2\ \mu\text{m}$ ) se aprecian diferencias, aunque no tan acusadas, ya que los porcentajes son ligeramente inferiores al del resto.

Al respecto del pH de las zonas del yacimiento muestreadas, pese a que únicamente se tomaron cuatro valores a modo de referencia<sup>173</sup>, éstos fueron ciertamente reveladores sobre la reacción del sedimento. El valor más alto pertenece a la zona exterior a la estructura de combustión (E-LL-03, P-7), con un valor de 9,30, mientras que el más bajo aparece en la muestra denominada *Dependencia anexa* (E-LL-03, P5) con 7,84. Entre ambos se encuentran los

<sup>173</sup> Valores obtenidos con la muestra en disolución y agitación mecánica.

correspondientes a otra muestra de la anterior zona (E-LL-03, P4) con 7,98 y la perteneciente a la *Dependencia W* (E-LL-03, P2) con 8,01. Como puede apreciarse se trata de valores con clara tendencia a la basicidad que llega, en algunos casos, a ser extrema. Este particular parece confirmarse en parte del registro de silicofitolitos de mayor tamaño en los que se observan indicios de disolución de la sílice amorfa que los integra, aspecto que ya sido enunciado anteriormente<sup>174</sup>. Con estas indicaciones no puede descartarse la pérdida de parte del registro, al tiempo que se confirman condiciones adversas para la preservación del mismo, algo patente también en la pérdida de rasgos morfológicos que presentan muchos de los morfotipos fitolíticos detectados.



**Gráfico 63.** Curvas acumuladas de resultados del análisis de sedimentos, mostrando los porcentajes de materia orgánica (MO), carbonatos (CaCO<sub>3</sub>) y principales fracciones granulométricas. J.A.

Con los datos obtenidos puede caracterizarse el sedimento como arenoso-arcilloso, con un comportamiento muy homogéneo a lo largo de todos los puntos del muestreo. Homogeneidad que especialmente se manifiesta en los contenidos en arenas >200 µm y arcillas (<2 µm). Igualmente la fracción de los limos (50-2 µm) parece presentar un contenido muy similar.

La estimación de %CaCO<sub>3</sub> manifiesta un descenso significativo de sus valores en los sedimentos de la estructura funeraria, donde también la materia orgánica obtiene sus valores más bajos (<= 5%). En todo caso deben suponerse mayores contenidos de CaCO<sub>3</sub> que los expresados, dado que el reactivo ácido empleado (ácido acético) no permite una descarbonatación completa, como sí se consigue mediante el ataque conjunto de HCl+HNO<sub>3</sub>. Como ya se ha expresado en otros apartados de esta tesis, el motivo de tal elección deriva del objetivo de obtener el máximo número de microfósiles desde el sedimento, en este caso los de base carbonatada (pseudomorfo de calcita) o bien posibles oxalatos de calcio, e incluso esferulitas de fauna herbívora, todos ellos altamente sensibles al ataque con HCl+HNO<sub>3</sub>.

<sup>174</sup> Trabajo de investigación inédito (Tesina) del autor (Afonso, 2004a).

La lectura dada a la relación entre fracción arenas >200  $\mu\text{m}$  y arcillas podría orientarse tanto hacia aportes de componente hídrico como eólico. Aunque solamente un estudio granulométrico en la secuencia estratigráfica podría confirmar dicha lectura.

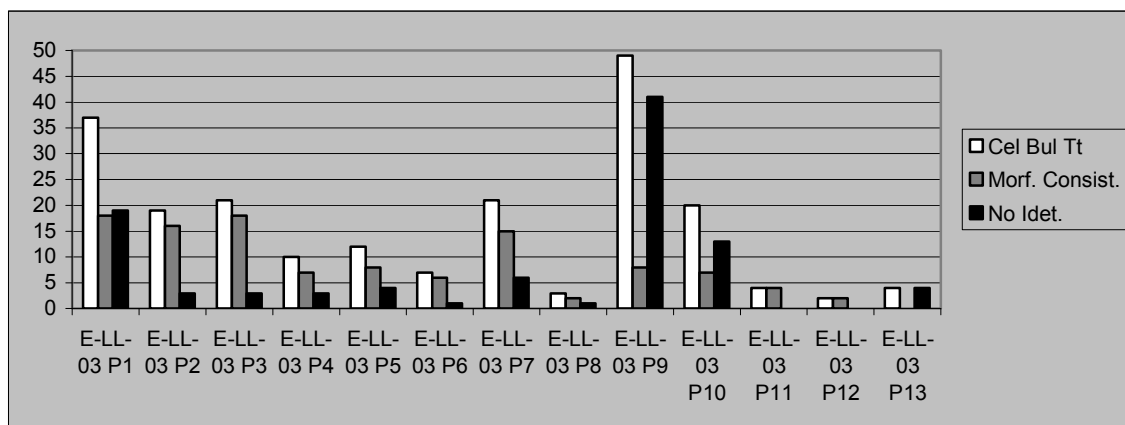
Por su parte, la fracción de los limos muestra en su escasez (10,56%-17,54%) pocas posibilidades de estar ante un registro de fitolitos situados en ese rango (50-2  $\mu\text{m}$ ).

En definitiva los aspectos más relevantes de los sedimentos –desde los datos obtenidos– pueden establecerse de forma somera con sus contenidos en materia orgánica y carbonatos. Contenidos bajos en materia orgánica (<10% en la mayoría de los casos) y carbonatos que llegan a superar el 15%. Un aspecto que no obstante debe revisarse, dada la probada existencia de procesos de disolución de  $\text{SiO}_2$  que, en un primer plano, ya es confirmado por elevado pH de la zona de intervención, pero donde no puede descartarse la acción de la circulación hídrica en la misma. Factores ambos muy relevantes para el estudio microfósil y de su matriz portante.

### **Cuantificación preliminar de fitolitos de células buliformes en El Llanillo-03.**

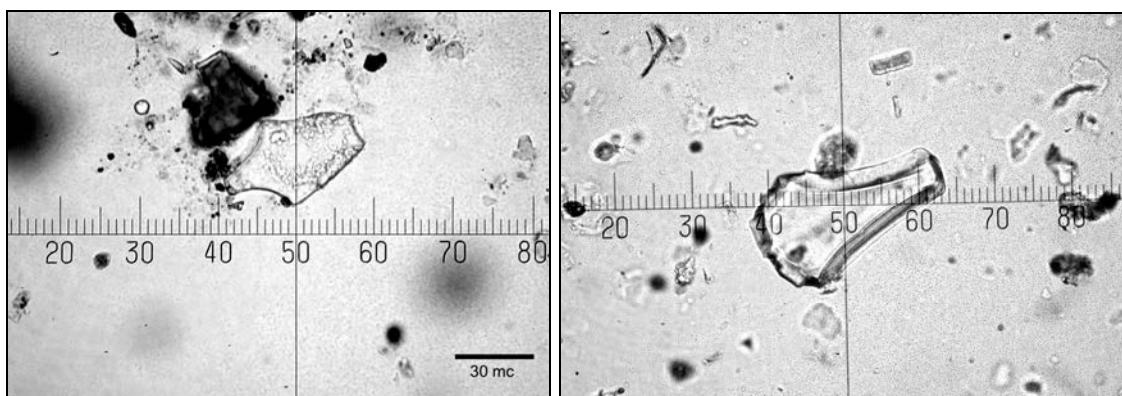
Primeramente, como puede apreciarse en la clasificación tripartita aplicada al muestreo (Figura 3), el número de elementos con morfología consistente se reduce drásticamente en las muestras con mayor concentración de células buliformes totales (Puntos 1,3,7,9 y 10). Tras aplicar el filtro correspondiente a la determinación de todos los parámetros descritos (Ejes A, B y C), los ejemplos identificables con el modelo *Arc:Triangle* (Morf. Consist.) se reducen siempre por debajo de los veinte ejemplares (**Gráfico 64**).

Dentro de los criterios cuantitativos, los morfotipos buliformes detectados son por lo general escasos, presentando diferenciación en su distribución zonal, debiendo igualmente destacarse su desigual concentración por los distintos puntos muestreados, y que corresponden a diversas zonas del yacimiento. Son especialmente abundantes en los Puntos 1, 3, 7, 9 y 10 donde sobrepasan, o se acercan, a las 20 unidades, llegando a casi las 50 unidades en el Punto 9, que pertenece a la Zona Este de la estructura principal del asentamiento (**Figura 500-501**). En los Puntos 6, 8, 11, 12 y 13 la concentración no supera las 7 unidades. Llama la atención que una de las zonas de menor concentración sea la estructura funeraria (Puntos 12 y 13), donde predomina otro tipo de fitolitos, en concreto los esféricos/globulares con ornamentación de múltiples salientes apuntados (*globular echinate*, ICPN 1.0) en concentraciones significativas. Este tipo de morfologías hacen referencia expresa a la familia *Palmae*, pudiendo corresponder a *Phoenix canariensis* Chabaud. o *Phoenix dactylifera* L., e incluso a una hibridación de ambas. Se aprecia una notable desproporción entre los morfotipos buliformes y los esféricos con dicha ornamentación, especialmente en cuanto a la concentración de estos últimos en los Puntos 12 y 13 (Túmulo funerario), donde éstas resultan muy superiores a las del resto de zonas muestreadas.



**Gráfico 64,** Células buliformes totales por preparación microscópica 2x2 cm., con estimación de las morfologías consistentes y no totalmente identificables (No Idet.) en trece puntos de El Llanillo (P-1/P-13).

Dado que método empleado permite la cuantificación de fitolitos por gramo de muestra analizada, al tener en cuenta la estimación basada en la alícuota extraída para la observación, la superficie y volumen de decantación, así como la superficie de la preparación microscópica, puede establecerse una lectura cuantitativa de los morfotipos totales. Como puede apreciarse (**Gráfico 64**) el número total de células de este tipo (Cel. Bu. Tt.), localizados en las PM es bajo, como lo es, por una u otra razón, el de aquellas que pueden calificarse como de diagnóstico (Morf. Consist.).



**Figuras 500-501,** Otras morfologías buliformes detectadas en El Llanillo con apreciables diferencias morfométricas en sus ejes de simetría. 400x. J.A.

En algunos casos la concentración se encuentra cercana a las 50 unidades aunque, debido a su posición en la preparación, o a su mal estado de conservación, es difícil llegar a una identificación morfométrica total (No Idet.). En este sentido se han identificado morfotipos buliformes —o que podrían haberlo sido— con un grado de alteración, por disolución del sílice, muy elevado. Este proceso, ya citado en varios trabajos (Albert, 1999; Afonso, 2004<sup>a</sup>, entre otros) puede relacionarse con el efecto de un pH muy alto, con tendencia a la basicidad extrema y/o la acción de circulación hídrica en el

paquete sedimentario. Se ha comprobado que este proceso afecta de forma generalizada al resto de silicofitolitos del registro microscópico, siendo grave incluso en morfotipos de células cortas como las de tipo trapezoidal y las de tipo bilobulado, importantes entre otros aspectos para discriminar subfamilias como la *Chlorodoideae* y *Panicoideae*.

Los resultados obtenidos, con el estudio del modelo edáfico-microfósil experimental, corresponden a suelos actuales de *Arundo donax* (La Laguna, Tenerife). Aquí las concentraciones de células buliformes sobrepasan las 200 unidades (por preparación 2x2 cm.), pero en los sedimentos de El Llanillo, empleando los mismos criterios de cuantificación, basados en un volumen de alícuota similar, las unidades de buliformes *arc:triangle* no alcanzan los 20 ejemplares (**Gráfico 64**). Esta diferencia obviamente puede deberse a que la muestra de referencia se extrajo de un cañaveral, probablemente con varias décadas de antigüedad, donde la acumulación de tejidos aéreos de las plantas es —por lo general muy alta— ya que no es usual la retirada de los mismos, al menos en el caso de los tejidos foliares<sup>175</sup>. La extrapolación cuantitativa, por gramo de muestra, indica diferencias muy acusadas entre los contenidos buliformes del sedimento arqueológico y del suelo actual de cañaveral (Ar-d-01); no apareciendo ninguna zona del yacimiento donde se detecte una concentración similar (**Gráfico 65**).

#### Resultados a nivel morfométrico.

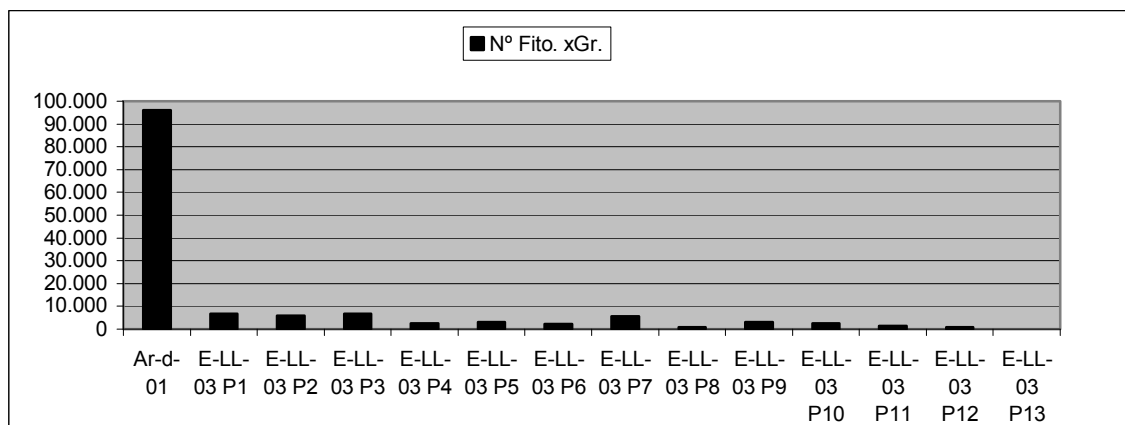
A nivel de análisis cualitativo, las especies estudiadas, para comparar las características de las células buliformes encontradas, han sido todas aquellas tratadas previamente en CER-Fitoliteca<sup>1</sup>. Los parámetros de los morfotipos buliformes *arc-tringle* presentes en algunas de las mismas son expresados en la **Gráfico 66**; debe entenderse que suponen una primera aproximación morfométrica ya que sólo contemplan los valores métricos de los ejes A, B y C. Para un estudio en profundidad, y tal y como aconsejan las primeras estimaciones estadísticas, basadas en conjuntos mínimos de muestra para cada grupo morfológico<sup>176</sup>, y disponer de criterios de identificación

<sup>175</sup> Se tiene constancia del antiguo empleo, en las Islas, de dichos tejidos secos, como combustible en sustitución de la madera de diferentes especies leñosas, no siempre fáciles de conseguir. Como se ha comprobado, y al igual que ocurre con los tejidos secos de otras gramíneas, las hojas de la caña pueden aportar un buen fuego inicial, de rápida combustión pero escasa continuidad. Como se ha mencionado, es precisamente durante el invierno cuando se observa una gran cantidad de tejidos secos, de esta especie, alrededor de los cañaverales de las zonas donde se desarrollan, lo que pudo motivar su empleo como combustible sustitutivo de la madera.

<sup>176</sup> Se han realizado estimaciones del rango máximo, promedio, varianza y desviación estándar de los parámetros que sirven como base de análisis morfométrico. En las mismas, aunque se ha comprobado la idoneidad del estudio basado en los ejes de simetría, se han observado desviaciones sustanciales en algunos de los mismos, que varían en función de la especie. Tales estimaciones aconsejan en algunos casos aumentar sensiblemente el número mínimo de muestra, aunque no en todos las especies por igual, por este motivo el trabajo aquí presentado debe ser considerado como un estudio preliminar, al que otros posteriores deberán ratificar en cada uno de los puntos abordados, especialmente en cuanto a la definición final de los modelos ideales —basados en la determinación de los principales ejes de simetría— como prueba de diagnóstico taxonómico en el análisis arqueo-itolítico de rutina.



taxonómica más precisos, se requeriría del examen de un mínimo de entre 200-400 unidades por especie<sup>177</sup>.



**Gráfico 65**, Cuantitativo de buliformes en suelo de referencia (Ar-d-01) y procedentes de El Llanillo-03, por gramo de muestra.

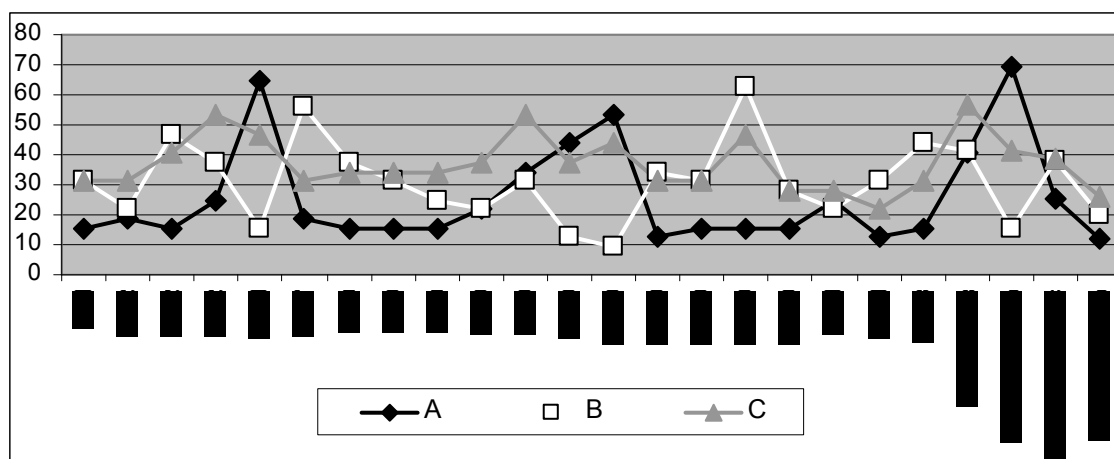
Igualmente en algunos casos aparecen morfotipos que presentan otros parámetros, que podrían permitir elaborar modelos gráficos más complejos. Debe tenerse en cuenta que los criterios comparativos se han establecido con sólo una muestra, escogida al azar, de 20 ejemplares de células buliformes *Arc:Triangle* procedentes de este yacimiento y una media similar de ejemplares de cada planta de referencia, igualmente de seleccionada morfología *Arc:Triangle*.

Los parámetros morfométricos de las células identificadas indican que nos encontramos ante un variado registro de células buliformes, entre las cuales es posible distinguir los que definen a la morfología buliforme *Arc:Triangle* descrita por Bowdery, así como los parámetros empleados por Houyuan *et. al.* (1997); igualmente dentro de estas predominan morfotipos diferentes entre sí y a su vez con los de *Arundo donax*. La observación básica de los parámetros distinguibles, y cuantificables (Ejes A, B y C), así como de las relaciones existentes entre ellos, parece indicar que en algunos casos existe una elevada similitud, en El Llanillo, con los presentes en *Phragmites australis* e *Imperata cylindrica*, tal y como atestiguan los modelos gráficos confeccionados con los datos extraídos de la medición de los parámetros mencionados (**Gráfico 66**). Aunque es cierta la presencia de morfotipos que no responden a los modelos confeccionados con los parámetros de referencia, y cuya frecuencia es alta. También el estudio comparativo parecen indicar que se trata siempre de células de un tamaño y formas diferentes a las presentes en *Arundo donax*.

La presencia de morfotipos similares a los que presenta *Imperata cylindrica*, especie únicamente presente en la Isla de Gran Canaria sobre todo en enclaves de la zona sur como el Barranco de Arguineguin, abre la puerta a

<sup>177</sup> Y de forma más específica la formulación propuesta por Madella *et al.*, (2005) en el *International Code for Phytolith Nomenclature 1.0* (ICPN 1.0) para comprobar la estabilidad estadística de los datos morfométricos estimados al microscopio.

su posible captación aborigen con fines que aun deben definirse<sup>178</sup>. Los valores morfométricos igualmente apuntan a un morfotipo con ejes de simetría similares, pero con valores ostensiblemente más bajos, a una gramínea de porte medio-alto como *Phragmites australis*, especie incluida en las hipótesis de partida. No obstante, un conocido problema fitolítico –a nivel de sistemática de clasificación morfológica– como es el de la multiplicidad, también ha sido comprobado en la mayoría de especies analizadas como referencia, no pudiendo descartarse la presencia de morfotipos buliformes diferentes en los sedimentos analizados pero pertenecientes a la misma especie. En concreto *Phragmites australis* puede producir algunas células buliformes *Arc:Triangle* con un esquema de simetría similar al de *Imperata cylindrica*, aunque no ocurre a la inversa.



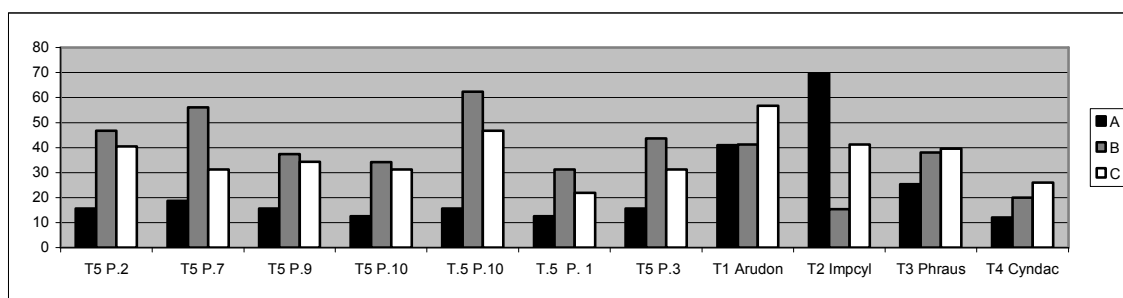
**Gráfico 66**, Comparativo gráfico de resultados totales (valores en µm.) de los tres ejes de simetría principales, entre 20 morfotipos escogidos al azar, de El Llanillo-05 y 4 taxones de referencia.

Las inferencias que pueden emitirse desde el comparativo entre ejes de simetría, tanto las interrelaciones como sus dimensiones, ofrecen varios aspectos sobre las características del registro de buliformes. El primero de ellos, aunque permite reconocer modelos similares a los propuestos, es que ofrecen variaciones sustanciales en cuanto a las estimaciones métricas medias de las mismas. El modelo más aproximado, desde el primer punto de vista, sería el de *Imperata cylindrica* (T2) seguido de *Phragmites australis* (T3), modelo donde, a nivel de relación entre ejes, las semejanzas son en algunos casos, muy patentes. Por el contrario, el caso más distante sería para *Arundo donax* (T1) donde las correlaciones señalan sólo dos ejemplos y con reservas; mientras, *Cynodon dactylon* (T4), también parece configurarse, en otros tantos ejemplos. Se descarta, en función de los datos obtenidos, la presencia de morfotipos similares a los de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*). Finalmente las comparativas con *Chloris gayana* (empleando 50 ejemplares

<sup>178</sup> Si asumimos únicamente que se trata de fitolitos arqueológicos y no de origen natural, en todo caso siempre se las encuentra en zonas antropizadas (dependencias de las estructuras habitacionales), otra cosa es dirimir si su presencia allí responde a una explotación selectiva del medio, o bien a la simple representación paleobotánica del mismo.

buliformes) separan casi completamente esta especie de las muestras arqueológicas y el resto de taxones analizados.

No obstante, se detecta un modelo que aunque inicialmente no correspondía con ninguno de los tomados como referencia, posteriormente parece poderse incluir en el diverso registro morfométrico de las buliformes desarrolladas por *Phragmites australis*, ya que así parece confirmarlo la configuración de sus ejes de simetría principales y en este caso en sus dimensiones, donde también habría así que plantear una posible y acusada diferencias. Dicho modelo, denominado T5, estaría caracterizado por una relación entre ejes del tipo  $A < B > C$ , lo cual define un morfotipo buliforme diferente a los modelos de referencia (Gráfico 67), que se encuentra presente al menos en seis puntos del yacimiento (P.2,7,9,10,1 y 3).



**Gráfico 67**, Dimensiones (en µm.) y relación entre ejes de simetría de morfotipo por adscribir a especie vegetal (T5) y morfotipos patrones (T1, T2, T3 y T4).

Por su parte, las estimaciones comparativas tomando como referencia el estudio realizado por Houyuan *et al.* (1997), únicamente permite –con algunas diferencias– adscribirlo a *Phragmites australis* que, en las estimaciones de estos autores, difiere notablemente de las realizadas en nuestro trabajo. De hecho si nos atenemos a las mismas existe una mayor correspondencia, en cuanto a dimensiones de ejes principales, que los estimados en los taxa recolectados en Canarias. En todo caso, tomando las estimaciones de ambas investigaciones, el mayor paralelismo sigue produciéndose con el modelo designado para *Phragmites australis* en el mencionado trabajo de 1997.

Por último, con los datos obtenidos a nivel morfométrico se llevaron a cabo varios Análisis Cluster<sup>179</sup>, siguiendo las indicaciones existentes para muestras biológicas mediante el programa SPSS (Martínez-González *et al.*, 2006), en el que se insertaron –junto a las formas buliformes de referencia– las pertenecientes a las muestras arqueológicas señaladas.

<sup>179</sup> En realidad se llevaron a cabo varios análisis incorporando primero conjuntos de datos agrupados por promedios de datos morfométricos de cada especie. Para realizar un comparativo más exhaustivo se realizaron otros análisis introduciendo datos de buliforme por buliforme hasta un máximo de 50 ejemplares. Las lecturas, aunque más complejas ratificaron la asociación de determinadas células, de determinados taxones con las de tipo arqueológico. Y ambas lecturas, las de las muestras de referencia y las arqueológicas, confirmaron alto grado de multiplicidad y menos de redundancia de dichas células en los taxones analizados, hecho significativamente frecuente en *Phragmites australis* y *Chloris gayana*.

### Resultados indicados por el análisis Cluster preliminar.

La aplicación del Análisis Cluster<sup>180</sup>, a los datos obtenidos con la medición en micras ( $\mu\text{m}$ ) de los principales ejes de simetría de las células buliformes, arqueológicas y de referencia, supuso valorar hasta que punto era posible dirimir estadísticamente las diferencias y similitudes existentes en los conjuntos analizados. Dicha aplicación constó de sesiones de introducción de datos correspondientes a varios conjuntos de los mismos. De esta manera se pretendía responder a preguntas concretas, empleando dicha herramienta estadística, introduciendo grupos de datos asociados a una u otra de esas preguntas, que básicamente se concretaban en determinar similitudes o diferencias entre los valores obtenidos con el estudio de las células buliformes de referencia entre sí y, a su vez, con respecto a las detectadas en el yacimiento arqueológico de El Llanillo.

El primero de tales análisis, empleando una selección de datos de referencia sintetizados en valores promedios y determinados fitolitos presentes en varios puntos de El Llanillo, mostró resultados interpretados como poco claros, pero que ya mostraban asociaciones que involucraban a las especies de referencia de forma poco esperada. Primeramente *Cynodon dactylon* se perfilaba como una especie con la que se asociaban una docena de buliformes arqueológicos. Un grupo menor lo hacía con *Phragmites australis* y *Arundo donax*, para finalmente hacerlo con *Imperata cylindrica*, dejando completamente descolgado el valor perteneciente a *Saccharum officinarum*, que no se relacionaba con ninguna de las células buliformes arqueológicas y se situaba a gran distancia de las de referencia, haciéndolo completamente a la inversa del orden mencionado. Estas primeras interpretaciones estadísticas motivaron las primeras reflexiones, tanto a nivel de posibilidades como de limitaciones. La participación de *Cynodon dactylon* aportaba un sorprendente resultado, tomado como erróneo solamente hasta comprobar que *Saccharum officinalis* quedaba lógicamente fuera de cualquier asociación cercana a las buliformes de referencia y arqueológicas.

Con este primer análisis quedaba de manifiesto una primera propuesta: la presencia de varias especies *Poaceae* silvestres, productoras de células buliformes cuneiformes, no se limitaban a *Phragmites australis* sino que se relacionaban más con *Cynodon dactylon* antes de hacerlo con la anterior. La validación del análisis llegaba con la segunda y lógica respuesta, a efectos

---

<sup>180</sup> Por dificultades informáticas en los meses previos a la presentación de este trabajo no pueden mostrarse los resultados gráficos (dendrogramas) obtenidos con la aplicación del análisis cluster. Por ello solamente son citados sus resultados de forma sintética. Para paliar en lo posible tal pérdida, se puso en marcha el estudio estadístico preliminar sobre un conjunto aun mayor de ejemplares de fitolitos de este tipo. Sus pormenores son relatados en el apartado siguiente a este. La amplitud y mayor definición de la propuesta discriminante empleada, creemos que compensa los que habían sido los primeros resultados sobre agrupaciones y disociaciones de fitolitos de unas y otras especies que, en todo caso, manifestaban ya, como lo hace el análisis discriminante, la complejidad de llegar a una adscripción taxonómica precisa. Que aunque posible, no está exenta del problema, suficientemente mencionado —en repercusión y autor— que primeramente la planteó, de la multiplicidad dentro de una misma especie y planta. Por todo ello se ruega se tengan en consideración los textos basados en resultados cluster que no son mostrados gráficamente.

arqueobotánicos, que mostraba a *Saccharum officinaris* en el último lugar de las agrupaciones mostradas por el Análisis Cluster. Estábamos por tanto ante una ruta acertada, la de localizar evidencias de plantas presentes en un registro arqueológico propio de época prehistórica, donde la caña de azúcar quedaba fuera de las opciones posibles, puesto que aun no se había producido su introducción en Gran Canaria.

Primeramente debe destacarse la relación existente entre las buliformes de El Llanillo con *Cynodon dactylon* y *Phragmites australis* y menos, aunque cierta, con *Imperata cylindrica*, y sobre todo con *Arundo donax* y *Chloris gayana*. Mientras que *Saccharum officinarum* parece quedar definitivamente descartada desde las primeras estimaciones. Un grupo principal de 10 buliformes se relacionan primeramente con *Cynodon dactylon* y luego con *Phragmites australis*; un segundo grupo (7 ejemplares) aparece únicamente asociado a ésta segunda especie. En un tercer grupo de conglomerados, de mayor dispersión, el resto de buliformes del yacimiento se asocian a *Imperata cylindrica* y *Phragmites*. Quedan fuera de las asociaciones principales, las buliformes de *Saccharum officinarum*, y sólo en un caso, aparecen asociadas a una buliforme de *Imperata*, quizás por la cierta similitud de valores de sus ejes longitudinales entre ambas especies (A y B). Lo mismo ocurre con *Chloris gayana*, cuyas buliformes presentan tan alto grado de multiplicidad como para, en algunos casos, parecerse a determinados morfotipos de otras especies, y por tanto de los morfotipos arqueológicos.

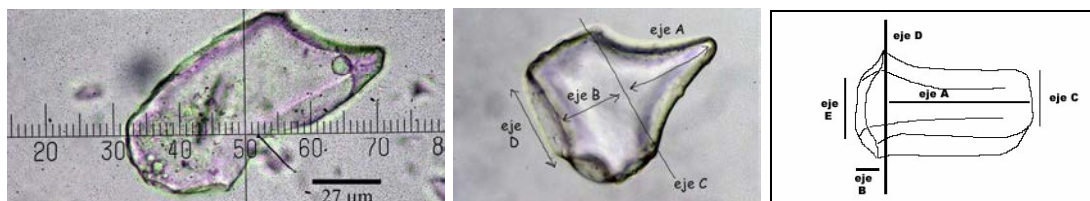
El segundo análisis introdujo la cuestión poco conocida de la presencia, como planta silvestre, de *Arundo donax* en época aborígen, planteando sobre su relación con *Phragmites australis* y el resto de especies del conjunto anterior. En este caso no se introdujeron promedios de medidas realizadas al microscopio, sino un número considerable de las mediciones realizadas sobre buliformes de *Arundo donax*, provenientes de un mismo taxón (San Cristóbal de Geneto). Por su parte, las muestras de *Phragmites australis* aportaban un criterio diferenciador, puesto que pertenecían a taxones procedentes de localizaciones biogeográficamente muy dispares, tanto de las Islas (Benijos, Tafira, Mesa Mota, Valle Gran Rey) como de la Península Ibérica (Ribadesella), Escocia (Tarbet) y Noruega (*Refvik Beach*). Los resultados tienden a agrupar primeramente las buliformes de El Llanillo con *Cynodon dactylon*, para luego hacerlo con las morfologías de *Phragmites* de Mesa Mota, Tarbet y Ribadesella, insertando a continuación la mayoría de buliformes de *Arundo donax*. En una segunda asociación se sitúan buliformes de *P. australis* con los del yacimiento para posteriormente aislar las de *Imperata cylindrica* y finalmente las de *Saccharum officinarum*, que de nuevo son situadas al final del cluster.

En un tercer análisis se incluyó un conjunto de datos pertenecientes a *Chloris gayana*, para conocer las relaciones entre las buliformes de esta especie con *Phragmites australis* y por supuesto con la selección de buliformes de El Llanillo. Introducíamos así la posibilidad de detectar similitudes y diferencias con respecto a una gramínea *chloridoideae*, común allí donde la temperatura del mes más frío es superior a 10°C, e incluso muy propia de regiones áridas donde las precipitaciones tienen lugar durante el verano.

Cabe destacar, en este tipo de análisis, que la especie que cobra relevancia sea *Cynodon dactylon* y no las otras gramíneas tomadas como referencia. Aunque en parte los resultados aportados por el cluster concuerdan

con las estimaciones basadas en el estudio comparativo y exclusivo de los ejes de simetría, la lectura sobre la presencia de *Cynodon dactylon* se ha tomado como complementaria, asumiendo que esta especie también se desarrolló en la zona. No obstante, aunque la conjunción de ambos datos aporta la idea de dicha presencia, la experiencia adquirida tras cientos de visualizaciones y descripciones microscópicas de células buliformes aportan la idea de *Phragmites australis* como especie claramente representada en los últimos niveles de El Llanillo ya que, en realidad, existe una notable similitud entre sus principales ejes de simetría, difiriendo únicamente en menores longitudes de los morfotipos de la primera con respecto a la segunda especie. Igualmente, no se aprecia en los resultados del análisis SPSS ningún tipo de buliforme arqueológico que quede fuera de los conglomerados generados con los datos de referencia.

La contrastación final y la llegada de resultados muy esclarecedores aunque de compleja interpretación, se produjo mediante la introducción de los datos métricos (sólo de ejes A, B y C) de más de 300 células buliformes, correspondientes a las especies *Phragmites australis* (en este caso también subespecies), *Arundo donax*, *Chloris gayana*, *Cynodon dactylon*, conjuntamente con los obtenidos con células similares procedente de suelos de Las Cañadas del Teide (Perfil R-18, Ucanca), de sedimentos arqueológicos de El Llanillo y otros, como La Cerera (Aruca), Las Candelarias (Agaete) y Acceso al Pescante de Vallehermoso (Vallehermoso). Los resultados obtenidos han sido asociados a dos aspectos fundamentales: la relación existente entre buliformes provenientes de varias especies productoras de este tipo de fitolitos (entre ellas de diferente localización en el caso de *Phragmites australis*) y éstas a su vez con las detectadas en suelos y sedimentos arqueológicos. Entendiendo que las lecturas pueden ofrecernos mayor rango explicativo si se analizan primero de forma separada y luego conjuntamente, procedimos a ejecutarlo de esta manera. De lo cual ofrecemos una breve exposición en el siguiente apartado.



**Fitolitos de células buliformes desde la estadística: aplicaciones a muestras patrones, arqueológicas y edáficas.**

#### **Criterios de aplicación y análisis exploratorio.**

Entendiendo como viables los datos obtenidos de forma preliminar con las buliformes de El Llanillo, se planteó la posibilidad de aplicar técnicas estadísticas que definieran aun más varias hipótesis sobre los fitolitos estudiados. Las preguntas sobre las que se aplicaron los análisis versaban primeramente sobre la viabilidad de los parámetros métricos (ejes de simetría A, B y C), a la hora de discriminar entre especies vegetales que desarrollan fitolitos de células buliformes cuneiformes. Llevando a cabo un segundo tipo de análisis, que incluía un amplio grupo de muestras-problema, es decir del mismo tipo de datos métricos obtenidos con la observación del mismo tipo de

fitolitos, pero detectados en este caso en muestras edáficas y arqueológicas. La oportunidad creada con el estudio estadístico de tales fitolitos, ha aconsejado que entre las muestras patrones se incluyan aquellos detectados en sustratos tratados más adelante en esta Tesis, como los suelos de Las Cañadas del Teide (Perfil R-18) y otros yacimientos arqueológicos, como La Cerera (Arucas) y Las Candelarias (Agaete), entendiéndose que en el primer caso podría afianzarse una lectura de muy compleja formulación paleoambiental, y los dos segundos verificar la presencia de el ya paradigma de nuestra investigación *Phragmites australis*, en este caso en otros yacimientos de Gran Canaria

Los datos de especies vegetales patrones, que forman parte de la colección de referencia, pertenecían a fitolitos de *Arundo donax*, *Chloris gayana*, *Cynodon dactylon* y *Phragmites australis*. De esta última especie se introdujeron los datos de un taxón recolectado en Canarias (Valle Gran Rey, La Gomera) y otro en la cornisa cantábrica (Río Orio, Zarautz, Guipúzcoa). Posteriormente, a pesar de estimar a nivel taxonómico macroscópico su pertenencia a la especie *P. australis*, pero probablemente diferente subespecie, se introdujeron los datos de fitolitos recolectados en las ya citadas localidades de Escocia (Tarbet), Noruega (Moloy), Península Ibérica (Arousa) y Canarias (Benijos, Mesa Mota, Tafira y Maspalomas).

De tal modo que primeramente se pretendía conocer la solidez de los datos aportados por las plantas patrones como posible función discriminante, es decir visualizar si los parámetros tomados con ese fin mostraban diferencias estadísticamente significativas. Y posteriormente se aplicó un análisis discriminante introduciendo los datos obtenidos en el Análisis Exploratorio (cinco grupos de plantas patrones) y los de las muestras-problema.

Los siguientes gráficos (68,69,70) son histogramas de las distribuciones de frecuencias de los parámetros A, B y C en los cinco grupos de muestras analizados. Pareciendo un buen método para visualizar hasta qué punto son distintos unos de otros, y qué parámetros los diferencian mejor. Las letras que siguen a los nombres de los grupos de muestras, indican si hay diferencias estadísticamente significativas ( $P < 0.05$ ) según la prueba de Kruskal-Wallis (los grupos a los que sigue la misma letra no presentan diferencias significativas entre sí).

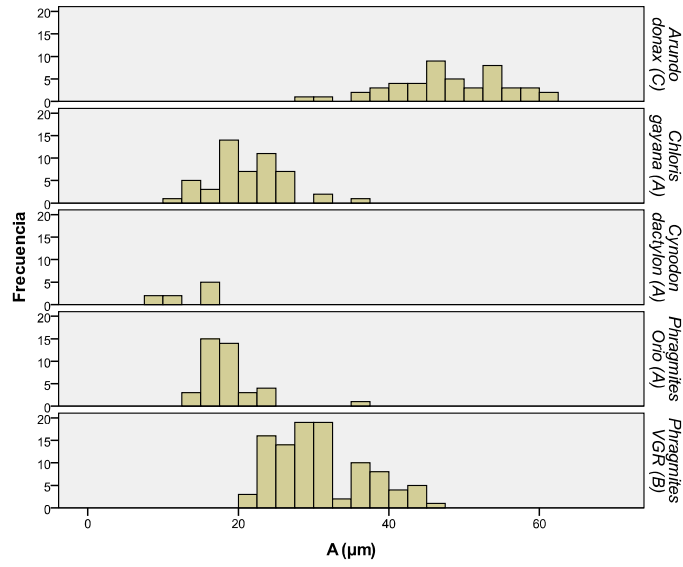


Gráfico 68

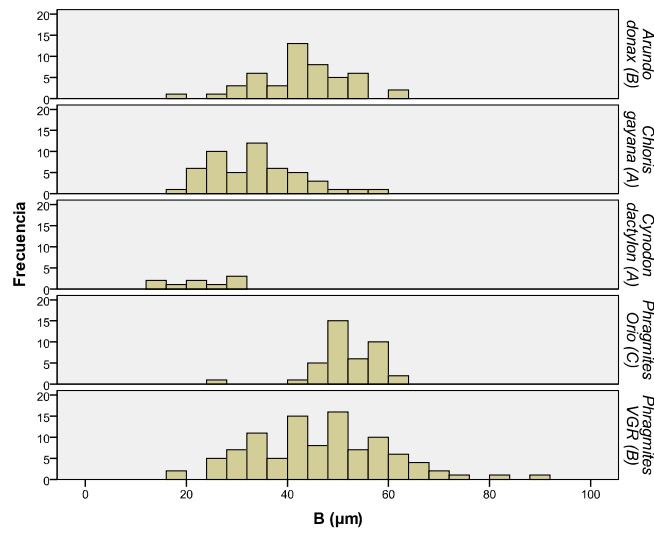


Gráfico 69

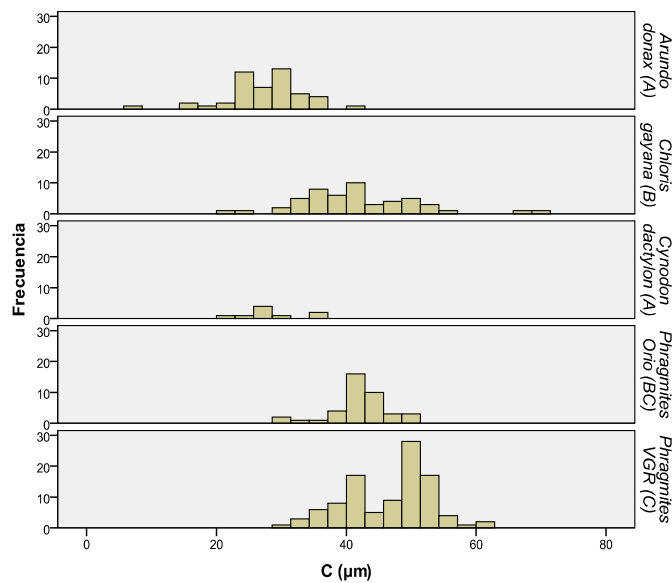


Gráfico 70



En los Gráficos 71 y 72 se representan las observaciones de los grupos estudiados según las dimensiones de A, B y C. Como puede observarse, los parámetros A, B y C proporcionan por sí solos una buena separación de los grupos, sin necesidad de mayores análisis estadísticos.

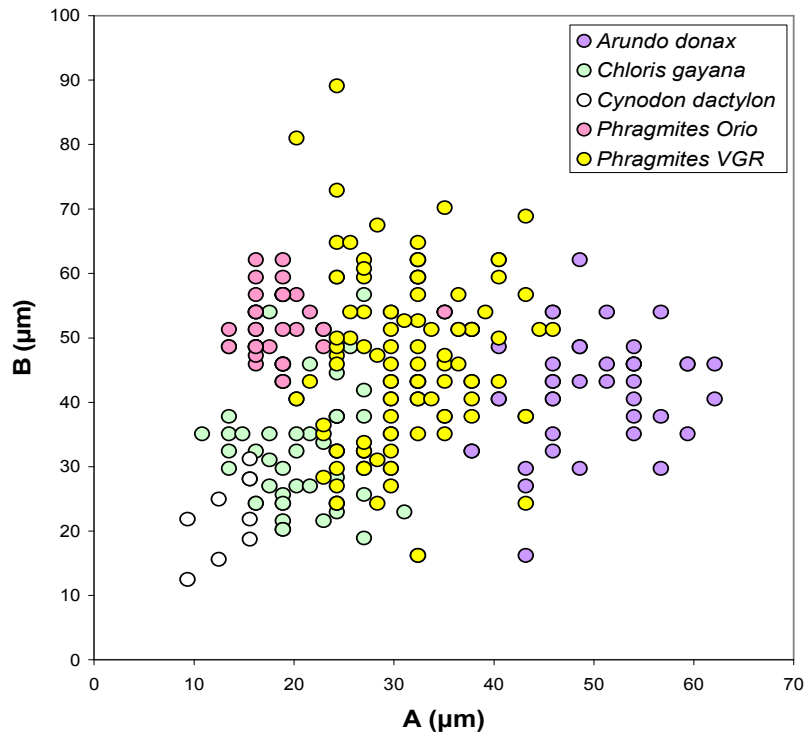


Gráfico 71

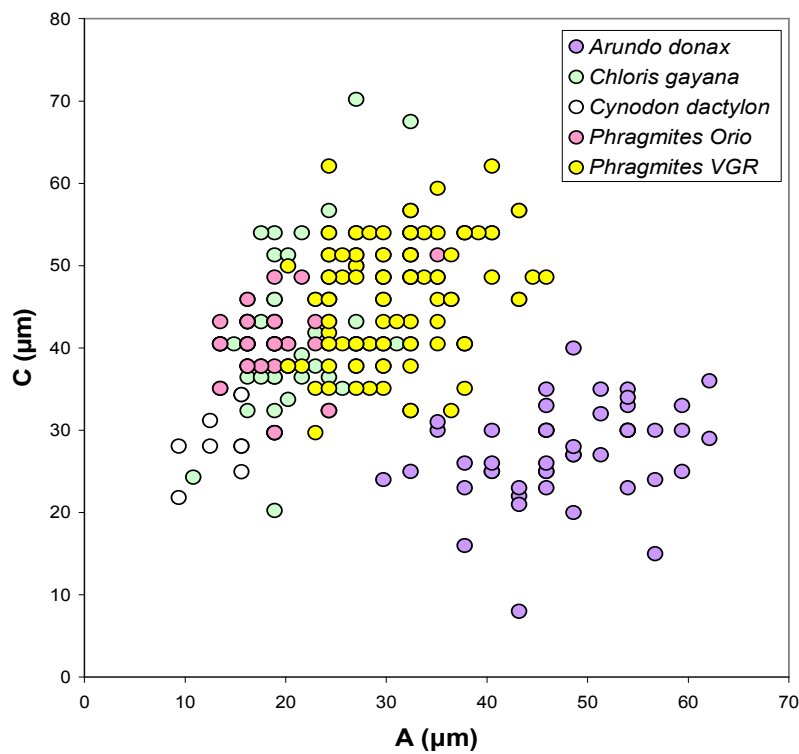


Gráfico 72

Por su parte, los Gráficos 73 y 74 representan los valores de A, B y C para los grupos de estudio y distintas muestras-problema. Las barras de error representan las llamadas “bisagras de Tukey”, que comprenden el 50% central de valores para cada grupo, entre los percentiles 25 y 75 de su distribución de frecuencias. Estos gráficos permiten comprobar visualmente qué muestras problemas caen dentro de los rangos típicos para uno u otro grupo, y cuáles por el contrario se alejan de dichos rangos.

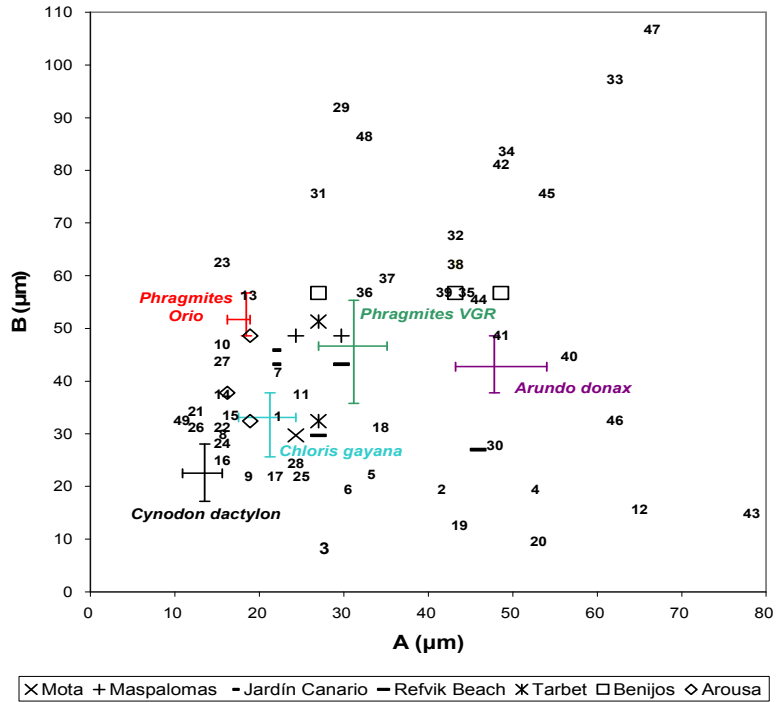


Gráfico 73

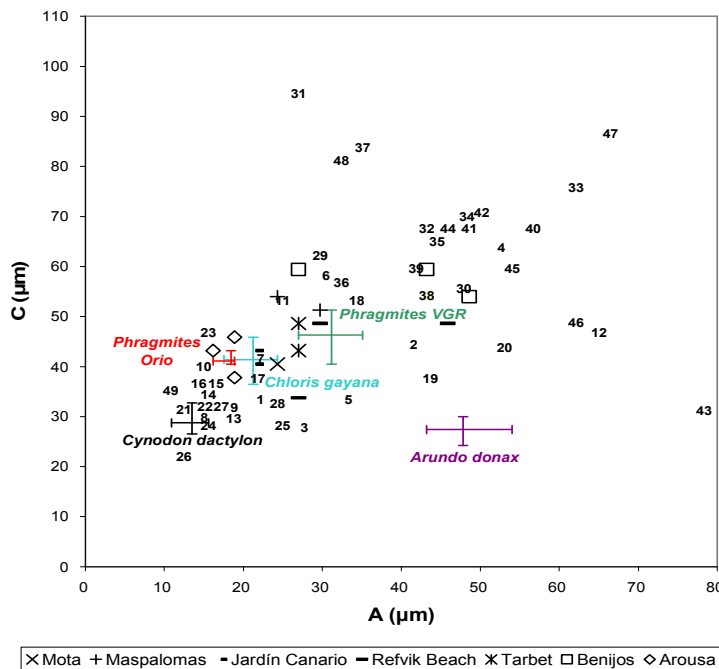


Gráfico 74

**Leyenda adicional Figuras 73 y 74:** 1 = buliforme APVLL-03 (1); 2 = buliforme APVLL-01 (3); 3 = Buliforme APVLL-03 (2); 4 = CANDE-NCM-1; 5 = CANDE-NCM-2; 6 = CANDE-NCM-3; 7 = CANDE-NCM-4; 8 = E-LL- 1 P.1; 9 = E-LL- 2 P.2; 10 = E-LL- 3 P.2; 11 = E-LL-4 P.2; 12 = E-LL- 5 P.11; 13 = E-LL- 6 P.7; 14 = E-LL-7 P.9; 15 = E-LL- 8 P.9; 16 = E-LL-9 P.9; 17 = E-LL-10 p.9; 18 = E-LL-11 P.9; 19 = E-LL-12 P.9; 20 = E-LL-13 P.10; 21 = E-LL-14 P.10; 22 = E-LL-15 P.10; 23 = E-LL-16 P.10; 24 = E-LL-17 P.10; 25 = E-LL-18 P.1; 26 = E-LL-19 P. 1; 27 = E-LL-20 P.3; 28 = R-18 Bt1; 29 = R-18 Bt1; 30 = R-18 Bt1; 31 = R-18 Bt1; 32 = R-18 Bt1; 33 = R-18 Bt1; 34 = R-18 Bt1; 35 = R-18 Bt1; 36 = CE-2.2 A (1); 37 = CE-2.2 A (2); 38 = CE-2.2 A; 39 = CE-2.2 A; 40 = CE-2.2 B; 41 = CE-2.2 B; 42 = CE-2.2 B; 43 = CE-2.2 C; 44 = CE-2.3; 45 = CE-2.3; 46 = CE-2.3; 47 = CE-2.5; 48 = CE-2.8; 49 = Buliforme Cmno. Largo 1.

### Análisis discriminante

A continuación se exponen los resultados del análisis discriminante<sup>181</sup>.

#### A) Análisis 1 (con los cinco grupos de muestras)

##### Resumen de las funciones canónicas discriminantes

El análisis discriminante crea una serie de variables artificiales, las “funciones discriminantes” que pretenden condensar la información de las observaciones a partir de las cuales se obtiene (las muestras “de referencia”) en cuanto a los valores de las variables A, B y C y a la afiliación a uno u otro grupo.

Con las Tablas 1 y 2 vemos la significación multivariante del análisis. Con la tabla de autovalores (Tabla 24) podemos ver que porcentaje de la varianza explica cada eje discriminante, por ejemplo, el primer eje explica el 84,6% de la varianza y el segundo el 9,1 %.

Tabla 24. Autovalores

Función	Autovalo r	% de varianza	% acumulado	Correlación canónica
1	5,511 <sup>a</sup>	84,6	84,6	,920
2	,591 <sup>a</sup>	9,1	93,6	,609
3	,415 <sup>a</sup>	6,4	100,0	,542

a. Se han empleado las 3 primeras funciones discriminantes canónicas en el análisis.

El contraste de la lambda de Wilks (Tabla 25) es un test para el contraste de las medias de todas las funciones discriminantes en todos los grupos. De tal manera que si el valor de Sig. es menor que 0.05 nos llevará a aceptar que existen diferencias de comportamiento entre las medias de los tres grupos como ocurre en este caso. Este test se realiza con todas las funciones para luego ir eliminándolas una a una y comprobando las que quedan.

Tabla 25. Lambda de Wilks

Contraste de las funciones	Lambda de Wilks	Chi- cuadrado	gl	Sig.
1 a la 3	,068	655,110	12	,000
2 a la 3	,444	197,992	6	,000

<sup>181</sup> Las explicaciones de los contenidos han sido extraídas de la web <http://www.ugr.es/~ramongs/sociologia.htm>, donde se contienen una serie de apuntes obra del profesor Ramón Gutiérrez Sánchez de la Universidad de Granada.

Tabla 25. Lambda de Wilks

Contraste de las funciones	Lambda de Wilks	Chi-cuadrado	gl	Sig.
1 a la 3	,068	655,110	12	,000
2 a la 3	,444	197,992	6	,000
3	,707	84,714	2	,000

Con la matriz de coeficientes estandarizados (Tabla 26) y la matriz de estructuras (Tabla 27), que representa las correlaciones entre las funciones discriminantes y las variables, podremos estudiar qué variables son más influyentes en las funciones discriminantes.

Tabla 26. Coeficientes estandarizados de las funciones discriminantes canónicas

	Función		
	1	2	3
A	,973	,338	-,245
B	,438	,055	1,100
C	-,833	,817	-,426

Tabla 27. Matriz de estructura

	Función		
	1	2	3
A	,742*	,587	-,324
C	-,310	,948*	,076
B	,045	,498	,866*

Correlaciones intra-grupo combinadas entre las variables discriminantes y las funciones discriminantes canónicas tipificadas

Variables ordenadas por el tamaño de la correlación con la función.

\*. Mayor correlación absoluta entre cada variable y cualquier función discriminante.

Con los coeficientes de Fisher (Tabla 28) obtenemos las funciones discriminantes con las cuales es posible obtener las puntuaciones de los ejes para cada individuo. Estas funciones son:

$$D1 = -1,981 + 0,167A + 0,041B - 0,118C$$

$$D2 = -6,597 + 0,058A + 0,005B + 0,116C$$

$$D3 = -0,748 - 0,042A + 0,103B - 0,060C$$

Tabla 28. Coeficientes de las funciones canónicas discriminantes

	Función		
	1	2	3
A	,167	,058	-,042
B	,041	,005	,103
C	-,118	,116	-,060
(Constante)	-1,981	-6,597	-,748

Coeficientes no tipificados

Con la matriz de centroides (Tabla 29) obtenemos las medias de cada grupo para las dos funciones. Si las medias de cada grupo son parecidas implicaría que la función no discrimina los grupos y al contrario si las medias son diferentes, como ocurre en este caso y como vimos en el test de la lambda de Wilks.

Tabla 29. Funciones en los centroides de los grupos

Grupo	Función		
	1	2	3
<i>Arundo donax</i>	4,537	-,426	-,026
<i>Chloris gayana</i>	-1,959	-,398	-,743
<i>Cynodon dactylon</i>	-2,193	-2,366	-,740
<i>Phragmites australis</i> Orio	-1,636	-,504	1,302
<i>Phragmites australis</i> VGR	-,324	,814	-,062

Funciones discriminantes canónicas no tipificadas evaluadas en las medias de los grupos

En los Gráficos 75 y 76 se representa gráficamente la separación de los grupos obtenida por las funciones discriminantes. Aunque la separación es clara no mejora demasiado la que se obtenía de la simple representación gráfica de A, B y C, sin necesidad de tests estadísticos.

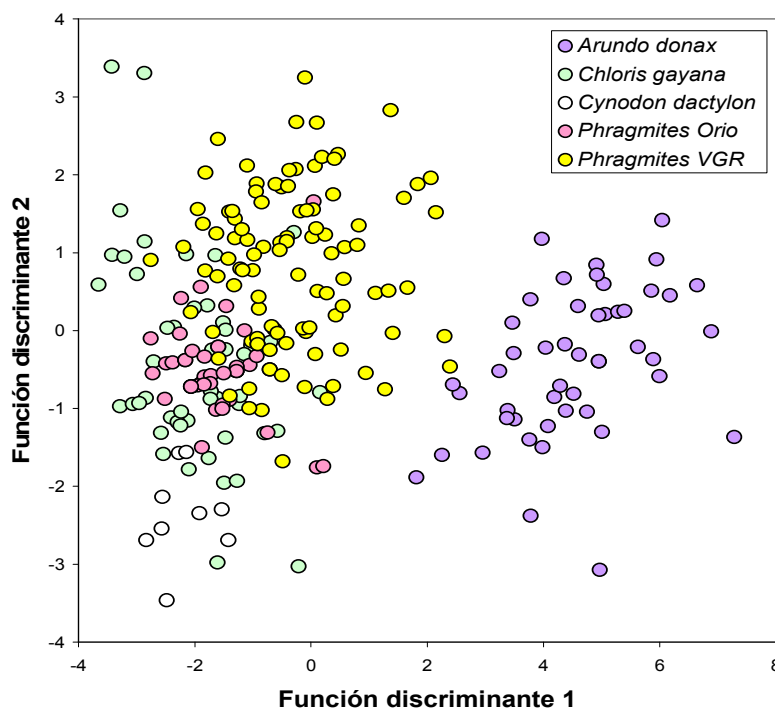


Gráfico 75

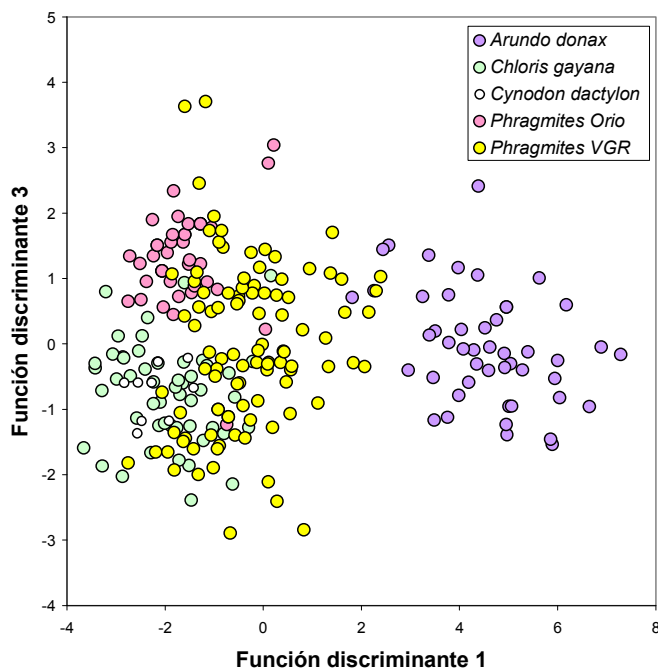


Gráfico 76

El análisis discriminante ha permitido inferir un conglomerado de pertenencia probable de las muestras problemas (Tabla 30). Sin embargo, tales resultados deben tomarse con precaución, dado que el procedimiento fuerza al análisis a escoger entre los cinco grupos, cuando podría ocurrir que en realidad no pertenezcan a ninguno de ellos. En este sentido, la adjudicación a estos grupos debe realizarse con extrema prudencia, en especial cuando los valores de A, B o C caen fuera de los rangos característicos de estos grupos (Tabla 30).

Tabla 30. Probabilidad de pertenencia (%) de distintas muestras-problema a los grupos estudiados						
Nombre de la muestra	<i>Arundo donax</i>	<i>Chloris gayana</i>	<i>Cynodon dactylon</i>	<i>Phragmites australis</i> Orio	<i>Phragmites australis</i> VGR	Conglomerado más probable
Mota	0	74	8	4	13	<i>Chloris gayana</i>
Maspalomas	0	47	0	17	35	<i>Chloris gayana</i>
Maspalomas	0	15	0	7	78	<i>Phragmites australis</i> VGR
Jardín Canario	0	44	3	35	18	<i>Chloris gayana</i>
Jardín Canario	0	24	3	55	18	<i>Phragmites australis</i> Orio
Refvik Beach	0	23	0	5	71	<i>Phragmites australis</i> VGR
Refvik Beach	0	45	13	7	35	<i>Chloris gayana</i>
Refvik Beach	0	2	0	0	98	<i>Phragmites australis</i> VGR
Tarbet	0	15	0	23	62	<i>Phragmites australis</i> VGR
Tarbet	0	64	3	4	30	<i>Chloris gayana</i>
Benijos	0	20	0	15	65	<i>Phragmites australis</i> VGR
Benijos	0	0	0	0	100	<i>Phragmites australis</i> VGR
Benijos	4	0	0	0	96	<i>Phragmites australis</i> VGR
Arousa	0	66	13	19	2	<i>Chloris gayana</i>
Arousa	0	31	2	58	9	<i>Phragmites australis</i> Orio
Arousa	0	59	25	12	4	<i>Chloris gayana</i>
buliforme APVLL-03 (1)	0	42	26	20	12	<i>Chloris gayana</i>
buliforme APVLL-01 (3)	0	13	0	0	87	<i>Phragmites australis</i> VGR

Buliforme APVLL-03 (2)	0	42	55	0	3	<i>Cynodon dactylon</i>
CANDE-NCM-1	0	3	0	0	97	<i>Phragmites australis</i> VGR
CANDE-NCM-2	0	32	4	1	63	<i>Phragmites australis</i> VGR
CANDE-NCM-3	0	95	0	0	5	<i>Chloris gayana</i>
CANDE-NCM-4	0	44	4	32	19	<i>Chloris gayana</i>
E-LL- 1 P.1	0	23	63	13	1	<i>Cynodon dactylon</i>
E-LL- 2 P.2	0	32	65	2	1	<i>Cynodon dactylon</i>
E-LL- 3 P.2	0	20	6	71	3	<i>Phragmites australis</i> Orio
E-LL-4 P.2	0	80	1	3	16	<i>Chloris gayana</i>
E-LL- 5 P.11	100	0	0	0	0	<i>Arundo donax</i>
E-LL- 6 P.7	0	1	1	96	2	<i>Phragmites australis</i> Orio
E-LL-7 P.9	0	27	35	36	2	<i>Phragmites australis</i> Orio
E-LL-8 P.9	0	36	52	12	1	<i>Cynodon dactylon</i>
E-LL-9 P.9	0	37	60	3	0	<i>Cynodon dactylon</i>
E-LL-10 p.9	0	71	25	1	2	<i>Chloris gayana</i>
E-LL-11 P.9	0	39	0	0	61	<i>Phragmites australis</i> VGR
E-LL-12 P.9	2	10	0	0	88	<i>Phragmites australis</i> VGR
E-LL-13 P.10	14	1	0	0	85	<i>Phragmites australis</i> VGR
E-LL-14 P.10	0	16	65	19	0	<i>Cynodon dactylon</i>
E-LL-15 P.10	0	23	63	13	1	<i>Cynodon dactylon</i>
E-LL-16 P.10	0	2	0	96	2	<i>Phragmites australis</i> Orio
E-LL-17 P.10	0	15	78	7	0	<i>Cynodon dactylon</i>
E-LL-18 P.1	0	37	52	3	8	<i>Cynodon dactylon</i>
E-LL-19 P. 1	0	3	87	10	0	<i>Cynodon dactylon</i>
E-LL-20 P.3	0	8	17	73	2	<i>Phragmites australis</i> Orio

R-18 Bt1	0	53	34	4	9	<i>Chloris gayana</i>
R-18 Bt1	0	0	0	55	45	<i>Phragmites australis</i> Orio
R-18 Bt1	0	2	0	0	98	<i>Phragmites australis</i> VGR
R-18 Bt1	0	34	0	4	62	<i>Phragmites australis</i> VGR
R-18 Bt1	0	0	0	0	100	<i>Phragmites australis</i> VGR
R-18 Bt1	30	0	0	0	70	<i>Phragmites australis</i> VGR
R-18 Bt1	0	0	0	0	100	<i>Phragmites australis</i> VGR
R-18 Bt1	0	0	0	0	100	<i>Phragmites australis</i> VGR
CE-2.2 A (1)	0	4	0	4	92	<i>Phragmites australis</i> VGR
CE-2.2 A (2)	0	14	0	0	86	<i>Phragmites australis</i> VGR
CE-2.2 A	0	0	0	0	100	<i>Phragmites australis</i> VGR
CE-2.2 A	0	0	0	0	100	<i>Phragmites australis</i> VGR
CE-2.2 B	0	0	0	0	100	<i>Phragmites australis</i> VGR
CE-2.2 B	0	0	0	0	100	<i>Phragmites australis</i> VGR
CE-2.2 B	0	0	0	0	100	<i>Phragmites australis</i> VGR
CE-2.2 C	100	0	0	0	0	<i>Arundo donax</i>
CE-2.3	0	0	0	0	100	<i>Phragmites australis</i> VGR
CE-2.3	64	0	0	0	36	<i>Arundo donax</i>
CE-2.3	100	0	0	0	0	<i>Arundo donax</i>
CE-25	3	0	0	0	97	<i>Phragmites australis</i> VGR
CE-2.8	0	1	0	6	93	<i>Phragmites australis</i> VGR
Buliforme Cmno. Largo 1	0	25	63	11	0	<i>Cynodon dactylon</i>

**B) Análisis 2** (sólo con los grupos *Phragmites australis* Orio y *Phragmites australis* VGR)

**Resumen de las funciones canónicas discriminantes**

**Tabla 31. Autovalores**

Función	Autovalor	% de varianza	% acumulado	Correlación canónica
1	1,267 <sup>a</sup>	100,0	100,0	,748

a. Se han empleado las 1 primeras funciones discriminantes canónicas en el análisis.

**Tabla 32. Lambda de Wilks**

Contraste de las funciones	Lambda de Wilks	Chi-cuadrado	gl	Sig.
1	,441	112,548	3	,000

**Tabla 33. Coeficientes estandarizados de las funciones discriminantes canónicas**

	Función
	1
A	,914
B	-,310
C	,219

**Tabla 34. Matriz de estructura**

	Función
	1
A	,960
C	,319
B	-,168

Correlaciones intra-grupo combinadas entre las variables discriminantes y las funciones discriminantes canónicas tipificadas

Variables ordenadas por el tamaño de la correlación con la función.

La función discriminante, por tanto, sería:  $D1 = -4,956 + 0,171A - 0,026B + 0,033C$

**Tabla 35. Coeficientes de las funciones canónicas discriminantes**

	Función
	1
A	,171
B	-,026
C	,033
(Constante)	-4,956

Coeficientes no tipificados

**Tabla 36a. Funciones en los centroides de los grupos**

Grupo	Función
	1
<i>Phragmites australis</i> Orio	-1,776
<i>Phragmites australis</i> VGR	,703

Funciones discriminantes canónicas no tipificadas evaluadas en las medias de los grupos



Tabla 36b. Probabilidad de pertenencia (%) de distintas muestras-problema a los grupos estudiados			
	<i>Phragmites australis</i> Orio	<i>Phragmites australis</i> VGR	Conglomerado más probable
Mota	31	69	<i>Phragmites australis</i> VGR
Maspalomas	34	66	<i>Phragmites australis</i> VGR
Maspalomas	6	94	<i>Phragmites australis</i> VGR
Jardín Canario	73	27	<i>Phragmites australis</i> Orio
Jardín Canario	80	20	<i>Phragmites australis</i> Orio
Refvik Beach	5	95	<i>Phragmites australis</i> VGR
Refvik Beach	20	80	<i>Phragmites australis</i> VGR
Refvik Beach	0	100	<i>Phragmites australis</i> VGR
Tarbet	23	77	<i>Phragmites australis</i> VGR
Tarbet	12	88	<i>Phragmites australis</i> VGR
Benijos	15	85	<i>Phragmites australis</i> VGR
Benijos	0	100	<i>Phragmites australis</i> VGR
Benijos	0	100	<i>Phragmites australis</i> VGR
Arousa	95	5	<i>Phragmites australis</i> Orio
Arousa	91	9	<i>Phragmites australis</i> Orio
Arousa	87	13	<i>Phragmites australis</i> Orio

### Conclusiones y discusión.

Si nos centramos en los resultados aportados por las Tablas 30 y 36b podemos evaluar la posible significación estadística de los datos procesados, atendiendo tanto al análisis exploratorio, sobre la consistencia de los datos emanados de las medidas de las plantas de referencia (cinco grupos), como a la similitud o disimilitud que pueden presentar los pertenecientes a las muestras-problema.

### Análisis exploratorio

La representación por nubes de puntos, de los parámetros A, B y C, muestran por sí solos la separación por grupos, primer parámetro que puede relacionarse con el observado mediante la puesta en relación de las dimensiones (promedio) empleando gráficos de barras.

Cuando se introducen los datos conjuntos en un diagrama de Tukey se observan los primeros patrones de agregación de muestras similares, siguiendo rangos típicos para uno u otro grupo, mientras que ya se observan las primeras disimilitudes con respecto a principales rangos. Como puede apreciarse en los gráficos 71 y 72 la mayoría de puntos pasan por separarse netamente de los patrones típicos, hecho que debe tomarse como primera tendencia a tener en cuenta, al menos durante el análisis exploratorio de datos.

### Análisis discriminante

Aunque el análisis discriminante aplicado a los cinco grupos de muestras patrones muestra una dispersión más o menos diferenciada, los resultados no difieren en mucho de los obtenidos con el análisis exploratorio. Debiendo a su vez ser tomados con cautela, especialmente ante la observación de puntos que caen fuera de los rangos característicos de grupos. Atendiéndonos a tal limitación, las lecturas realizadas al respecto son provisionales, aunque de ellas ya pueden extraerse algunas conclusiones. La primera de ellas sobre la afinidad de rangos métricos (A, B y C) entre algunas de las especies analizadas, y la neta diferenciación con otras.

En concreto debemos resaltar la agregación de puntos correspondientes a *Phragmites australis* (Orio y Valle Gran Rey), *Chloris gayana* y *Cynodon dactylon* con respecto a *Arundo donax*, que queda claramente diferenciado de los anteriores. No obstante, como puede observarse (Gráficos 75 y 76) las diferencias entre los taxones de *Phragmites* siguen siendo evidentes, siendo la cercanía en muchos puntos, con *Chloris*, muy significativa.

El conglomerado de pertenencia probable de las muestras-problema, que permite inferir el análisis discriminante de las muestras patrones y ateniéndonos a la cautela impuesta por las propias características del estudio realizado, ofrece las primeas asociaciones, mediante probabilidad (%) de pertenencia, de las muestras-problema a los grupos patrones analizados. Para llevar a cabo una valoración de las posibles correspondencias obtenidas se ha optado por marcar en amarillo aquellas que se consideran más acertadas, en especial con las propuestas entre muestras patrones y muestras-problema. Ya que solamente en este caso contamos con la ventaja de conocer la respuesta: las plantas a las que pertenecen las células, de las que se extrajeron los datos, ya habían sido identificadas taxonómicamente<sup>182</sup>.

Desde esa primera aplicación práctica, del análisis discriminante, podía proponerse la de un cierto filtro analítico, cuestionando aquellas estimaciones porcentuales hasta un 65% de probabilidad, dado que por debajo del mismo parecen acentuarse los errores de adscripción biológica. De este modo hemos tomado como factible, en la probabilidad de pertenencia adjudicada por el análisis discriminante, un valor superior al 65-70%<sup>183</sup>. Los resultados indican que en sólo algo más del 50% se ha alcanzado la adscripción vegetal correcta, esto es, a la especie *Phragmites australis*. El resto lo ha sido a los otros grupos con los que el análisis exploratorio y el discriminante ya mostraban similitud: *Chloris* y *Cynodon*. En ninguno de los casos (9 de 8) la adscripción resulta a *Arundo donax*. Sin duda un punto sumamente importante, puesto que confirma que ninguna muestra patrón recolectada como *Phragmites* lo ha sido incorrectamente, a nivel identificación de campo y gabinete.

Obviamente tal proceder no puede operarse con los resultados entre muestras-patrones y muestras-problema de origen no-vegetal, pero sí que puede hacerse con el filtro analítico tomado como referente. De este modo las adscripciones podrían ser más acertadas.

### **Muestras patrones y muestras-problema.**

La aplicación permite comprobar cómo los datos obtenidos al microscopio óptico, con tres de los parámetros de los que pueden cuantificarse en las células buliformes, comienzan a ofrecer posibles respuestas a las muestras-problema. El filtro analítico propuesto podría ser una alternativa para reducir la incertidumbre creada con la comprobación de las adscripciones erróneas entre los grupos analizados. Atendiendo a tales planteamientos, las probabilidades de correspondencia permiten inferir sobre cada caso concreto:

---

<sup>182</sup> A nivel macroscópico, por el Dr. A. Santos, Unidad Botánica del Jardín de Aclimatación de La Orotava, Puerto de La Cruz.

<sup>183</sup> Los resultados correctos en este caso se han subrayado en amarillo, los incorrectos en rojo, sígase esta indicación en el CD que acompaña a los textos de la tesis.

- A) **El Llanillo:** Con 20 muestras-problema, el análisis muestra primeramente a *Cynodon dactylon* como especie más probable, pero 8 casos de 9 presentan una probabilidad  $\leq 60\%$ , adquiriendo sólo en un caso valor de 87%. De este modo, pese a ser la especie más probable, pasa a presentar muy baja probabilidad de acierto en cuanto a afinidad biológica. No obstante, las evidencias (observación óptica, análisis cluster preliminar) indican que no puede descartarse su presencia a nivel arqueológico. El bajo número de casos correspondientes a esta especie, introducidos en el análisis estadístico, también funciona aquí como parámetro a tener en cuenta. Con respecto a *Phragmites australis*, la probabilidad se encuentra repartida, 2 casos  $>70\%$ , 2 casos  $>80\%$ , 2 casos  $>90\%$ , 1  $<40\%$  y 1  $<65\%$ , pero al menos 6/8 casos presentan una probabilidad de pertenencia por encima de 70%. Lo cual parece un resultado mucho más holgado que con respecto a *Cynodon dactylon*. Con respecto a *Chloris gayana*, solamente se presentan 2 casos, de los cuales 1 es  $>70\%$  y otro  $>80\%$ , con lo cual la ruta parece igualmente correcta pero aun debe trabajarse con mayor número de individuos. Por último, existe un único caso en el que la probabilidad apunta hacia *Arundo donax*, pero lo hace con 100%, lo cual introduce una cuestión relevante que debe evaluarse, tanto en términos de multiplicidad y similitud entre fitolitos (aunque cabría descartar *Phragmites*) y la procedencia de las muestras (el desarrollo de *A. donax* en la actualidad es común en las Islas). En todo caso, en El Llanillo volvemos a encontrar que la ruta explicativa de *P. australis* sigue siendo válida.
- B) **CANDE-NCM- 1,2,3 (Yacimiento de Las Candelarias, Agaete):** Los cuatro casos planteados se orientan hacia *Phragmites* y *Chloris*, y en ambos existe al menos un caso  $>90\%$ , los otros  $<65\%$ . Con lo cual ambas especies parecen ser factibles como filiación biológica.
- C) **APVLL (Acceso al Pescante de Vallehermoso):** Los tres únicos casos analizados se orientan hacia tres especies distintas, *Phragmites* (87%), *Cynodon* (55%) y *Chloris* (42%), lo cual no deja dudas sobre la filiación biológica más alta.
- D) **Perfil R-18 (Bt1):** De 8 casos 7 corresponden a *Phragmites*, con probabilidades muy altas en algunos casos, ya que 4  $>90\%$ , 2  $<65\%$  y 1 = 70%, *Chloris* aparece representada con un 53% de probabilidad.
- E) **La Cerera (CE):** En este numeroso grupo de muestras-problema se presentan las más altas tasas de probabilidad de los estudiados. *Phragmites australis* es la especie con mayores probabilidades de pertenencia (10 casos de 13). De ellas 9 presentan entre 90-100% de probabilidad de pertenencia a esa especie. Curiosamente *Arundo donax* aparece como especie probable en tres casos, dos de ellos con 100% y uno  $<65\%$ . No se vinculan los resultados a ningún otro grupo.
- F) **Camino Largo:** la única muestra de este suelo ajardinado presenta su probabilidad más alta para con *Cynodon dactylon* (63%).

Las conclusiones que pueden sacarse de todo ello es la de estar ante un nutrido conjunto de muestras-problema donde las asignaciones, en función de las probabilidades de pertenencia, varían sustancialmente según los grupos de muestras patrones introducidos en el análisis exploratorio y discriminante. En

virtud de los resultados, el grupo más asignado es *Phragmites australis*, seguido de *Cynodon dactylon*, *Chloris gayana* y *Arundo donax* (Tabla 37).

Especie	Nº asignaciones
<i>Chloris gayana</i>	6
<i>Phragmites australis</i>	28
<i>Cynodon dactylon</i>	11
<i>Arundo donax</i>	4

**Tabla 37**, Número de asignaciones de las muestras-problema a especies vegetales patrones.

Los matices para con tales asignaciones son numerosos, dado que las muestras más estudiadas (mayor número de datos) resultan las mayormente asignadas, por lo que este estudio únicamente debe orientarse hacia la potencialidad explicativa que desarrolla, restringido a detectar la capacidad discriminante de algunos de los parámetros que pueden obtenerse de los fitolitos de células buliformes cuneiformes. En todo caso, las asignaciones cuya probabilidad de pertenencia es elevada han sido tomadas como satisfactorias, más cuando en algunos casos la diferenciación o similitud entre buliformes de referencia y muestras-problema ya se encontraba parcialmente resuelta.

Se ha comprobado como, desde los parámetros empleados, pueden darse casos cuya probabilidad de pertenencia sea tan repartida, entre los grupos seleccionados, que quede un tanto difuminada su adscripción biológica final. Este es el caso de *Cynodon dactylon* en el yacimiento de El Llanillo, donde a pesar de aparecer más representado que *Phragmites*, los valores son menos consistentes que los presentados por este último.

En algunos casos las probabilidades adscritas a *Phragmites* llegan a ser muy claras, como ocurre con las buliformes de La Cerera, donde solamente se confirma lo ya aportado por las observaciones microscópicas, que buscaban distinguir el esquema morfológico ideal intuido *De visu* para cada grupo vegetal. Aquí la mayoría de las muestras presentan valores >90% de pertenencia hacia ese grupo concreto.

En otros, como en el Perfil R-18, se abre una compleja perspectiva, propia de tratar con suelos muy específicos, donde todo rastro de vegetación disímil a la actual aconseja absoluta cautela<sup>184</sup>. Ese es el caso de las buliformes que el análisis adjudica, en algunos casos con el 100% de probabilidades, a *Phragmites australis*, en el suelo del actual Llano de Ucanca.

### Muestras patrones

Y obviamente, centrándonos en el origen de los datos empleados para el análisis estadístico, los resultados confirman que las adscripciones de las muestras patrones con las muestras-problema de origen vegetal (taxones *Phragmites* de localizaciones externas a Canarias) resultan muy coherentes

<sup>184</sup> El significado de la presencia de este tipo de vegetación en Las Cañadas del Teide es absolutamente relevante para un estudio paleobotánico y paleoclimático, y precisamente por ello únicamente es planteado como el resultado de una vía metodológica preliminar.

(**Tabla 36**), puesto que las muestras de diferentes procedencias son adjudicadas al mismo grupo. En este caso la mayoría de las adscripciones lo son al taxón de Valle Gran Rey y en menor medida al del Río Orio. Sin entrar en detalle en el tema, resulta significativo que al primer taxón sea al que se vinculen buena parte de las buliformes detectadas en las muestras-problema, que en su totalidad proceden de distintos enclaves de Canarias.

En este caso las correlaciones establecidas entre las muestras patrones son muy significativas, puesto que confirman la vía seguida con los muestreos y especialmente con el esquema morfométrico parcial (tres parámetros de los que pueden presentar las células buliformes) realizado al microscopio óptico. Lo cual a nivel taxonómico resulta igualmente importante, dado que permite la primera adscripción de ese signo empleando únicamente los datos aportados por el estudio morfométrico, restringido al de fitolitos de células buliformes. También en ese campo puede comprobarse como diferentes muestras de la misma planta pero quizá diferente subespecie, son agrupadas sin mediar la introducción de ningún otro grupo vegetal, a pesar de proceder de distintas localizaciones.

## Capítulo Resultados 5-III

### Contenidos:

- Sedimentos, suelos y microfósiles de zonas húmedas en Las Cañadas...
- Suelos y secuencias litoestratigráficas de las Cañadas del Teide:
  - Perfil R-18: Ucanca
  - Perfil BLACH-1: Barranco de La Arena
  - Caracterización parcial de los suelos del Valle de Chafarí...
  - Perfil R-16: El Picón

Sedimentos, suelos y microfósiles de zonas húmedas en Las Cañadas del Teide: su papel en el estudio de los recursos hídricos en la Prehistoria de Tenerife.

**Planteamientos previos: *Tras las huellas del agua.***

Como ocurre con otros estudios similares, realizados sobre materiales derivados de la sedimentación natural, este apartado se ha desarrollado siguiendo objetivos y métodos limnológicos y de análisis microfósil. Centrándose en la identificación de conjuntos microfósiles en sedimentos formados bajo condiciones o afectación hídricas, en los cuales pueden encontrarse restos de organismos acuáticos y otros asociados al ambiente creado por la presencia de agua, como plantas con requerimientos de alta humedad, definiendo así dos grupos concretos de registros microfósiles: los que hacen referencia expresa a un desarrollo en medio acuático (o de alta humedad) como las microalgas y los que, como los fitolitos, pueden derivar de plantas terrestres asociadas a ese mismo medio o ambiente. La identificación diferencial de ambos, unas veces de forma exclusiva y otra conjunta, en todas las muestras analizadas, puede decirse que supone el primer resultado global de este apartado.

De este modo, a medida que se realizaba el estudio de sedimentos y su registro biomineral, se ha percibido de forma empírica la posibilidad de seguir una posible vía de aproximación al aprovechamiento prehistórico del agua. En este caso desde una perspectiva interdisciplinar compleja y concreta, que empleará el estudio parcial de sedimentos y el registro microfósil derivado de la estructura de comunidades vegetales, asociadas de forma natural a condiciones hídricas. Obviamente –como en el resto de analíticas de esta Tesis– ello ha obligado a conocer, de forma preliminar, algunas de las características de aquellos sustratos donde dichas comunidades dejan su rastro en forma de partículas biominerales, y en concreto microfósiles altamente silicificados, formados en más de un 95% por sílice amorfo, tal que fitolitos, diatomeas y quistes de crisofitas. Como más adelante se expone, dichos sustratos presentan especiales características edáficas, como su contenido en fracciones granulométricas que, en algunos casos y muy sorprendentemente por tratarse de la zona biogeográfica que nos ocupa (Las Cañadas del Teide), adquiere un componente biogénico que puede contrastar con los contextos ambientales actuales. Y sobre todo plantear que se trata de una cualidad más de los sedimentos, tan relevante como para afirmar que estamos ante fracciones finas, más apreciable en los limos, con un alto contenido biogénico, casi más que mineral.

A tales evidencias, presididas por las microalgas y seguidas de cerca por los fitolitos, hay que sumar también los restos dejados por esponjas que, como ya se ha expresado, constituyen igualmente un elemento bioindicador de la presencia de condiciones hídricas, incluso en contextos donde hoy éstas ya no existen. Aunque no hemos encontrado antecedentes sobre su detección en contextos de montaña, lo cierto es que ciertas variedades dulceacuícolas, como otros organismos, han encontrado su hábitat en zonas de la alta montaña de Tenerife, al menos así lo atestiguan los microrrestos localizados. Que no por ello dejan de sorprender, en especial por presentarse en un contexto de los que hemos denominado “inusuales”, confirmando que el

seguimiento de las huellas del agua, en este caso en contextos arqueológicos, a través de los microfósiles es igualmente válido. También aquí, reviste interés su naturaleza como organismos acuáticos sésiles, desarrollados bajo una mínima columna/lámina de agua. Dicha característica les otorga la particularidad de ser entendidos como de desarrollo local, salvo que se produzcan procesos de introducción de materiales que las contengan, que habría que sopesar si existieran indicios de ello.

El registro microfósil detectado, en líneas generales responde a las comunidades vegetales del entorno inmediato a estos puntos húmedos y pese a que no era ese nuestro objetivo inicial, ha sido relevante comprobar como la flora terrestre participa en la formación de sustratos sedimentarios acuáticos. Valvas de diatomeas y quistes de crisofitas se constituyen así como referentes de ambos tipos de algas, propias del plancton acuático y que en este caso también han permitido evaluar, a nivel microfósil, la cierta estabilidad de los medios acuáticos en el espacio de Las Cañadas del Teide. Aunque aun deban definirse los términos y límites cronológicos de la misma.

Situándonos en tales planteamientos y elementos empíricos, no sólo existe la posibilidad de reconocer la mencionada estructura vegetal de un determinado lugar, sino además la de poder asumir sus cambios —ligados a los del medio— en el tiempo. Para lo cual ya no basta con el estudio de la capa superficial del sustrato, sino de la totalidad de las que lo integran, dígame horizontes si se trata de un suelo, de estratos si se trata de materiales geológicos o de niveles, si se trata de sedimentos arqueológicos. No obstante, en este sentido, tal y como propondrían Courty *et al.* (1989) estableciendo diferentes visiones disciplinares, de lo que en realidad es una misma estratigrafía —a saber la analizada a nivel edáfico, geológico o arqueológico— y que por esa razón, como ocurre en micromorfología, debe tenerse en cuenta. Lo mismo ocurre en el caso del análisis de microorganismos acuáticos, ya que su depósito obedecerá siempre a las condiciones del medio donde se desarrollaron, tanto de forma natural como relacionadas con factores antrópicos. El estudio de las secuencias microfósiles detectadas, en sustratos muy dispares, guarda entonces la posibilidad de obtener información sobre los organismos allí desarrollados y/o depositados, en este caso todos los vinculados a ambientes acuáticos, tanto eventuales como permanentes. Los datos obtenidos responden a varios aspectos como la presencia de restos silicificados de organismos acuáticos y plantas de ambiente hidrófilo, así como los ya habituales de naturaleza química y física, con especial orientación hacia la granulometría de las muestras de sedimento. El primer dato que revelan tales datos es una clara evidencia del grado en que dichos sedimentos tienen un componente biogénico, pese a que por ahora solamente podemos asumir breves y escuetas lecturas sobre este importante, a nuestro entender, aspecto de contextos edáficos y sedimentarios de la Prehistoria<sup>1</sup>. En la

---

<sup>1</sup> El componente biogénico supone, a nuestro entender, una nueva forma de encarar el estudio de una secuencia edáfica o sedimentológica, en sentido amplio en cuanto a su aplicación en Prehistoria. Pese a que en esta tesis solamente tenga por objetivo definirlo y ponerlo de manifiesto, mediante básicas prácticas analíticas y algunos resultados concretos, su completa aplicación, como propuesta metodológica, queda pospuesta para posibles futuros trabajos de investigación. Tal y como la contemplamos se trata de una herramienta analítica de amplio espectro, porque permite valorar el



mayoría de puntos tomados como propios de fuentes o manantiales (puntos húmedos), se detectaron suficientes valvas y quistes/estomatocistos de microalgas como para calificarlos de altamente biogénicos. Sus características, de microfósiles y su matriz “edáfica”<sup>2</sup> han obligado a seccionar la información obtenida en apartados. Los cuales han delimitado el ámbito científico de actuación, y por tanto las posibilidades del estudio a aspectos muy concretos, de un buen número de disciplinas científicas, de las cuales se han tomado los métodos de intervención, tratamiento y análisis.

De este modo, los objetos de estudio –que siguen siendo la paleo-actividad antrópica y su paleo-ambiente asociado– han tenido que abordarse desde los materiales estudiados con tales propósitos. Pese a que en algunos casos la ruta explicativa, asociada a la valoración de los recursos hídricos en la Prehistoria, se vea sumamente dilatada en ese sentido, ya que los pasos previos comienzan por conocer las características de los sustratos asociados al agua, siendo luego el análisis microfósil el que deberá dirimir su relación con la explotación del líquido elemento. Como se verá en el apartado de resultados, con respecto al análisis microscópico de industrias cerámicas de Las Cañadas del Teide<sup>3</sup>, las sorpresas en este sentido son tan relevantes como para afianzar, en el futuro, el estudio microfósil de los Puntos Húmedos y las evidencias materiales asociadas a los mismos.

En todo caso el estudio de organismos como diatomeas y crisofitas, a las que sin duda deben sumarse las menos frecuentes esponjas<sup>4</sup>, ha sido junto con las biomineralizaciones generadas en las plantas terrestres actuales, un paso previo fundamental para intentar abordar cuestiones relacionadas con el agua en contextos de la Prehistoria insular<sup>5</sup>. Pero entendiendo que todo ello sólo ha sido posible gracias a aplicarnos en el estudio de aquellos materiales que

---

componente biomineral, biogénico, detectando partículas de origen biológico entre otras de naturaleza mineral, con las que comparten comportamiento en el tiempo y situación microespacial. Indicándonos el grado en el que un sustrato edáfico, geológico o arqueológico contiene elementos propios de antiguos organismos vivos, cuya entidad y concentración permiten caracterizar procesos muy complejos, de variada tipología y cronología. Cuanto más atrás (millones de años) o cuanto más recientes (hace pocas décadas) el registro será siempre el que hayan dictado procesos naturales y antrópicos, que en el caso de los asociados al agua supone tomar el camino de regreso a su origen, mediante la regresión metodológica que la microscopía nos permite aplicar.

<sup>2</sup> No todos los edafólogos están de acuerdo en considerar los sustratos situados bajo el agua como suelos, obviamente no aquellos que se han formado bajo columnas de agua (A. Rodríguez, J.L. Mora, 2010, Com. Pers.).

<sup>3</sup> Ver Capítulo Resultados 5-IV.

<sup>4</sup> Al menos en los materiales analizados, lo cual sin duda supone en si un referente de las condiciones ambientales que han participado en la creación del registro microfósil.

<sup>5</sup> Las tareas de aprendizaje en cuanto a rutinas de tratamiento, observación y clasificación de diatomeas y crisofitas se han realizado siguiendo la experiencia de investigadores que como M<sup>a</sup>.A. Bárcena (USAL) han aportado notables estudios paleontológicos sobre las variaciones climáticas oceánicas, empleando las evidencias de microfósiles silíceos (diatomeas, crisofitas y silicofitolitos) existentes en paquetes sedimentarios procedentes de sondeos profundos (cores) y trampas de sedimentación flotantes (Bárcena, 1994; Bárcena *et al.*, 1990; entre otros).

pueden contenerlas, en concreto los preciados sedimentos de zonas húmedas, actuales o pasadas. Donde los registros de valvas, quistes o espículas –vestigios materiales de los tres tipos microfósiles enunciados– se presenta como un registro biomineral, nítido y palpable, integrado en el de las partículas minerales propias de concretos procesos biológicos<sup>6</sup>.

### **Sedimentos, microfósiles y recursos hídricos.**

La explotación de los recursos hídricos es un aspecto que cobra aquí especial relevancia, sobre todo cuando se trata de analizar enclaves naturales y arqueológicos que, como los de las Cañadas del Teide, se encuentran dentro de zonas de alta montaña. En ellos se registra unas condiciones ambientales marcadas por extrema sequedad ambiental y fuerte insolación, especialmente en los meses más cálidos, que es cuando la zona se vuelve más apta para la ocupación humana. Si bien, en estos meses más benignos –en términos de rigurosidad atmosférica– es posible desarrollar actividades en la misma, éstas están sujetas a condicionantes que es necesario matizar. Mientras que una estancia corta podría realizarse sin grandes problemas, dependiendo de la estación y unos medios de avituallamiento básicos, la estancia prolongada requiere, desde nuestra perspectiva actual, de un aprovisionamiento razonable de agua, algo que únicamente puede ser aportado si existe, en la geografía del espacio de ocupación, puntos conocidos donde realizarlo (**Figura 503**).

Asociado al ambiente así descrito, la red de puntos donde hemos detectado presencia manifiesta de agua es extremadamente limitada, en muchos casos distante entre unos puntos y otros. Las características básicas de esos puntos se restringen a estar configurados como surgencias naturales, o potenciadas artificialmente, que pueden hallarse en cortes naturales del terreno, creando en algunos casos ecosistemas muy particulares a nivel macroscópico, como en el caso del Barranco del Riachuelo. En otros, como ocurre con la Galería de El Cedro, la presencia de agua se asocia al esquema del corte natural de un paleosuelo, que ha sido excavado para facilitar el aprovechamiento del agua, potenciando la cantidad de ésta para ser aprovechada. Aunque aquí el ecosistema anexo no presenta la extensión y concentración florística del caso anterior, el registro de microalgas presentes en sus sedimentos (interior y exterior) es suficientemente explícito como para hablar de un ambiente propio, en el tiempo, de zonas húmedas.

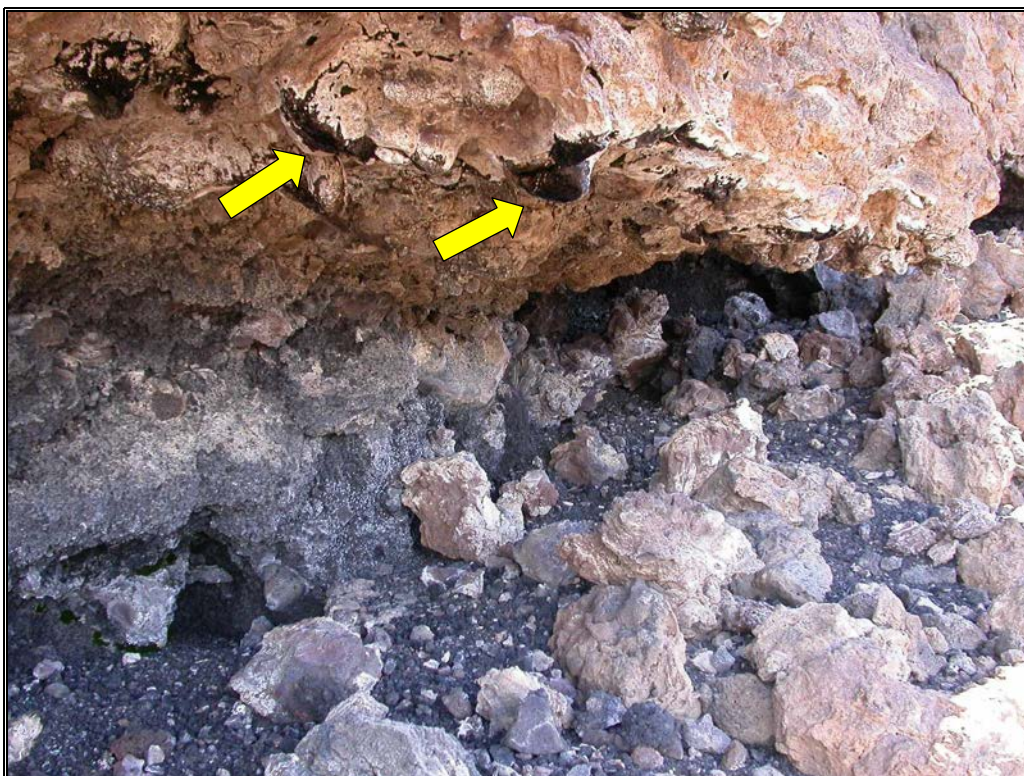
Pero también hemos detectado pequeños rezumaderos e incluso goteros, que igualmente permiten desarrollar una incipiente pero especializada flora, la mayoría de briófitos, la cual supone un indicativo biológico de la estabilidad de la surgencia. Este sería el caso de la zona de Cuevas Negras y el Volcán Ciego, entre otras que hemos podido prospectar y muestrear para someter a estudio de microfósiles. Su comparación con las muestras de otros contextos ambientales, en algunos casos también de alta montaña, ha permitido entender que existen pruebas materiales (en este caso

---

<sup>6</sup> En definitiva, un corpus informativo de excepción.

microscópicas) como para hablar de la continuidad del recurso bajo mínimas formas de presentación<sup>7</sup> (Figuras 505-506).

Como se comprenderá, la necesidad de conocimiento microfósil, sobre sustratos de zonas húmedas, se constituyó como una obligación inherente al estudio que se pretendía realizar, el cual que se llevó a cabo mediante muestreo, tratamiento y estudio microscópico de muestras no sólo pertenecientes a Canarias, sino de otras zonas donde existieran condiciones hídricas de alta montaña. El conocimiento adquirido, en su versión de experiencia utilizable de modo comparativo, puede seguirse en el apartado correspondiente al estudio de *Puntos Húmedos Continentales*.



**Figura 503**, Ejemplo de Punto Húmedo inicialmente no asociado a áreas de actividad prehistórica en Las Cañadas del Teide (zona alta Lomo de Chío), sometido a analítica de microfósiles (sedimentos). Por todo rastro de vegetación únicamente fueron localizados algunos ejemplos de briófitos, desarrollándose en los puntos donde existía un mínimo goteo (en amarillo). J.A.

Dentro de la amplia gama de información que pueden aportar las características de las microalgas de esqueleto y quistes silicificados, está la de constituirse como evidencias de contextos con presencia de agua, lo cual puede llevarnos a reconocer zonas con un medioambiente explotado antrópicamente. Por ello, como estudio preliminar, para el abordaje de la explotación de ese recurso durante la Prehistoria de Las Cañadas su presencia

<sup>7</sup> Obviamente otra cosa es vincular tal potencial a su explotación antrópica en el pasado, pero la existencia de materiales arqueológicos cercanos a dichos puntos permite al menos una primera conexión explicativa que aun habrá que demostrar.

ha sido tomada primeramente como indicadora de la existencia de condiciones hídricas. Un parámetro fundamental para abordar la cuestión de su explotación, como parte de los recursos de subsistencia de las poblaciones aborígenes en su estancia en esta zona de Tenerife.

#### **Muestreos de sedimento y registros de microalgas.**

El primer objetivo, basado en detectar diatomeas y quistes de crisofitas en niveles superficiales de suelos y sedimentos de puntos húmedos, ha permitido —en su consecución— no sólo conocer los registros de estas microalgas en Las Cañadas del Teide, sino emplearlos como elemento comparativo con los presentes en sedimentos y materiales arqueológicos. Y a su vez realizar una primera aproximación al importante tema de la explotación del agua en un ecosistema donde, al menos en la actualidad, no abunda. Todo lo cual nos permite conformar la idoneidad de esta primera aproximación metodológica.

En muchos casos se trató de una labor experimental, dado que los muestreos —que adoptan un mecanismo básico de extracción superficial de muestras— se realizan sin obtener la secuencia completa (estratigrafía) del depósito sedimentario, aspecto fundamental para conocer posibles variaciones en el registro de dichos microfósiles acuáticos. Y en algunos casos, además, algunos procedentes del ambiente subaéreo, como los desarrollados por plantas hidrófilas, así como otros microfósiles —en este caso de animales primitivos— relacionados con la presencia inequívoca de agua, caso de las espículas de esponjas<sup>8</sup> (**Figura 506**).

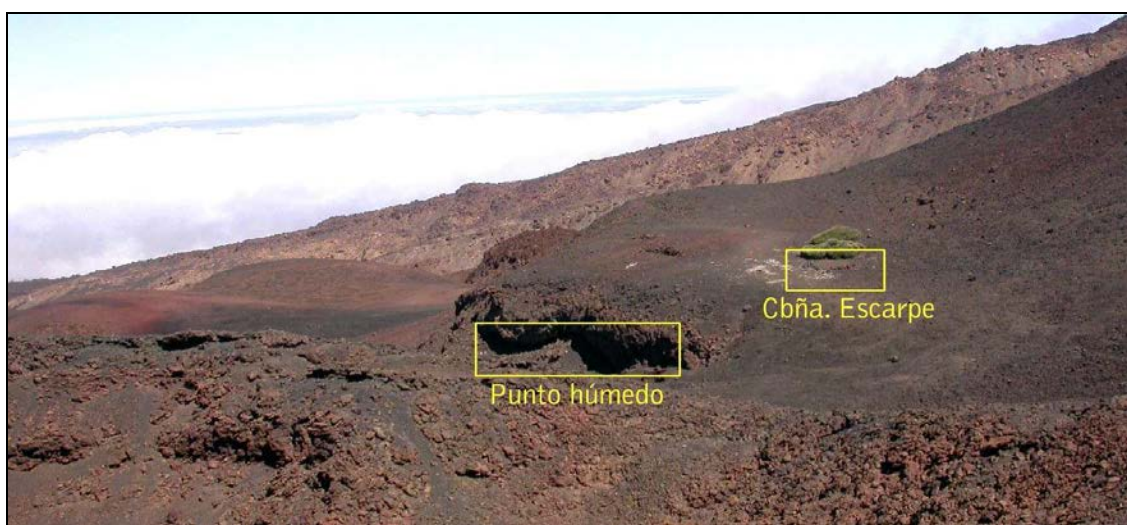
Sin embargo, como ha ocurrido con el estudio de puntos húmedos, como los reflejados en las **Figuras 503 y 504**, la prospección arqueológica en zonas de extrema aridez y pedregosidad, sin existencia de sustratos edáficos aparentes, los indicios de humedad se manifiestan mediante la presencia de una mínima vegetación briofítica, que marcaba la existencia de una también mínima surgencia de agua bajo la forma de un goteo lento pero constante. El posterior análisis de microfósiles del sustrato que recibía este agua, reveló la existencia de al menos tres tipos de microfósiles de organismos acuáticos, como cuatro especies de microalgas diatomeas y una de esponjas, reconocida por la presencia de sus espículas altamente silicificadas (**Figura 506**). Dicho registro reveló la presencia de valvas de diatomeas, que pese a la manifiesta complejidad de reconocerlas, pues a veces sólo encontramos fragmentos de las mismas, pudieron ser adscritos a géneros y especies concretos, aportando lecturas sobre los procesos biológicos generados por una mínima presencia de agua. Tanto como para favorecer el desarrollo de este tipo de algas, del cual aun deben definirse sus características en cuanto al sustrato sobre el que se desarrollan, especialmente si lo hacen sobre la zona de la surgencia (roca) o la vegetación muscinal existente sobre la misma. Y del mismo modo si en realidad su desarrollo se realiza en el sustrato volcánico situado a poco más

---

<sup>8</sup> Su presencia en algunos de los enclaves naturales cercanos a posibles yacimientos en superficie ha confirmado la existencia de condiciones hídricas en los mismos, al menos de forma estacional. Lo cual corrobora la hipótesis de partida de ampliar arqueológicamente —por este método— el rango explicativo de las zonas analizadas, en este caso bajo la forma de prospecciones conducentes a posteriores estudios con mayor definición.

de un metro más debajo de la zona de goteo, donde pudimos comprobar una escueta humedad.

En este sentido la metodología aplicada se remite a la seguida por Sandgren *et al.* (1995), cuando mencionan las posibilidades y limitaciones de lo que denominan *training* o *calibration sets*, para referirse a la recogida y estudio de muestras superficiales de sedimentos con el objetivo de obtener información sobre su formación. Esta práctica permitiría conocer los taxones (en concreto de quistes de crisofitas) presentes en los sedimentos recientes de lagos y lagunas. Igualmente estos autores contemplan, en función de la aportación continua de estos microfósiles, que en esa escasa potencia sedimentaria (que ejemplifican en 1 cm.) estarían representados solamente los últimos 2-3 años de acumulación de sedimentos.



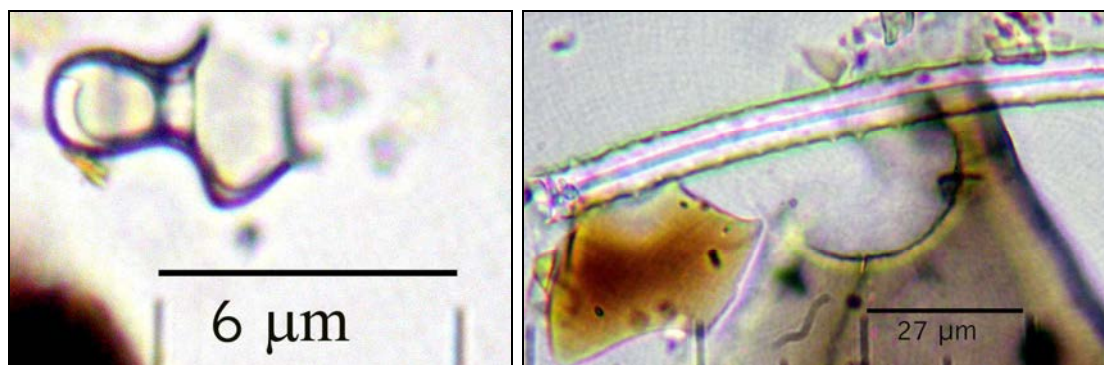
**Figura 504**, Zona del punto húmedo muestreado de la Figura 503 (Denominada a efectos de muestreo como PH-VC-1) con posible asociación a enclave arqueológico (CAB-ESC-1) situada sobre el mismo. La localización del primero se realizó antes que la del segundo (Inventario Arqueológico Parque Nacional del Teide, 2003-2007). Posteriormente se realizaron analíticas para evidenciar registros de microfósiles en ambos. J.A.

Sin embargo, en la mayoría de los casos donde hemos realizado muestreos del tipo *training sets*, podrían existir tasas de creación de sedimentos mucho más lentas, como las que estimamos para los detectados en los denominados Puntos Húmedos Altos<sup>9</sup>, donde el agua pocas veces llega a discurrir en estado líquido, y cuando lo hace desaparece rápidamente por la permeabilidad del sustrato de acogida, básicamente formado por bloques rocosos no ligados entre sí. Lo cual obviamente podría emplearse como indicador de la antigüedad de los mínimos miligramos que pudimos recuperar en estas zonas.

Pero la evaluación microscópica de las características de tales sustratos, han confirmado que en ellos existe un alto componente biogénico (relación partículas biominerales con minerales), algo que obviamente ha sido empleado como indicio consistente para desplegar, sobre los sedimentos y suelos de Las Cañadas, toda la herramienta de trabajo que suponen los

<sup>9</sup> Zona alta del Teide, en cotas siempre superiores a los 3.000 m.s.n.m.

muestreos, tratamientos y estudio de partículas microscópicas como fitolitos y microalgas. Haciéndolo ya con dos objetivos concretos: comprobar su existencia en todos los escenarios vinculados al objetivo de localizarlos, trabajando con enclaves con presencia de agua en sus distintas formas y volumen de presentación, e intentar definir qué parte de ese registro puede adscribirse directamente a antiguas actividades humanas, pero también de forma indirecta. Obviamente partimos de la hipótesis de que existe una estrecha relación y dependencia entre ambos, y que el segundo únicamente podrá ser abordado mediante el abordaje metodológico preliminar del primero.



**Figuras 505 y 506**, Dos ejemplos de los microfósiles detectados en sedimentos de Punto Húmedo Volcán Ciego (**Figura 503**), a la Izqda. fragmento de diatomea perteneciente al género *Tetracyclus*<sup>10</sup> o *Terpsinoë* sp., a la derecha un ejemplar casi completo de Espícula de Esponja. 1000x y 600x respectivamente.

Como en otros lugares, en los suelos y sedimentos de Las Cañadas del Teide se encuentra parte de su Historia (Natural y Humana), y cuando no aparecen los vestigios de ésta bajo dimensiones macroscópicas, pueden hacerlo a escala microscópica. Planteamiento que puede considerarse parte del conjunto de hipótesis por verificar y la totalidad del método arqueológico –y de análisis histórico– seleccionado para nuestra investigación. Lo cual

<sup>10</sup> La adscripción a un género concreto resulta en este caso sumamente compleja. Primeramente las características morfométricas del fragmento detectado parecían corresponderse con las de Hartley (1996) para el género *Tetracyclus* sp.. Este género es considerado por Round *et al.* (1990) como propio de zonas del norte y alpinas, siempre matizando que se trata de un grupo poco conocido en cuanto a su distribución y ecología. Posteriores estudios morfométricos parecen aconsejar una lectura que asocie el mencionado fragmento al género *Terpsinoë* sp. (Round *et al.*, 1990) que representa a diatomeas epifíticas de desarrollo en colonias en aguas salobres y dulces, pudiendo desarrollarse sobre superficies rocosas húmedas de regiones tropicales. En este sentido tanto el sustrato rocoso superior (con mayor probabilidad) como el edáfico/sedimentario inferior podrían presentar condiciones aptas para su desarrollo. En todo caso la presencia del mismo, en las muestras del sedimento del Punto Húmedo cercano al Volcán Ciego (zona del Lomo de Chío), debe considerarse a nivel de indicios ya que únicamente se detectó un fragmento entre la alta densidad protagonizada por otros géneros de diatomeas, en su mayoría del género *Pinnularia*, también de simetría bilateral (*pennales*).

supone en sí misma una certeza, como bien atestiguan los resultados de los estudios de materiales de la zona (muestreo, tratamiento y observación); en especial la de puntos húmedos sin un aparente registro arqueológico en superficie, pero sí de microfósiles en la delgada capa de sedimentos existente entre la grava y la arena; cuando no de abundantes y cortantes escorias volcánicas, de algunos puntos insertos en las prospecciones de campo.

#### Registros de microalgas de Las Cañadas y La Cerera (Gran Canaria).

En el caso del yacimiento de La Cerera los planteamientos de base no han sido distintos, aunque obviamente existen notables diferencias con respecto a la zona anterior. No obstante, las primeras muestras analizadas de ese yacimiento pusieron de manifiesto la existencia, en su registro, de evidencias suficientes de microflora silíceo –diatomeas y quistes de crisófitas– como para profundizar en el papel jugado por las mismas en posibles inferencias arqueobotánicas y paleoambientales (**Figura 507**). De este modo, las hipótesis de partida podrían ser perfectamente las que no sólo asocian el espacio arqueológico a actividades relacionadas con el procesamiento y/o almacenamiento de materias primas vegetales (cereales, frutos, etc.) sino el de captación y/o almacenamiento de agua, o en todo caso de actividades donde ésta estuviese presente.

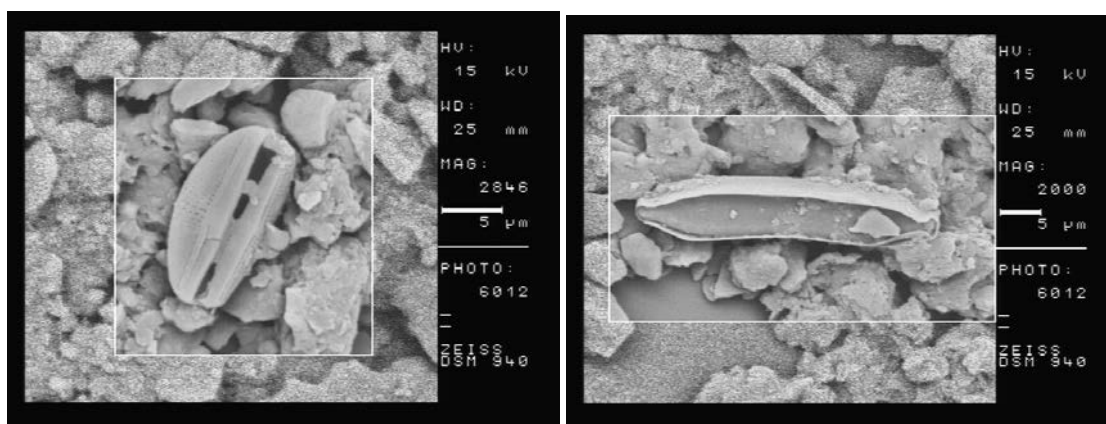


**Figura 507**, Aspecto de partículas biogénicas (diatomeas pennadas del género *Pinnularia* sp.) en sedimento del punto húmedo cercano a los restos de una planta de cabaña (P-Húm-VC). 600x. J.A.

Es más, la complejidad de este registro microfósil suponía disponer de un conjunto amplio de evidencias como para relacionarlo con aspectos funcionales, económicos y sociales, así como con sus cambios en el tiempo. La rotunda presencia de organismos acuáticos (**Figuras 508-509**), plagada de morfotipos de variada diversidad y concentración, nos invitaba a ampliar el rango de explicación microfósil hacia la detección de silicofitolitos propios de

especies vegetales con requerimientos hídricos medio-altos que, en definitiva, supuso enlazar, casi sin haberlo previsto, con los materiales e hipótesis generados en el caso arqueológico de la Isla de Tenerife.

Desde este momento la detección de evidencias directas o indirectas del agua, o condiciones de humedad ciertamente altas, a través del registro microfósil, ha sido el mejor acicate investigador para ofrecer explicaciones complementarias, a procesos donde se encuentran implicadas las sociedades humanas del pasado, y los ambientes naturales que transitaron y/o explotaron. Pero si bien la importancia de identificar parámetros, que permitan las inferencias sobre el significado del agua en la vida de los antiguos pobladores de Tenerife y Gran Canaria, ha sido el objetivo para diseñar un modelo de análisis basado en el estudio paralelo de materiales actuales y arqueológicos, no es menos importante su capacidad para adentrarnos en el paleoambiente de las zonas estudiadas.



**Figura 508 y 509**, Diatomeas de simetría bilateral (*pennales*) en sedimentos de La Cerera (CE-2.3). Fotos: I. Hernández y J. Afonso (MEB, USAL).

#### Sedimentos de zonas húmedas: la globalidad de una tipología.

Igualmente, el hecho de involucrar, desde la perspectiva de la investigación científica en Arqueología, el estudio de los procesos de sedimentación de las partículas edáficas finas, ya era una realidad en la década de 1960, cuando se encontraban disponibles los primeros trabajos en Edafología sobre suelos europeos (Kubierna, 1953). Así parece darlo a entender Leo Biek (1963), en lo que podría ser la primera obra de referencia sobre la aplicación de una *perspectiva analítica microscópica*<sup>11</sup> en Arqueología. Biek verá sumamente interesante enlazar evidencias de origen vegetal —semillas pero también

<sup>11</sup> Desde mi perspectiva personal, Biek emplea el título de su libro (*Archaeology & The microscope*) como un nuevo paradigma metodológico donde lo más pequeño, y la estrategia para analizarlo, cobra relevancia arqueológica, permitiendo abordar cuestiones enclavadas en la recuperación de datos desde materiales muy dispares. Pero Biek emplea también un preciso esquema teórico, donde las preguntas — siempre relacionadas con el devenir de las sociedades del pasado—, pueden ser abordadas y en parte satisfechas con las metodologías que describe. Aunque observa igualmente la importancia de los procesos postdeposicionales que afectan a cada material, y que deben ser tenidos en cuenta en cada analítica realizada.



polen— con un apropiado estudio de los suelos portantes, tanto como para plantearlo como una auténtica revolución en la metodología de la “arqueología medioambiental”. En otro punto de su obra Biek enfatiza, como hace a lo largo de toda ella, sobre la importancia de la colaboración interdisciplinar con especialistas de muy variadas disciplinas científicas, dando cabida a ecólogos, edafólogos y geólogos ya que, para él, el arqueólogo debe centrarse en la determinación de la actividad humana sin olvidar que son muchos los caminos que conducen a este fin. Para Biek uno de tales caminos comenzaría por definir las relaciones biológicas que constituyen la **historia natural de un lugar**, estableciendo desde ellas líneas explicativas con respecto a su posible carácter antrópico. La diferenciación entre ambos conceptos, ambiente natural y ambiente antropizado, permitiría entonces evaluar el tipo de explotación desplegado por un grupo humano.

No cabe duda de que en el contexto de Las Cañadas del Teide el conjunto de evidencias microfósiles formado por silicofitolitos, valvas y quistes/estomatocistos de microalgas silicificados pasan a ser más que relevantes, en cuanto a que podrían permitir conocer parte de la historia de parajes naturales antropizados, pero cuya huella arqueológica es sumamente particular. Y que en este caso —desde nuestra vía de investigación— suponen una sólida constatación de la presencia de antiguas plantas vinculadas al agua. De las cuales aprovechamos su carácter de biomineralizaciones, esta vez desarrolladas desde las iones solubles en las aguas y suelos húmedos de Las Cañadas del Teide, para emplearlos como sujetos empíricos desde una perspectiva arqueobotánica y paleoambiental. Y cuya entidad, tanto en fuentes como en sedimentos y suelos, justifica la aproximación metodológica aplicada. El resultado es una aproximación al recurso hídrico, primero como valor potencial, luego como posible articulador de concretas estrategias de abastecimiento que, en este apartado, únicamente busca el objetivo de plantear un acercamiento a una sociedad que buscó respuestas en la alta montaña de Tenerife y cuyo medioambiente (de unas características que sólo conocemos en parte) colaboró en que éstas fueran suficientemente cumplimentadas.

La presencia de microalgas en sedimentos terrestres puede indicar varios aspectos, entre ellos concretas condiciones medioambientales aptas para su desarrollo (Stoermer & Smol, 1979; entre otros) y en especial las de humedad del sustrato. Dichas condiciones pasan por la variabilidad de hábitats donde pueden progresar estos microorganismos, lo cual depende de factores como el aporte de nutrientes, pH e insolación, las propias relaciones con el tipo de sustrato o incluso la ausencia de éste (bentónicas, planctónicas); ya que unas se desarrollan sobre vegetales (epifíticas), otras sobre rocas (epilíticas) o también sustratos arenosos (epigámicas).

Pero igualmente su presencia puede obedecer a la deposición de sedimentos foráneos al espacio habitado, y ésta a su vez de las propias actividades humanas, con lo cual existe una clara necesidad de conocer los procesos tafonómicos de la zona estudiada, mediante la obtención de toda la

información posible sobre sedimentos, aspectos arqueológicos y edáficos de la zona de actuación<sup>12</sup>.

Sin embargo, la lectura de desarrollo *in situ*, derivado de condiciones de humedad propicias para ello no puede ser descartada. Como puede apreciarse en el apartado correspondiente, la aproximación taxonómica y la valoración cuantitativa se vuelve aquí una tarea altamente reveladora. Obviamente, el análisis de los parámetros propios de cada morfotipo detectado, su comparación con las obras de referencia —pero sobre todo con los registros de otras zonas muestreadas— solventa en parte su origen. Pero también lo haría el haber optado por dotar nuestro trabajo de una perspectiva experimental, reflejada aquí en una estrategia de muestreo selectivo muy concreto. Todo ello se ha constituido como una vía analítica sumamente esclarecedora, especialmente a la hora de encarar la cuestión del origen de dicho registro; pero sobre todo su significado arqueológico en relación con las secuencias de ocupación prehistórica de La Cerera y Las Cañadas, especialmente con el tipo de actividades desarrolladas en la zona sujeta a estudio<sup>13</sup>.

En este sentido, la ocupación de determinados enclaves naturales no responde sólo a las posibilidades del mismo, sino a las del propio grupo humano para desplegar en éste una estrategia idónea de subsistencia, con el menor coste social posible. Si tal planteamiento preliminar es acertado, el estudio de los restos de origen vegetal, especialmente los relacionados con el agua, permitiría ir más allá de la relación hombre-medio, adentrándose en la resolución de cuestiones insertas en el esquema socio-económico de los grupos humanos en un espacio y tiempo dados. Si en el caso de Las Cañadas, la diversidad de los mismos pudo ser amplia, tanta para que las que poblaciones aborígenes de costa y medianías con conocimiento, medios materiales y humanos para acceder y explotar esta amplia zona de Tenerife, en el caso de La Cerera desconocemos si fue un solo grupo, o si en el mismo confluían varios, con estrategias de subsistencia complementarias, unidas por la explotación de recursos dispares presentes en los diversos pisos bioclimáticos de Gran Canaria. El estudio de ambos —desde la mencionada

---

<sup>12</sup> En otros casos el registro de microalgas guarda relación con eventos más o menos bruscos de alteraciones en la línea de costa, detectándose entonces la presencia de taxones de agua salada (Groenmanvan & Jansma, 1968; citado por Juggins & Cameron, 1999). De este modo, sopesando la complejidad de interpretar la presencia de microalgas en un determinado contexto —donde en teoría parecen difíciles de operar tales procesos al menos en los últimos 2.500 años— puede llegarse a la conclusión —descartada esta hipótesis para casos como La Cerera (Aruca, Gran Canaria)— de que un registro tan importante como el observado en sus sedimentos, solamente podría estar vinculado a la llegada de sedimentos externos. De modo que un aporte basado en la introducción de productos marinos o la acción de corrientes hídricas, habrían propiciado la llegada al sedimento de dichas microalgas, que en La Cerera son tanto diatomeas como crisofitas. Obviamente sólo un estudio pormenorizado de las mismas, especialmente desde la perspectiva taxonómica, pero sin dejar de evaluar el parámetro cuantitativo, que podría solventar esta cuestión arqueológica.

<sup>13</sup> Como se podrá observar, tanto el esquema diseñado, como los resultados obtenidos siguen un modelo investigador básico, aunque quiero creer que son suficientemente esclarecedores como para ahondar posteriormente en esa vía de investigación.

conjunción edafo-microfósil— parece ser el de una antítesis: mientras que La Cerera parece reflejar un desarrollo humano aborigen con amplios recursos hídricos, las gentes de Chafarí debían ajustar sus actividades a una limitada, dispersa y en muchos casos distante oferta de la que aun desconocemos, a nivel empírico, casi todo. Definir las características de una y otra —desde esa percepción antagónica— parece ser posible con el estudio preliminar de los *Puntos Húmedos* y la perspectiva metodológica aquí descrita.

Para el desarrollo de este capítulo concreto de la investigación, ha sido igualmente fundamental el estudio realizado en contextos geográficos muy dispares a los de Canarias. Tanto a nivel de observación directa —con la visión general y la detallada— de zonas de ríos, arroyos y lagunas, de lugares tan dispares, como las existentes en la costa, e interior, de Galicia y Asturias —entre otros enclaves ibéricos— así como los de Noruega central y Egipto, que han permitido ampliar la perspectiva sobre la información que puede llegar a proporcionar el registro microscópico —aunque también de fracciones finas—, de sedimentos acuáticos o que lo fueron, e incluso los inmediatos al líquido elemento. De este modo se ha percibido la posibilidad —dado lo amplio de los materiales de referencia— de poder asumir las lecturas microfósiles de cada enclave analizado.

Todas las tareas acometidas, para obtener datos y propiciar lecturas complementarias a los objetivos buscados, han resultado positivas al menos desde la obtención de conocimiento arqueobotánico (microfósil), al permitir contar con valiosas, esclarecedoras y heterogéneas referencias como para abordar sustratos de este tipo, sus paralelismos y sobre todo sus diferencias. Queda, no obstante, pendiente de acometer la labor de investigar secuencias estratigráficas de muchos de estos lugares, para llevar a cabo lecturas sobre los cambios, en tiempo y espacio (variabilidad taxonómica y de concentraciones), de dichas microalgas. La mención de su importancia puede quedar reflejada, de forma preliminar, en la información e interpretación básicas que hemos configurado con el estudio de las muestras procedentes de contextos muy dispares, y en otros casos, como ocurre con Las Cañadas del Teide, fácilmente relacionables por su aparente similitud contextual.

#### **Antecedentes para la contextualización de los Puntos Húmedos.**

Cuando L. Diego Cuscoy realiza su más conocido y completo trabajo (*Los Guanches*, 1968) y dentro de lo que define como *elementos de fijación del hombre al medio*, incluye un apartado específico para el agua, empleando aportaciones de otros autores de su órbita cultural (Brunhes, 1948; Hernández Pacheco, 1945; Hausen, 1954; entre otros), e incluyendo también informaciones etnográficas y etnohistóricas. Describe algunos de los parámetros de lo que pudieron ser los recursos hídricos de los aborígenes de Tenerife<sup>14</sup>. Y será en Las Cañadas del Teide donde Diego Cuscoy desarrolle su percepción, de un modelo lógico de ocupación prehistórica<sup>15</sup> para la Isla de

---

<sup>14</sup> Empleando en este caso también las referencias a la explotación del agua en zonas desérticas como el Sahara (Hernández, 1945).

<sup>15</sup> Modelo que parte de la percepción de una sociedad eminentemente pastoralista que —a nivel arqueológico— se refleja en lo L. Diego Cuscoy denominó “paradero pastoril”, desde un diverso conjunto de elementos estructurales, e industrias asociadas a los mismos, cuya realidad es abordada en la actualidad por varios equipos de investigación

Tenerife, una zona donde las posibilidades de captar agua se restringen a la red de manantiales y surgencias locales, que los materiales geológicos y edafológicos permiten aflorar, o acumularse. En este trabajo Diego Cuscoy ya plantea que tales recursos jugaron un papel fundamental en la estrategia de *aprovechamiento aborigen de Las Cañadas*<sup>16</sup>, al que principalmente relaciona con el pastoreo (1968:65).

Son varios los enclaves que Cuscoy cita como zonas de aprovisionamiento de agua, destacando entre ellas la que nombra como *Fuente del Agua Agría*, ubicándola en lo que él denomina *Garganta de Ucanca*, quizás refiriéndose a la zona del Riachuelo o Los Azulejos, donde existen varios puntos de afloramiento hídrico. Pero también cita otras fuentes, como la de la Angostura, Fuente Blanca, del Rosario y la de Guajara, que parecen restringir este recurso a la zona central del Conjunto Cañadas, más o menos en el gran andén situado entre la montaña de Guajara y los Roques de García, justo donde se inicia el abrupto desnivel hacia la depresión de Ucanca. Es aquí donde sitúa la *Fuente de La Piedra*, en la ladera de una pequeña elevación, justo antes del sendero que actualmente alcanza la cumbre del Guajara. En este caso concreto, se ha logrado obtener una idea de los cauces naturales que conforman la red hídrica de Las Cañadas, tanto los que se presentan en superficie como los relacionados con el acuífero local.

Así, durante las tareas de campo realizadas también en etapa invernal, se ha podido observar el abundante cauce —junto con numerosas y sorprendentes escorrentías<sup>17</sup>— que aflora en las inmediaciones del sector Sur de La Cañada

---

arqueológica con distintas perspectivas, básicamente las que definen Soler *et al.* (2007), Barroso *et al.* (2007), Arnay y González (2009), entre otros.

<sup>16</sup> Dado el distanciamiento, en la definición académica de los primeros habitantes de las Islas (aborígenes, nativos, prehistóricos, prehispánicos, etc.) creo que, para el caso de las Cañadas del Teide no cabe duda de que el término "aborigen" es de los más adecuados, aunque este caso no cabe ninguna duda de que pertenece, su ocupación de la zona, a la Prehistoria de la Isla. La primera explotación de la misma la realizan los pobladores de las zonas bajas, que llegarán a las Cañadas en secuencias que prácticamente desconocemos, espacial y cronológicamente, tales pobladores serán los primeros en deambular por este peculiar medio, en principio hostil, ello/as serán los verdaderos aborígenes de Las Cañadas. Con la lejanía que entre nuestras sociedades impone el tiempo (y que nos toca como historiadores y arqueólogos disminuir como ejercicio de aconsejada autocrítica y reflexión), y como acertadamente cita Arnay (2000): "...este lugar les perteneció".

<sup>17</sup> Efectivamente y como ocurre con la totalidad del ambiente de Las Cañadas cuando se producen precipitaciones persistentes, el paisaje y los microambientes de cada dependencia del Circo cambian de forma radical. Siendo entonces muy abundantes las escorrentías, reatas y regueros —cuando no de lagos estacionales o maretas— que aparecen por doquier transformando el paisaje de rocas, cuya singularidad sin duda también obedece —junto con la erosión eólica— a la acción de tales precipitaciones, incluso a las de forma de nieve. En todo caso la Cañada del Capricho, a juzgar por lo observado a nivel ambiental recoge buena parte de las escorrentías que circulan ladera abajo de Montaña de Guajara. Igualmente a nivel arqueológico la abundancia de materiales en superficie, e incluso la existencia de enterramientos en sus dependencias naturales (escarpes), unido a la especial configuración de las mismas, sin duda colaboró en que fuese una zona muy transitada en época aborigen.

de El Capricho, o de Los Caprichos, tras episodios de fuertes nevadas, y que proceden de las aguas captadas, ladera arriba, en todo el flanco noroeste de Montaña de Guajara. Resulta sintomático observar como, dichos cauces, desaguan sólo un centenar de metros más arriba de donde se encuentra localizada la mencionada Fuente de La Piedra, que por lo demás posee una situación que difícilmente sería considerada como el lugar más propicio para un punto donde emana agua (**Figura 510**). Diego Cuscoy afirmaba que esta fuente —citada también por otros autores— era un punto de aprovisionamiento de los pastores modernos, y siguiendo también los planteamientos de Fernández Navarro (1918) percibía su explotación histórica como reflejo de una tradición no-extinta, derivada de las prácticas de los pastores aborígenes.

### Fuentes y vegetación hidrófila de Las Cañadas.

Atendiendo a las fuentes indicadas por Diego (1968), tomamos la mencionada Fuente de La Piedra como ejemplo para realizar las mismas analíticas mencionadas para el resto de Puntos Húmedos. A nivel de potencial hídrico, éste inició su lenta desaparición hace unas décadas, encontrándose hoy completamente seca<sup>18</sup>. Pese a ello, en la primera prospección que llevamos a cabo sobre la misma (2008), en su entorno seguía apreciándose vegetación higo-hidrófila como *Mentha longifolia*, algunos representantes de la familia *Poaceae*<sup>19</sup> como *Brachypodium* sp. y matorral de cumbre disperso, formado básicamente por retama (*Spartocytisus supranubius*), lo que indicaba la continuidad de condiciones, de cierta humedad edáfica en su entorno. De hecho existía cierta concentración vegetal en la zona, siendo ésta también más diversa que la presentada por la formación de matorral de cumbre disperso propia de la misma.

Con todo ello, los puntos de agua citados por Cuscoy sólo constituyen una parte del total existente en la amplia zona del Circo y zonas aledañas, pero también en formaciones de cañada más aisladas —aunque no menos relevantes a nivel arqueológico— como el que forman los Roques de Chavao y El Cedro. Igualmente se había detectado y estudiado —aunque con fines botánicos— puntos de afloramiento de agua en las zonas de Arenas Negras y El Calderón, ambos lugares de posible acceso para el aprovisionamiento de agua,

---

<sup>18</sup> Fuente de información: personal de Guía y Guarda del Parque Nacional del Teide, 2006, Com.Pers.). Especialmente agradecemos la colaboración de D. Carlos Velásquez en la tarea de localizar los puntos húmedos analizados, y además por compartir todos sus datos y experiencia sobre el estado de los mismos a lo largo de algunas décadas, lo cual ha sido fundamental para complementar el desarrollo de esta investigación.

<sup>19</sup> La zona de la Fuente de La Piedra presenta un desarrollo vegetal anómalo con respecto al resto del entorno, ocupado por matorral de cumbre muy disperso. Se trata de una tupida formación vegetal basada en retama y codeso, pero donde la menta alcanza gran desarrollo, y que por tanto estaría cercana a la serie de vegetación designada por Wildpret & Martín (2000) como la asociación *Mentha longifoliae-Caricetum calderae*, aunque en este enclave concreto observamos la ausencia de *Carex calderae* y la presencia de *Brachypodium sylvaticum*, especie que no es mencionada en el inventario propuesto por los mencionados autores.

que aun requieren de estudios en profundidad, al igual que otros detectados recientemente en la zona alta del Lomo de Chío<sup>20</sup>.



**Figura 510**, Fuente de La Piedra en verano de 2008.

En todo caso estos puntos no presentan en la actualidad una abundancia hídrica semejante a la existente en las zonas de El Riachuelo o El Cedro; aunque en ellos han podido constatarse óptimas condiciones para su aprovechamiento, incluso durante eventos cálidos<sup>21</sup> y época estival, de la década de los años 90' y 2000. En otros casos hemos constatado la inexistencia actual del recurso hídrico, como ocurre en la mencionada Fuente de La Piedra, que aparece completamente seca en primavera y verano, aunque con signos palpables de afectación por avenidas invernales que han colmatado esta antigua zona de aprovisionamiento de agua (**Figuras 511-512**).

Es precisamente en puntos como La Fuente de La Piedra donde se aprecian las asociaciones vegetales que permiten confirmar un determinado enclave como propicio para la presencia de agua, en diferente grado de entidad. Efectivamente en la primera visita, realizada en 2008, a lo que podría ser una de las fuentes que pasa más desapercibida actualmente en Las Cañadas, se comprobó la conjunción, junto al matorral de cumbre habitual (aunque más denso en esta zona) de especies hidrófilas como *Menta longifolia*, a las que se sumaban ejemplares de *Brachypodium sylvaticum*, encontrándose ausente –como no ocurre en El Riachuelo– la especie *Carex paniculata*.

<sup>20</sup> En el marco del proyecto Inventario Arqueológico del Parque Nacional del Teide (Parques Nacionales 2004-2007) se ha realizado un primer estudio de campo sobre estos enclaves y en algunos casos se han llevado a cabo analíticas de sedimentos asociados a los mismos (Memoria de proyecto, 2007, inédita).

<sup>21</sup> Entrada de aire sahariano.

Una nueva prospección, en verano 2010, permitió observar el casi arrasamiento total del pequeño enclave de la fuente, con colmatación de sedimentos –gruesos en superficie– pero con signos claros de la existencia de cierta humedad edáfica, ya que permitía el desarrollo de plántulas de *Mentha longifolia*<sup>22</sup>, entre los cuales era posible detectar fragmentos consistentes de cerámica moderna (**Figura 512**).

Siguiendo las cuestiones relacionadas con el aprovechamiento del agua en sitios arqueológicos, se ha dedicado este apartado específico de resultados, ya que, tras retomar la información disponible sobre estos en la zona de Las Cañadas (Bravo, 1999), y llevar a cabo algunas prácticas experimentales, se ha comprobado la posibilidad de insertarlos en las lecturas relacionadas con la explotación del agua en la Prehistoria de Tenerife.

La información existente al respecto, para Las Cañadas es muy limitada. No existiendo antecedentes, desde la perspectiva histórica, en el estudio de los recursos hídricos, al menos siguiendo criterios de investigación experimental, como no existen igualmente trabajos sobre la paleolimnología de las zonas con puntos de afluencia de agua. Como se ha citado, Cuscoy únicamente menciona el papel jugado por estas zonas en la ocupación estacional de Las Cañadas pero sin entrar en detalles. Posteriormente se citan estos puntos como posibles recursos hídricos en las zonas altas del Teide, donde se localizan una serie de enclaves geológicos –pero con cierta adecuación antrópica–, situados a gran altura, que son citados como posibles puntos de aprovechamiento de hielo o agua, en algunos casos con referencia a una posible explotación aborigen (Bravo, 1999, Méndez, 2000), y en otros se encuentra claramente documentada su explotación hasta época histórica reciente (Méndez, 2000), **Figura 513**. Sobre las características de estos puntos altos es importante señalar su potencialidad como enclave de aprovisionamiento hídrico en época estival, pero aun por evaluar a nivel arqueológico<sup>23</sup>. En los trabajos realizados desde una perspectiva geográfica (Martínez de Pisón & Quirantes, 1981) también citan los puntos situados en las cercanías de los Roques Blancos como lugares similares a la Cueva del Hielo<sup>24</sup>, cuya función como recurso hídrico ha formado parte de la economía de las poblaciones urbanas de la Isla de época histórica (Méndez, 2000).

---

<sup>22</sup> Según el Dr. A. Santos (2010, Com. Pers.) la mera presencia de plántulas de *Mentha longifolia*, en la rasa de sedimentos observada inmediata a la fuente, ya suponía un indicio claro de la presencia de un contexto húmedo, aun cuando se operaban condiciones externas que desdibujaban aun más la existencia de una fuente, en este caso emblemática por ser de las más mencionadas en escasa documentación existente, también la de tipo arqueológico (Cuscoy, 1969; entre otros).

<sup>23</sup> Las prospecciones realizadas en 2007 en varios de estos enclaves permitió confirmar dichas informaciones y realizar una primera aproximación arqueológica a los mismos. En ellos son fácilmente observables signos de intervención antrópica, especialmente en cuanto a la adecuación de alguno de ellos para facilitar el acceso agua congelada en su interior. Incluso fue posible observar y clasificar someramente algunos materiales dispersos, en su mayoría cerámicos, de factura aborigen pero también histórica, por la zona. También fueron localizados fragmentos vegetales correspondientes a algún tipo de embalaje, en este caso de factura reciente (**Figura 513**).

<sup>24</sup> En este caso la situada en el camino actual de acceso a La Rambleta y cercana al cono somital del Teide.



**Figura 511** (Drcha.), Matas de “menta” (*Mentha longifolia*) en la rasa aluvial, observada en verano de 2010, en la Fuente de La Piedra. **Figura 512** (Drcha.), Fragmentos de cerámica moderna y brotes de “menta” en la misma zona, éste último supone un claro indicativo de estar ante el citado enclave. J.A./A.S<sup>25</sup>.

Dentro del conocimiento existente en Las Cañadas, sobre las actividades históricas vinculadas a la zona, el estudio del denominado Camino de Chasna, como vía de comunicación entre las vertientes norte-sur de Tenerife a través de su zona alta, ha permitido comprobar como el abastecimiento de agua jugó un vital papel en su trazado. Encontrándose jalonado de puntos húmedos desde su comienzo en los altos del Valle de La Orotava hasta su finalización, en la comarca de Isora-Daute (Arnay *et al.*, 2003). Como afirman estos autores, no cabe duda de que los puntos de agua se encuentran también muy relacionados con el patrón de ocupación prehistórica de Las Cañadas<sup>26</sup>, localizándose, las evidencias arqueológicas de ésta, en zonas donde se constata la presencia de fuentes, como en el conjunto de la Cueva del Pino, la Cañada de la Grieta, Fuente de la Piedra, entre otras. En su mayoría se trata de enclaves bien localizados, que tienden a disminuir en la zona suroccidental de Las Cañadas, siendo de más difícil localización en la gran depresión endorreica del Llano de Ucanca.

No obstante, una vez superado el Llano de Ucanca y de nuevo en el escarpe norte del Circo, éste ofrece ejemplos como la Fuente del Cedro, que aunque hoy presenta un claro acondicionamiento histórico, suponía una surgencia muy bien situada para los grupos humanos que llegaran desde la fachada sur-suroeste de la Isla, en especial de aquellos que penetraran en Las Cañadas desde el monte de Chío y por Boca Tauce. En todo caso la mencionada fuente formaría parte del conjunto de surgencias que afloran (hoy) en varios puntos altos del Barranco del Fraile, que discurre paralelo a los de Tágara y Niágara, situados algo más al noroeste. Pero además, en espera de futuros estudios al respecto, habría que plantear la importancia de la Fuente de El Cedro para todo aquel que necesitará aprovisionamiento de

<sup>25</sup> Referencia al Dr. Arnoldo Santos (Jardín de Aclimatación de La Orotava).

<sup>26</sup> Haciendo siempre referencia al hecho de que el conocimiento histórico, que nos llega por vías etnográficas y arqueológicas, nos es sino la propia repercusión de la utilización de los conocimientos de las poblaciones aborígenes, obtenidos durante muchas generaciones y basados en la exploración y ocupación anual de la cumbre de Tenerife.



agua en una amplia zona del circo occidental. Esta zona, que podría servir como amplio campo de pastoreo, se situaría entre Montaña Samara y el propio Llano de Ucanca.

Es en la zona cercana a Boca de Tauce donde la presencia del Barranco de La Arena<sup>27</sup>, junto con otros cauces someros que descienden desde la zona media de Pico-Teide Viejo, ofrece la percepción ya recogida por varios investigadores (Machado, 1998; Hernández, 2006; Méndez, 2000), de que el agua pudo jugar parte fundamental en la ocupación y explotación prehistórica de esta parte de Las Cañadas, como parece indicar claramente el conjunto arqueológico de Chafarí<sup>28</sup>. No obstante, el recurso hídrico proporcionado por dicho barranco es complejo de identificar, máxime cuando –probablemente como ocurre en la actualidad–, en la época de mayor presencia aborigen en la zona, los meses situados entre abril y septiembre, no presenta caudal alguno en superficie, siendo incluso difícil detectar éste durante episodios de precipitación moderada en forma de lluvia<sup>29</sup>.



**Figura 513.** Fragmento de madera con manchas de óxido localizado en uno de los Puntos Húmedos Altos. J.A.

<sup>27</sup> La importancia de este rasgo geográfico en el contexto de la zona de ocupación aborigen del Valle de Chafarí, así como en la investigación edafoarqueológica de la zona ha motivado que parte de las tareas de investigación de esta tesis se centraran sobre el mencionado Barranco de La Arena, destinando por ello un apartado sobre lo que podría ser una aproximación metodológica al conocimiento de su génesis, y por ende de la zona sujeta a estudio. Pueden seguirse los resultados de su estudio en el Capítulo Resultados 5:IV.

<sup>28</sup> C.M. Hernández (2006, Tesis Doctoral) indica que se trata de un topónimo portugués que significa “fuente”.

<sup>29</sup> El seguimiento realizado en época otoñal e invernal, incluso durante fuertes episodios de precipitación en forma de agua, agua-nieve y nieve, en la zona del Barranco de La Arena y Valle de Chafarí no ha podido constatar directamente la circulación del cauce del primero, aunque sí sus efectos. Creo que la razón de este hecho se encuentra vinculada a la propia naturaleza del sustrato, altamente permeable, el cual solamente ofrece escorrentías en superficie cuando el caudal es considerable, sobre todo cuando se ha producido una elevada concentración de precipitaciones en la zona alta, en las laderas de Pico Viejo.

De hecho, durante el seguimiento realizado en la década de los 2000, no se ha conseguido observarlo, siquiera una vez, con flujo de agua en toda su extensión, si bien es cierto que se han recogido imágenes —obtenidas durante episodios de temporal invernal— donde se aprecian numerosos charcos, especialmente en depresiones naturales del cauce (pozas situadas en zona de colada) y bajo pequeños saltos de agua horadados por la erosión hídrica a lo largo del tiempo. Y es en éstos donde quizás se localice parte de la explicación en el tipo de recurso hídrico que aportaba el mencionado barranco. En concreto en los depósitos arenosos situados bajo estos pequeños saltos de agua, donde hemos localizado un nivel de acumulación de la misma, situado por debajo de los 15-20 centímetros de arena y grava. La corriente relictas de este cauce habría excavado hondonadas en el lecho de coladas pahoe-hoe, que se irían rellenando con materiales arrastrados por la corriente, y especial los de la fracción arena (<2 mm). Pero la propia dinámica de este cauce en el tiempo, sometido a avenidas periódicas, probablemente más abundantes en momentos muy anteriores a la ocupación prehistórica humana de la zona, dificulta el seguimiento de evidencias arqueológicas asociadas a tal tipo de explotación hídrica, aunque éstas son constatables a medida que nos alejamos del cauce actual, en pocos metros de distancia, al menos las propias y comunes de estos lugares como fragmentos de industrias cerámicas y líticas.

#### Los “Puntos Húmedos Altos”.

En el sentido de la asociación directa puntos de agua-evidencias arqueológicas, pocos son los ejemplos al respecto, pese a que, como propone Méndez (2000) existe una clara relación entre las áreas con profusión de vestigios arqueológicos (de muy variada entidad) y la cercanía de manantiales. Pero de todos ellos, los que hemos denominado *Puntos Húmedos Altos*, son los que presentan mayor singularidad. Descritos ya por Telesforo Bravo (1999), quien citaba el conocimiento y acondicionamiento, por parte de los guanches, de antiguas fuentes situadas entre la base del cono somital del Teide y el cráter de Pico Viejo, y en algún caso cercana a la zona conocida como *Mancha Ruana*, a unos 3.200 metros de altitud. Quizás convenga matizar dicha información, pero solamente en cuanto al término empleado para el lugar donde es posible el aprovisionamiento de agua, ya que probablemente éstos se ajustan mejor al término de acumulaciones de nieve/hielo que a surgencias en sí mismas, ya que se trata de zonas donde, en virtud de las prospecciones realizadas, pudo producirse un mínimo pero perceptible acondicionamiento, a efectos de que el acceso fuese más fácil.

En esos lugares<sup>30</sup> pudimos comprobar la presencia de fragmentos de cerámica prehistórica, como mencionaba Bravo, y de otros restos arqueológicos de época histórica, como cerámica esmaltada y fragmentos de industrias vegetales, en este caso de época histórica reciente (**Figura 513**). Pese a que no pudimos localizar los *majanos* que cita Bravo (1999), que señalarían dichos enclaves húmedos, sí que constatamos su cierta adecuación con respecto al espacio de bloques caóticos circundante, tanto como para permitir el acceso a los mismos, de forma ciertamente cómoda en

---

<sup>30</sup> Localizados y estudiados gracias a la inestimable colaboración del Dr. González Reimers, Facultad de Medicina, ULL.

alguno de ellos y en otro, dada su estrechez, de forma menos holgada, siendo especialmente relevante observar, en el fondo de ellos, la presencia de nieve dura/hielo<sup>31</sup>.

La localización, estudio y registro de estos puntos contempló igualmente su muestreo, el de los sedimentos existentes en su interior, en el complejo intento —dada su escasez—, de conocer y detectar posibles características singulares en su contenido edáfico, y dentro de éste especialmente el de naturaleza microfósil. Siempre siguiendo la idea de que, su existencia, se encontrara inserta dentro de las estrategias de aprovisionamiento hídrico de los grupos prehistóricos que ocuparon Las Cañadas por siglos. Aquí creo que no debe pasarse por alto las dificultades de la investigación microfósil en estos puntos, dado que contábamos con escasos gramos de sedimento, como parte del escueto repertorio material que nos serviría para rastrear evidencias empíricas de su explotación antrópica. Y como se comprenderá, en tales sedimentos podían encontrarse, o no, rastro de tal explotación. Como se menciona en otras partes de este trabajo: el objetivo era aquí detectar un registro concreto y emitir una primera inferencia sobre su rol en las preguntas-problema relacionadas con el agua, en el devenir, en este caso, de los grupos prehistóricos en su ocupación de Las Cañadas. Las evidencias microscópicas contenidas en estos lugares, como algunos datos aportados por la conjunción de información espacial y arqueológica, debían permitirnos solventar, al menos en parte, dichas cuestiones preliminares.

#### **El agua en Las Cañadas como formador de biotopos vegetales.**

No existen trabajos posteriores, al respecto del significado del agua a nivel arqueológico o paleoambiental, a las lecturas ofrecidas por L. Diego Cuscoy (1968), hasta la obra de recopilación histórica realizada por T. Méndez (2000) donde se asocia la presencia de yacimientos arqueológicos a la del agua, por ejemplo la surgencia situada en la parte baja de la Montaña de El Cedro. Posteriormente, en su tesis doctoral, Hernández (2006) cita de nuevo los recursos hídricos como factor determinante en la elección del asentamiento estacional aborigen del Valle de Chafarí (CH-N3).

Si tomamos como ejemplo la mencionada Fuente de El Cedro, a pesar de que poco conocemos las características de dicha surgencia en tiempos pasados, su potenciación mediante el acondicionamiento que presenta en la actualidad, como una pequeña galería excavada en el nivel de paleosuelo bajo la colada que lo sella, no parece aventurado hipotetizar que ya existía en época aborigen, jugando un papel fundamental como recurso hídrico para personas y ganados que se encontraban en sus inmediaciones. De hecho representa un modelo de surgencia muy habitual en las Islas, aquella que hace aflorar un cauce subterráneo, fruto de la acumulación de agua en volúmenes más o menos potentes de lava, cuando éste se encuentra con un nivel impermeable: un paleosuelo rubefactado.

Pero pese a lo común de esta estructura en Canarias, en Las Cañadas pasa por ser muy escaso y desde el punto de vista humano muy valioso. Hasta tal punto como para ser fruto de ampliaciones e incluso cierto grado de

---

<sup>31</sup> Prospecciones realizadas en julio de 2006, en el marco del Inventario Arqueológico del Parque Nacional del Teide (2003-2007), Parques Nacionales.

sacralización<sup>32</sup>, ligada a actividades en desuso pero que en el pasado supusieron probablemente una base económica con amplia repercusión social. Las restricciones en este sentido pasan por la configuración geológica de la mayoría de zonas de Las Cañadas, donde no existen abundantes paleosuelos impermeables que propicien una surgencia de este tipo. El ejemplo de la Montaña de El Cedro es uno de esos casos, un enclave donde primeramente pudieron aprovisionarse los aborígenes que accedían a Las Cañadas desde el suroeste, sin mediar probablemente adecuación profunda del mismo, y donde posteriormente lo harían los grupos de época moderna y posteriores. Los cuales serían los responsables de la adecuación que presenta en la actualidad.

Posteriormente la obra sobre los aspectos arqueológicos, e históricos, de la ruta denominada *Camino de Chasna* (Arnay *et al.* 2003), a su paso por Las Cañadas, describe numerosos puntos de aprovisionamiento de agua, vinculando el trazado con ese aspecto. Algo que ocurre a lo largo de todo el recorrido en las zonas anexas a dicha vía de comunicación, ejemplo singular de las pervivencias históricas en las rutas insulares de *banda a banda*<sup>33</sup>.

Tomando en consideración tales trabajos y la indudable importancia que supuso, para los primeros pobladores de Las Cañadas la *cuestión del agua*, parece posible intentar una aproximación a la realidad arqueológica que supone presencia de puntos húmedos en esta zona. Se trataría de una evaluación de aquellas características que permitan obtener datos para insertarlos en el esquema explicativo social de sus primeros pobladores, partiendo también –además de las habituales tareas de prospección y muestreo– del conocimiento adquirido sobre los trabajos de investigación basados en los biotopos que podrían presentar características de este tipo en la zona. Este es el caso del trabajo, sobre flora y vegetación hidrófila realizado, y en vías actuales de ampliación<sup>34</sup>, por González, Beltrán y Losada (1991) que aborda con detalle el estudio de aquellos biotopos donde se desarrolla algún tipo de vegetación hidrófila en Las Cañadas del Teide, lo cual supone un punto de partida para realizar inspecciones con fines de arqueobotánica a nivel microscópico. Aunque a nivel de detalle ofrezca abundante información, ha sido necesario seleccionar aquellos lugares donde el aprovisionamiento de agua pudo convertirse en algo efectivo, especialmente para unas poblaciones humanas que desarrollaban parte de sus actividades en Las Cañadas del Teide y que requerían del control sobre este tipo de puntos<sup>35</sup>.

---

<sup>32</sup> Efectivamente en enclaves como la Fuente de El Cedro se observa la colocación de pequeñas imágenes y exvotos que parecen responder a este comportamiento.

<sup>33</sup> Expresión empleada para definir los contactos entre la fachada norte y sur de la Isla, atravesando en este caso su parte central para acceder a la zona más fértil de la vertiente sur, como será posteriormente, en época histórica, toda la comarca Isora-Daute.

<sup>34</sup> Dra. A. Losada, 2009, Com.Pers.

<sup>35</sup> La labor de prospección arqueológica sistemática ha sido fundamental para conocer lugares donde siquiera se intuía la presencia del líquido elemento, fuera ya de unidades del paisaje con posibilidades para tal presencia, como oquedades de mayor o menores dimensiones, tubos volcánicos. En el transcurso de dichas prospecciones (Inventario Arqueológico del Parque Nacional del Teide, 2003-2007) se puso de manifiesto que la red de puntos húmedos existente en la zona de actuación, toda ella

Desde una premisa básica, el aprovisionamiento de agua podría haberse realizado en estos mismos puntos, pero obviamente asumiendo una perspectiva paleoambiental inmovilista, ya que sin duda existieron cambios climáticos importantes, acaecidos ya en época holocena, que propiciaron la aparición de puntos de agua explotables de forma rutinaria. Aunque otros, como los situados en los denominados “pozos de nieve”, podrían haber funcionado como reservas hídricas excepcionales cuando otros recursos menguaban. No obstante, otro gran reto supondría incidir en los posibles cambios de caudal de estos puntos, con repercusión en las estrategias de explotación aborígenes. Desde la perspectiva de la agresiva presión antrópica actual conocemos como estos recursos han mermado en el espacio temporal de pocas décadas, pérdida que de forma directa puede asociarse a las infraestructuras asociadas a su actual explotación (canalizaciones y servicios turísticos sobre todo). Pero creemos que antes de asumir tal estudio —y dejándolo sobre todo en manos de futuros investigadores— debe acometerse un punto de partida que podría ser el de las características de los registros limnológicos de tales puntos. En ellos se encuentran sin duda las claves, al menos iniciales, para comenzar a entender lo que ofrecen a nivel microscópico y edáfico, y qué datos pueden aportarnos a nivel arqueobotánico como para acometer lecturas sobre la vida de los primeros pobladores de Las Cañadas del Teide.

Y obviamente también los trabajos existentes, sobre estas zonas, constituyen un punto de partida para comenzar a conocerlas, primero desde una perspectiva biológica y luego intentando reconocer en ellas (y desde ellas) posibles huellas de explotación humana<sup>36</sup>. Este es el caso del estudio realizado por González *et al.* (1991) en la localización y determinación de flora y vegetación higro-hidrófila en numerosos puntos húmedos de Las Cañadas. Aquí se encuentra la primera distribución tipológica de dichos puntos del que se tenga noticia, aunque en algunos casos se amplía a otros —los biotopos con actividad térmica— que no representan, al menos desde una perspectiva arqueológica inicial, las características de los que definen aquellos que se perciben como posibles enclaves relacionados con fines de aprovisionamiento efectivo de agua. Hemos podido configurar el esquema de estudio de tales puntos a partir —no sólo del método empírico elegido para la obtención de información—, sino precisamente desde su categorización, situación y posibilidades reales de aportar agua a grupos humanos con unas prioridades socioeconómicas concretas.

Desde dicho conocimiento anterior, la labor de acometer la prospección, muestreo y análisis de varios de estos puntos, se realizó entendiendo que en los registros microscópicos existentes en ellos podían encontrarse elementos de origen vegetal identificables, y que hicieran referencia expresa a la

---

inserta en un contexto arqueológico prehistórico e histórico, es mucho más amplia que la conocida de forma tradicional, pudiendo plantearse que el abastecimiento de agua pudo realizarse en lugares incluso de acceso más fatigoso —desde la percepción actual— como podría ser la zona de Arenas Negras, El Calderón o los mismos Puntos Húmedos Altos (zona alta Pico Viejo-Teide).

<sup>36</sup> Siguiendo el precepto, ya mencionado, y enunciado por Bloch (1992) de buscar, incluso entre los datos puramente biológicos, el rastro de actividad humana (“...la historia quiere aprehender a los hombres..”).

presencia de agua, aunque esta fuera de forma diferente, tanto en caudal como en las características de cada uno de los ecosistemas húmedos que constituyen lo que denominamos “puntos húmedos”. La existencia en los mismos de una vegetación higro-hidrófila diversa, de la que González *et al.* (1991) describen hasta 82 taxones, permite realizar una primera distinción de los biotopos donde se localizan dichas especies. En su estudio, realizando una primera distinción entre manantiales permanentes de los esporádicos, que aparecen en determinadas condiciones de humedad, descartan el de los primeros, centrándose en aquellos lugares donde la humedad del sustrato —aunque con lógicas variaciones estacionales de caudal e intensidad— permite el desarrollo de este nutrido conjunto vegetal, con una importante representación de briófitos.

Como ya hemos señalado la presencia de estas pequeñas plantas se vuelve todo un referente de la presencia de agua en un ambiente excepcionalmente árido como Las Cañadas del Teide, y en concreto de aquellas zonas donde el vulcanismo reciente ha modelado un paisaje dominado por la casi inexistencia de sustrato edáfico, con predominio de la pedregosidad extrema y por ello la incapacidad —de dicho sustrato— para retener el agua de precipitaciones y escorrentías.

Por ello debo matizar aquí que la detección de briófitos ha supuesto ratificar un valor arqueológico donde ya lo hay biológico, confirmando nuestros objetivos de asumir una práctica arqueológica verdaderamente interdisciplinar, que tuviera en cuenta las actividades investigadoras de profesionales de las ramas biológicas, y en este caso de la Botánica, desplegadas en las mismas zonas donde buscamos rastros de actividad humana. Incluso en zonas como las descritas para la vertiente suroeste de Pico Viejo donde hacerlo parece —desde una perspectiva de prospección pura y dura de campo— imposible.

#### **Sedimentos acuáticos, microalgas y flora hidrófila.**

La hipótesis de partida, sobre la disposición de los sedimentos existentes en los puntos con agua de Las Cañadas, pasaba por no concederle una estratigrafía compleja, ni siquiera de relativa potencia. Se trataría eso sí de cierto tipo de suelos anegados<sup>37</sup>, como el descrito por Kubiena (**Figura 517**) en sus grabados<sup>38</sup>. Pero en todo caso éste sería el tipo de *Punto Húmedo* más consistente, desde el punto de vista de caudal, columna de agua y acumulación de sedimentos en el contexto de Las Cañadas del Teide. Siguiendo dicha hipótesis, tales puntos se configurarían como pequeñas

---

<sup>37</sup> En la actualidad no existe consenso sobre la clasificación, como suelos, de los sedimentos situados bajo condiciones hídras permanentes. Este debate, ya asumido por Kubiena al clasificar como suelos algunos tipos concretos, parte del planteamiento —de los detractores de tal clasificación— de que bajo el agua se operan unos mecanismos naturales muy diferentes a los que pueden generar una edafogénesis.

<sup>38</sup> Serie de ilustraciones contenidas en la publicación de 1953, con los diferentes tipos de suelos ilustrando —de forma absolutamente didáctica y detallista— tanto algunas de las características de sus horizontes constituyentes, como la vegetación potencial que se desarrolla sobre estos. De igual forma Kubiena describe dos tipos de materia orgánica para este tipo de suelos, que denomina de los tipos *Dy* y *Gyttja* respectivamente.

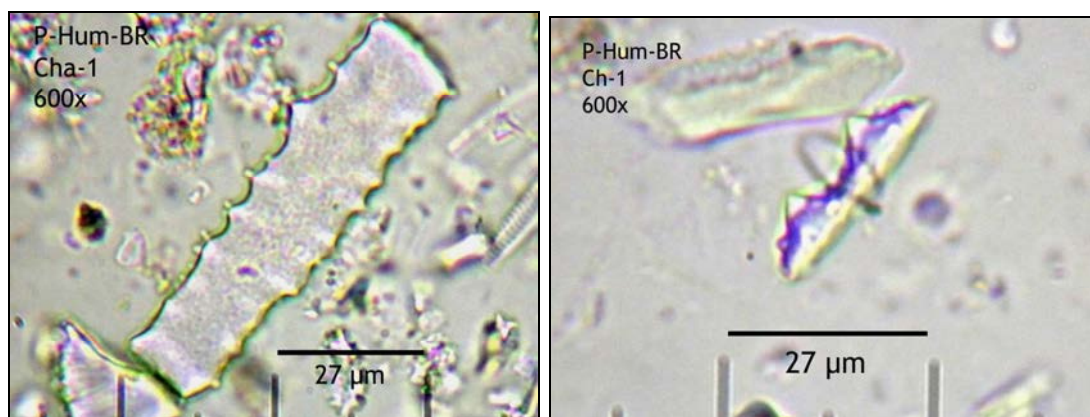
depresiones rocosas del terreno, donde predominaría un suelo incipiente, basado en un único horizonte mineral, oscurecido por aportes de materia orgánica (A), aportada, en este caso, por la corriente del arroyo, a la que se sumarían restos de la vegetación circundante en forma de tejidos muertos. Este horizonte se situaría, más o menos directamente, sobre otro definido como C, rocoso y poco afectado por procesos edafogénicos en este caso, pero sí por hidromorfismo. Aspecto donde, dada la geomorfología y geología de la zona, es casi segura la presencia de un inmediato lecho de lava sólida.

En todo caso, la descripción realizada por Kubiena (1953), de dos tipos de sedimentos anegados, será la que nos guíe y nos introduzca en el estudio de zonas con cierta columna de agua, bajo la cual puede intuirse un paquete de sedimentos acuáticos. Esto fue precisamente lo que ocurrió con el estudio e interpretación de algunos puntos húmedos de excepción, como los del *Barranco del Riachuelo* (Los Azulejos-Ucanca, Las Cañadas del Teide), en concreto de las pequeñas pozas existentes en su recorrido, alimentados desde la zona de surgencia, donde sin duda concuerda –con uno de los tipos descritos en la mencionada obra de referencia– con tales descripciones. En ellos existe una clara similitud con el tipo descrito como *Dy* por Kubiena (1953), donde el sedimento del fondo, situado sobre una sólida base lávica, estaría constituido por barro y materia orgánica formada por plantas y algas. Un sustrato muy similar al que se produce en lo que Kubiena denomina *gyttja*, suelo/sedimento acuático con mayor potencia y columna de agua, también descrito para las formaciones de mallines de zonas con turberas de Mallín Book (Río Negro, Argentina), donde Coradeghini & Vigna (2001) describen consistentes registros de quistes de crisofitas propios de áreas frías y templadas-frías.

Se trata esta zona de una donde se desarrollan el tipo de ecosistema más escasos en Las Cañadas: los propios de ambientes húmedos con presencia permanente de agua. Si bien su caudal se incrementa en años de precipitaciones y nevadas intensas, por lo general es que éste ocupe solamente un escaso medio metro del total del cauce del barranco. Por ello toda la zona afectada por el agua suele estar ocupada –en aquellas donde se ha producido rellenos sedimentarios y suelos incipientes– por vegetación de la asociación *Mentha longifoliae-Caricetum calderae*, propiciando además el desarrollo de especies arbóreas –impensables con las condiciones generales del entorno– como *Salix canariensis*. Al menos en el primer caso puede plantearse su reconocimiento, en base a los fitolitos desarrollados en sus tejidos aéreos (**Figuras 515**). E igualmente de gramíneas locales (**Figura 514**).

Pero del mismo modo otras especies habituales en la zona como *Spartocitissus supranubius* o el mismo *Echium wildpreti* medran al amparo de estas especiales condiciones de alta humedad, e incluso gramíneas no tan bien conocidas como *Dactylis metlesicsii* se localizan en esta zona (Wildpret & Martín, 2000), aunque sin prosperar en el propio cauce húmedo del barranco. La importancia de la zona del Riachuelo por tanto trasciende incluso al nivel de archipiélago, sobre todo en cuanto a su carácter de esorrentía permanente de alta montaña (>2.000 m.s.n.m.). Tanto a nivel de flora como de fauna de invertebrados, puede considerarse por tanto un ambiente de excepción que además –como se muestra en esta Tesis– dispone de paquetes sedimentarios acuáticos de suma importancia, tanto a nivel limnológico como

de interés paleoambiental, quedando por dilucidar —en función de futuros estudios y lecturas sobre los aspectos anteriores— si lo es también a nivel arqueobotánico.



**Figura 514**, Silicofitolito de célula larga, alargado y equinado (Izqda.) y **Figura 515**, fitolito propio de conos de juncias (sedge cones, Ollendorf, 1992) o ciperáceas. Ambas en poza de El Riachuelo y 600x.

Pese a que se trata de paquetes sedimentarios o edáfico-subacuáticos que se ven afectados por las avenidas ocasionales en función de las precipitaciones invernales, no puede descartarse la existencia de variaciones estratigráficas en los mismos, particular que solamente podría verificarse mediante futuros sondeos, empleado instrumental acorde a la obtención de un testigo inalterado en cuanto a la disposición de sus capas. En todo caso no se trataría de zonas con escasa potencia estratigráfica, calculándose —las que aun mantienen agua durante buena parte del año— no superior a los 20-25 cm.

Y es que la impresión que subyace, tras la observación de tales puntos y su entorno geológico, es de depresiones poco profundas que a pesar de verse ocupadas por un paquete sedimentario de aporte hídrico, éste podría incluso verse afectado por avenidas estacionales que afectarían, por arroyada, a buena parte de los estratos sedimentarios superiores. No obstante, queda pendiente el estudio pormenorizado, en especial de la potencia de dichos paquetes sedimentarios, llevado a cabo mediante metodología específica que permita, igualmente, obtener una muestra inalterada de la secuencia vertical del mismo.

El estudio microscópico, de las preparaciones empleadas para el reconocimiento de microalgas y silicofitolitos en los puntos húmedos, al no realizarse sin eliminar la fracción arena (hasta  $\pm 700 \mu\text{m}$ ) y limos, también ha permitido evaluar las características de éstas. En dicha observación puede observarse la escasez de partículas minerales y la preeminencia del registro biomineral, básicamente formado por valvas de diatomeas, quistes de crisofitas y fitolitos. Efectivamente el estudio microscópico realizado con preparaciones donde únicamente se hayan ausentes las arcillas, confirma el marcado carácter biogénico de los sedimentos obtenidos bajo una columna de agua de aproximadamente 40 cm., en los primeros 2-4 cm. del fondo de la poza más profunda del Riachuelo (**Figura 516**).

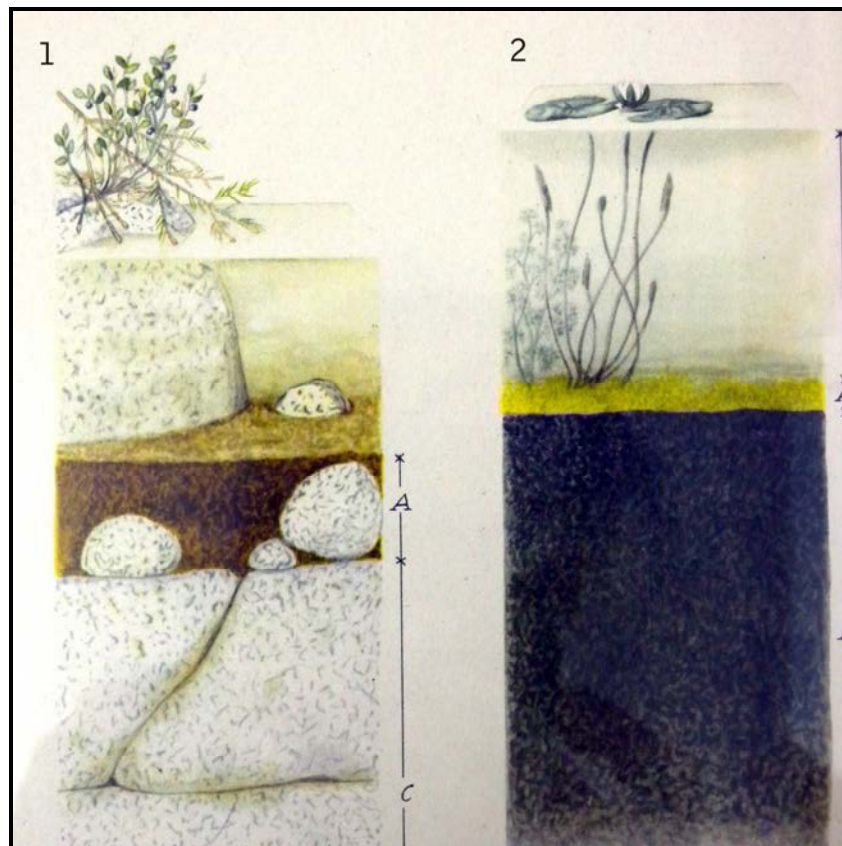




**Figura 516**, Imagen de una las mayores pozas del Barranco del Riachuelo, situada en su tramo medio, con desarrollo de la formación *Mentha longifoliae-Caricetum calderae* y paquete sedimentario acuático como para permitir un muestreo del tipo *training sets*. J.A.

Efectivamente el registro microfósil confirma la existencia de unas determinadas condiciones ambientales, con una determinada flora (microalgal y terrestre) que ha dejado sus restos en el paquete sedimentario analizado. Aun entendiendo que dicho paquete disponga de escasa potencia, éste se encuentra relacionado no sólo con las condiciones ambientales del pasado inmediato, sino que además representa la totalidad de tales condiciones desde que fluye el agua por la zona del Riachuelo, lo cual sabemos se ha reducido desde la canalización de la surgencia situada aguas arriba, cerca del escarpe del Circo de Las Cañadas.

No obstante, los resultados obtenidos se limitan a los pocos centímetros de los puntos analizados. Pero conociendo la ausencia de cuencas lacustres permanentes en Las Cañadas del Teide y pese al trabajo realizado con otras como los fondos de cañada asociados a ambientes sedimentarios con aporte hídrico estacional (Criado, Machado & Afonso, 2009), el estudio de las limitadas secuencias estratigráficas existentes en este tipo de charcas de montaña colaboraría en el conocimiento paleoambiental reciente. Dado que no pueden esperarse –al menos en los mencionados paquetes sedimentarios subacuáticos– datos tan antiguos como los existentes en ambientes lacustres continentales. Tal es el caso del Lago de Sanabria, Laguna de Villaseca y las de Ruidera, cuyo estudio de sedimentos y flora hidrófila permite indagar en cuestiones paleoambientales, como el funcionamiento climático del Atlántico Norte (Luque, 2003), la evolución postglacial en el NW de la Península Ibérica (Leira *et al.*, 1997) o los cambios en medios lacustres a través de la observación de la evolución de *Phragmites australis* (González, 1957) respectivamente.



**Figura 517**, Grabados de Kubiena (1953) sobre “suelos anegados”. La posible disposición de los existentes en la zona de El Riachuelo (Las Cañadas), pasaría por el ejemplo 1 que, en función del tipo de materia orgánica que contiene Kubiena denomina como *Dy*, con cierta columna de agua pero inmediata presencia de un sustrato rocoso afectado por hidromorfismo.

#### Los datos aportados por las tareas de campo.

La base empírica para analizar los Puntos Húmedos con los objetivos mencionados, se constituyó alrededor de todo organismo microscópico, de común desarrollo en zonas inundadas o húmedas, que pudiera conservar parte de su constitución con rasgos consistentes como para poder reconocerlos, clasificarlos y debatir sobre las particularidades biológicas que anteriores trabajos aportan al respecto. Las algas diatomeas y las crisofitas responden perfectamente a estos parámetros, dada su capacidad para desarrollar cubiertas (valvas y quistes respectivamente) altamente silicificadas, que se depositan en el sustrato, en este caso sumergido, tras la incapacidad del alga para adaptarse a un medio que ha perdido los requisitos originales, básicamente por eutrofización. Paralelamente, no podíamos olvidar la posibilidad de localizar fitolitos fósiles provenientes de flora hidrófila, especialmente de la asociación *Mentha longifoliae*-*Caricetum calderae* y *Carex paniculata*, ambas confirmadas como especies productoras de silicificaciones de diagnóstico.

Los objetivos de conocer *in situ* el potencial explicativo —a nivel microfósil, ambiental y paleoambiental— fueron preliminarmente posibles de abordar mediante la observación directa de las zonas denominadas Puntos

Húmedos, detectándose varios tipos en función de la importancia del caudal de agua. En algunos de ellos era precisamente la inexistencia del mismo el que caracterizaba estos enclaves, donde a su vez podían ser apreciables algunas de sus características, como la presencia de paquetes de sedimentos finos y la de vegetación hidrófila inmediata. Obviamente puntos como el Barranco del Riachuelo y la Galería del Cedro son los que ejemplifican el ambiente de agua constante, en movimiento (**Figura 518**) o más o menos estancada, como el segundo caso.

El ejemplo del Riachuelo quizás sea el más emblemático pero a su vez el más complejo de interpretar a nivel paleoambiental. Ya que en función de las observaciones de campo y la información ofrecida por el personal técnico del Parque Nacional<sup>39</sup>, su historia podría estar ligada a la canalización de una surgencia localizada en el andén cercano a Montaña Guajara. Sin embargo, varios aspectos deben ser tenidos en cuenta en este particular. Primeramente el propio cauce del barranco, excavado en la roca de coladas muy densas, atestigua una potente erosión hídrica en el pasado, dado que en la actualidad la circulación se realiza en la parte central del mismo, incluso con ocasión de precipitaciones continuadas —e incluso avenidas que arrasan su vegetación— que suponen la reactivación del cauce y que pese a adquirir rasgos espectaculares, no alcanza los niveles que su profundidad y extensión poseen.

Como ocurre con los cauces de los ríos, tales episodios pueden desbastar en pocos momentos una parte del lecho y sedimentarlo posteriormente aguas abajo, siempre en respuesta al caudal y otras variables, aunque con el tiempo manifestará una tendencia generalizada en uno u otro sentido (Vita-Finzi, 1980). En este caso, dicha tendencia parece ser la sedimentación, aunque con episodios puntuales de mayor volumen hídrico —de los que desconocemos su intensidad y aparición en el tiempo— que arrasan lo que parece, en el transcurrir de varias décadas, un ambiente climácico, al menos en cuanto al vegetal. En todo caso, la secuencia de dichos eventos en teoría podría estar recogida en las columnas sedimentarias de algunos puntos del cauce, bajo la fluctuante lámina de agua de las pequeñas pozas allí localizadas.

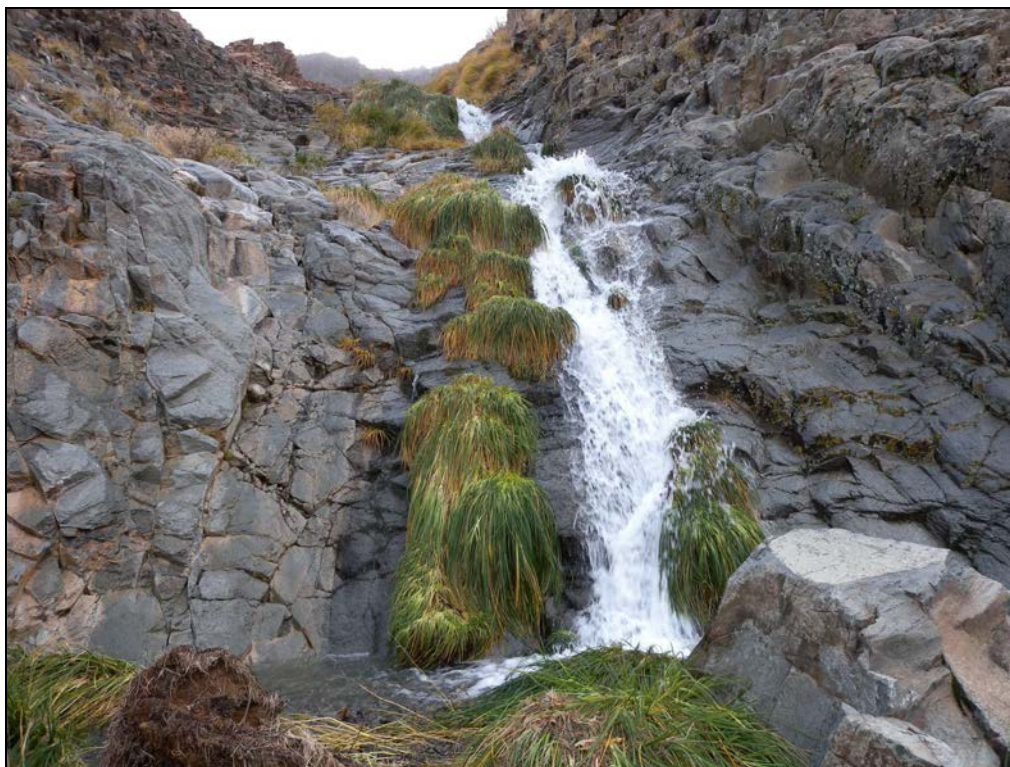
La incidencia del aspecto vegetal ciertamente revela la antigüedad relativa del proceso, tanto en cuanto al elenco florístico como su arraigo en ciertas zonas del cauce. Se trata en algunos casos de plantas como *Mentha longifolia* y *Carex paniculata* cuyas preferencias son claras: inmediata circulación o estancamiento de agua. De tal modo que la presencia de ambas especies suele ser signo inequívoco de una masa de agua alcanzable.

En otros casos, como en el de la vegetación hidrófila arbórea, se constituye como excepcional en Las Cañadas del Teide. Un ejemplo claro de ello es el de la pequeña sauceda situada en un recodo del tramo alto del barranco de El Riachuelo, donde los ejemplares de *Salix canariensis* Chr. Sm. se sitúan en el mismo cauce (**Figura 519**). No obstante, el origen de estos ejemplares no está del todo claro, ya que se haya completamente fuera de su área natural de extensión, más circunscrito a la parte superior de la región litoral y zona de brumas, pero en todo caso siempre más supeditada a la humedad que a la altitud (Ceballos & Ortuño, 1976). En el inventario florístico de Wildpret & Martín (2000) no aparece citada como especie presente en Las

---

<sup>39</sup> D. Eduardo Carqué (2005, Com. Pers.).

Cañadas. Con todo ello no puede descartarse que su presencia se encuentre vinculada a una intencionalidad antrópica, la de poblar estas zonas con plantas similares a las existentes en parajes semejantes de la isla de La Palma<sup>40</sup> (Bco. de Las Angustias, Caldera de Taburiente).



**Figura 518**, Tramo bajo del Barranco del Riachuelo durante un evento de fuertes precipitaciones. Nótese que el cauce ya ha descendido después de haber arrasado la vegetación del mismo, formada en este caso por *Carex paniculada*. J.A.

Pero el hecho de que el sauce canario posea propiedades terapéuticas, y haya empleado desde antiguo en medicina popular (Bramwell, 1998), le convierte en una planta que pudiera estar vinculada a alguna pauta de introducción que desconocemos. Y menos en la historia de Las Cañadas del Teide, lugares que tienen un componente de explotación antrópica cambiante en tiempo y espacio, que han sido explotados con muy distintos usos y donde incluso se intentarán implantar determinados recursos en función de los requerimientos y mentalidades de cada época. Como ocurre con diversos ejemplares de frutales localizados en el dorso de Guajara, o los almendros cercanos a la zona del Parador, pudieron ser ejemplares asociados a la explotación ganadera y vegetal de época histórica.

#### **Resultados de las primeras pruebas experimentales con sedimentos de puntos húmedos.**

Las primeras pruebas se llevaron a cabo con el objetivo muy definido de comprobar las características del registro microscópico de algunos puntos húmedos, y en especial las que hacen referencia a microalgas silíceas y

<sup>40</sup> Bramwell & Bramwell (2001).

silicofitolitos<sup>41</sup>. Igualmente importante, aunque sujeto a objetivos diferentes, se trataba de averiguar las proporcionadas por la estimación de algunas propiedades de este tipo de sedimentos, como su contenido en materia orgánica, carbonatos y especialmente en las fracciones texturales finas como arenas 200-50, limos y arcillas.



**Figura 519**, Saucedá (centro-izquierda) de El Riachuelo. J.A.

La información recopilada debía poner de manifiesto especiales características de estos sustratos, sobre todo para poder emplearlos en la contrastación de las cuestiones derivadas con el estudio de la explotación de los recursos hídricos por las sociedades prehistóricas que ocuparon Las Cañadas del Teide. Aunque lamentablemente este tipo de investigación no ha podido ser aplicada en el ámbito geográfico de La Cerera, derivado de la alta alteración del medio inmediato, sí que se han seguido los parámetros aportados por sedimentos arqueológicos y residuos cerámicos de este yacimiento, para poder contrastarlo con los obtenidos en Las Cañadas.

Los resultados analíticos indican unas tendencias muy similares, entre las muestras pertenecientes a la Fuente del Cedro y a las de la zona de El Riachuelo. Y ambas manifiestan, como era de esperar, algunas entre los sedimentos de las dos zonas (**Gráfico 77**). Los datos analíticos, obtenidos

---

<sup>41</sup> Tareas iniciadas en otoño de 2005 con la prospección y muestreo de zonas de Las Cañadas del Teide con manifiesta presencia actual de agua, en mayor o menor volumen. Siendo el caso más emblemático el cauce del Barranco del Riachuelo, al que da nombre, donde existe un caudal permanente —muy condicionado por los aportes extraordinarios de aguas de lluvia y deshielo—, que adquiere en su recorrido también formas de cascada y pozas, en algunos casos de hasta 50 cm. de profundidad.

mediante un protocolo que se ajusta a un MCAM parcial, muestran varios aspectos en ese sentido.

Con respecto a la pérdida de peso, asociada a la oxidación de materia orgánica, el máximo lo ostenta la muestra correspondiente a una de las pozas del Barranco de El Riachuelo (BR-P1-03), en concreto se trata del punto húmedo más profundo, y de mayor extensión, localizado en todo el recorrido del pequeño riachuelo que da nombre a la zona. En este caso la muestra ofrece una pérdida de peso, tras la oxidación en peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 30% a 140° C) y ácidos (HCL+HNO<sub>3</sub>), que se sitúa en el 43,85%, mientras que el mínimo lo ostenta la muestra correspondiente al almagre (FC-005-03) con 17,15%. Cabe destacar que la muestra perteneciente al *Conjunto Riachuelo* (BR-P1-03 (charco 1°) contenía numerosas evidencias de actividad biológica, en forma de fauna invertebrada, como abundantes anélidos acuáticos.

En este primer análisis, derivado del objetivo por identificar biomineralizaciones silíceas fósiles, se procedió a una eliminación de materia orgánica y carbonatos, sin entrar a determinar sus valores por separado, como se contempla, en el protocolo MCAM, en su versión completa. Por ello debe entenderse que los contenidos de ambos, de forma pormenorizada solamente pueden suponerse, caso de la materia orgánica que probablemente sea mucho más abundante que los carbonatos, dependiendo claro está de cada una de las muestras.

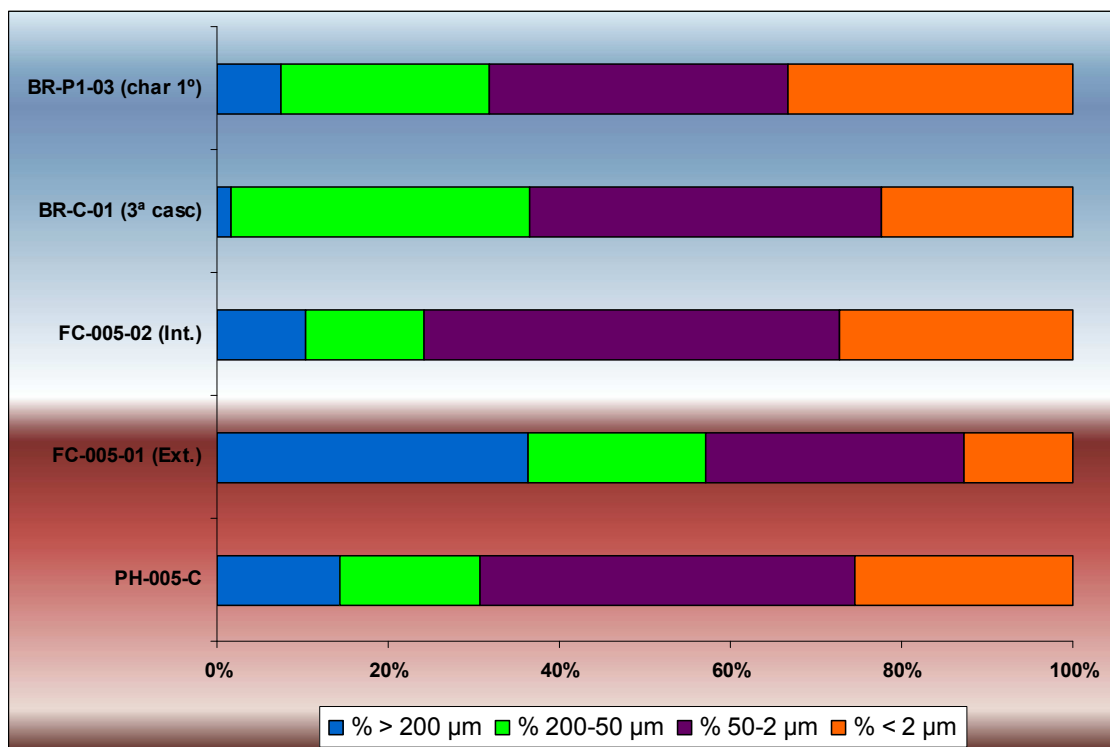
La determinación granulométrica de estas muestras es quizás uno de los indicadores contextuales más interesantes del muestreo/análisis experimental llevado a cabo entre 2005 y 2006. Aquí es donde se ejemplifican unas diferencias más profundas, especialmente evidentes en la fracción más gruesa (arenas >200 µm) y la más fina, correspondiente obviamente a las arcillas (<2 µm). La oscilación de las primeras es contundente: un mínimo de 1,40% en la pequeña charca situada bajo la 3ª cascada del *Conjunto Riachuelo*, y un valor máximo de 28,06% en los pequeños charcos exteriores de la galería de El Cedro. Aunque del conjunto de este muestreo sea el almagre el que presenta un porcentaje mayor de arenas (32,37%), lo excluimos dado que en su caso corresponde más a un material paleo-edáfico pendiente de evaluar que en relación con el Conjunto Hídrico de El Cedro, donde aparece íntimamente asociado a la escorrentía generada bajo la gran masa de la colada superior.

La fracción de las arenas 200-50 µm no ofrece porcentajes tan bajos, sino que se sitúa en un mínimo de 11,23% (FC-005-02, interior fuente de El Cedro) mientras que el valor más alto lo ofrece de nuevo el almagre de la misma zona, y excluyendo este son las pozas del Riachuelo (3ª cascada) donde se obtiene un valor máximo de 29,83%. Salvo estos dos casos, el resto de porcentajes de arenas 200-50 µm es relativamente homogéneo (**Gráfico 77**).

### **Limos biogénicos.**

No sólo a nivel de comportamiento edáfico sino también al de contenido microfósil, la fracción de los limos (50-2 µm) es sumamente importante, ya que junto a las arenas finas (200-50 µm), suele contener la mayor concentración de microfósiles (cuando éstos existen), del tipo de silicofitolitos y microalgas silíceas. En los puntos muestreados es además la que presenta una menor variación, al menos con respecto al resto de

fracciones. Excluyendo el almagre, que presenta los valores más bajos del muestreo (13,94 %), los contenidos en limos se sitúan entre 23,34% y 39,30 % localizándose este último valor en el sedimento interior de la Fuente del Cedro.



**Gráfico 77,** Comparativo de las fracciones granulométricas en la selección de sedimentos de Puntos Húmedos de Las Cañadas. J.A.

Dentro del estudio de fracciones granulométricas, del conjunto de muestras de este tipo, resulta ser el más alto de todos los valores obtenidos, confirmando que, por lo general, son este tipo de sustratos inundados –por el momento de forma permanente–, los que presentan una textura más limosa, también con respecto al conjunto de muestras analizadas en la zona de Las Cañadas. En virtud de las analíticas microscópicas realizadas, puede afirmarse que en algunos casos –como en los charcos del Riachuelo con mayor contenido en materia orgánica–, estos limos no sólo están formados por partículas minerales, sino por silicificaciones biogénicas, especialmente por algas diatomeas (**Figura 520-521**).

Desde esa observación podemos caracterizarlos como limos con un alto componente biogénico, parámetro que debe ser tenido en cuenta a la hora de caracterizar la textura de este tipo de sedimentos. Y esto es especialmente relevante en las muestras de la Fuente del Cedro, donde la profusión de valvas de diatomeas supera, en mucho, la de partículas minerales, lo cual confirma que estas zonas funcionan como “trampas de microfósiles” que son ordenados, en su estratigrafía, en función de la productividad del medio acuático. Sumando a ello la ordenación igualmente, por capas, de las biomineralizaciones de flora terrestre contextual, que como los fitolitos

desarrollados y dispersos por la misma terminan, en parte, formando dicho registro microfósil junto al desarrollado en el medio acuático.

La fracción de las arcillas (<2  $\mu\text{m}$ .) vuelve a evidenciar las diferencias existentes entre el almagre y el resto de las muestras, presentando el valor más bajo (1,89%). Los promedios, excluyendo ésta, se sitúan entre 8,85 y 23,13%, valor máximo obtenido en la poza de mayor profundidad, situada en el tramo bajo del barranco de El Riachuelo, cercano al llano de Uanca.

Las primeras lecturas que pueden elaborarse con estos datos indican varios aspectos. Debe tenerse en cuenta que todas las muestras, exceptuando el almagre, están constituidas por sedimentos situados bajo una columna de agua que oscila entre los 10 y 40 cm. Las lecturas por tanto se entienden que pertenecen a sustratos donde se operan condiciones no terrestres, aunque el ambiente externo tiene una clara repercusión en su registro sedimentario, como ocurre también en contextos acuáticos continentales (Luque Marin, 2003), aunque aquí a una escala espacial y sedimentaria muy inferior.

Mención especial requiere el muestreo realizado sobre un posible Punto Húmedo cercano a la Galería de El Cedro. Una pequeña oquedad en la roca vertical que en primera instancia parece corresponder a un proceso erosivo natural. Futuros estudios arqueológicos deberán corroborar este punto, o si a ello se suma un acondicionamiento antrópico, realizado con el fin de potenciar la explotación de surgencias naturales, como ocurre con la anterior galería. Esta pequeña oquedad es citada también como una fuente por el Personal Parque Nacional del Teide<sup>42</sup>, y ciertamente parece derivada de una intervención antrópica. Durante las tareas de prospección llevadas a cabo en La Cañada y Roque de El Cedro pudo comprobarse que en dicha oquedad no existía caudal alguno, pero sí que se detectaron condiciones de humedad como para permitir el desarrollo de vegetación hidrófila, limitada únicamente por la de disposición de luz en el interior. Los resultados analíticos de la muestra extraída, en dicha zona del enclave, mostraron valores similares a los obtenidos en el interior de la Galería del Cedro (**Gráfico 78 y 79**), quedando por dirimir si a nivel microfósil sus registros también eran similares, pese a que no se detectara en la actualidad ningún tipo de surgencia o acumulación de agua.

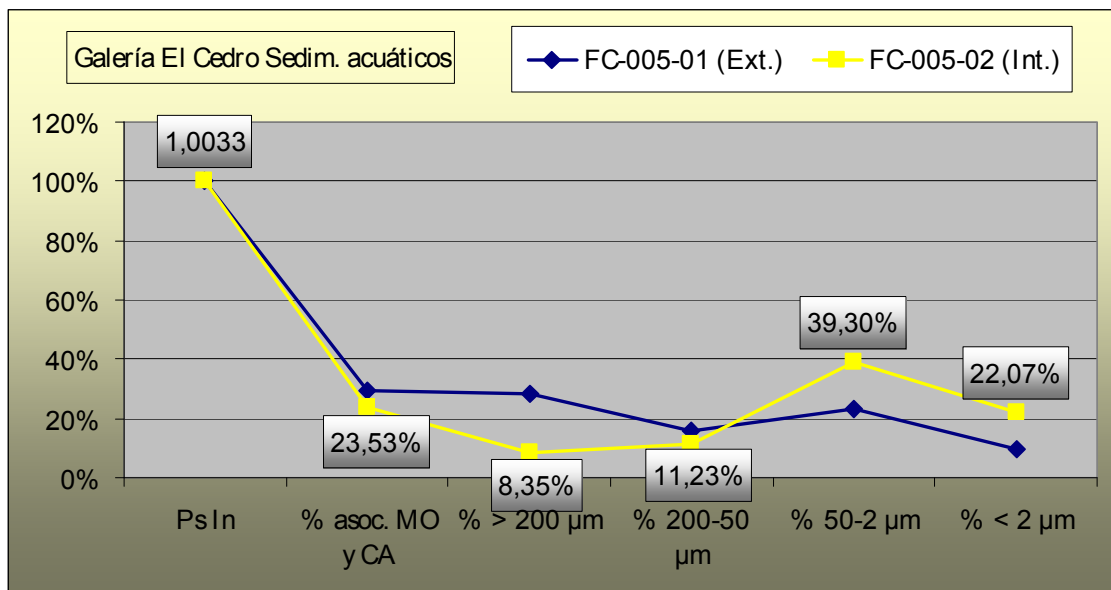
Y aquí son precisamente las fracciones finas (limos y arcillas) las que orientan las lecturas hacia la presencia de un punto húmedo, aunque no en la actualidad (2006), al menos con la entidad de la cercana Galería/Fuente de El Cedro.

Obviamente, la determinación final de la presencia de condiciones hídricas en el pasado en este tipo de enclaves, se le otorga al análisis microfósil, dirimiendo la cuestión mediante la presencia o ausencia de flora de microalgas. El mencionado punto cercano a la Galería/Fuente de El Cedro no presentó, al contrario que aquel, ningún tipo de evidencia microscópica que atestiguara la posible existencia reciente de acumulaciones de agua, al menos en el nivel superficial de suelo analizado. Sin duda sólo un estudio estratigráfico, de toda la posible secuencia sedimentaria/edáfica existente, podrá descartar definitivamente, o aclarar, dicha posibilidad.

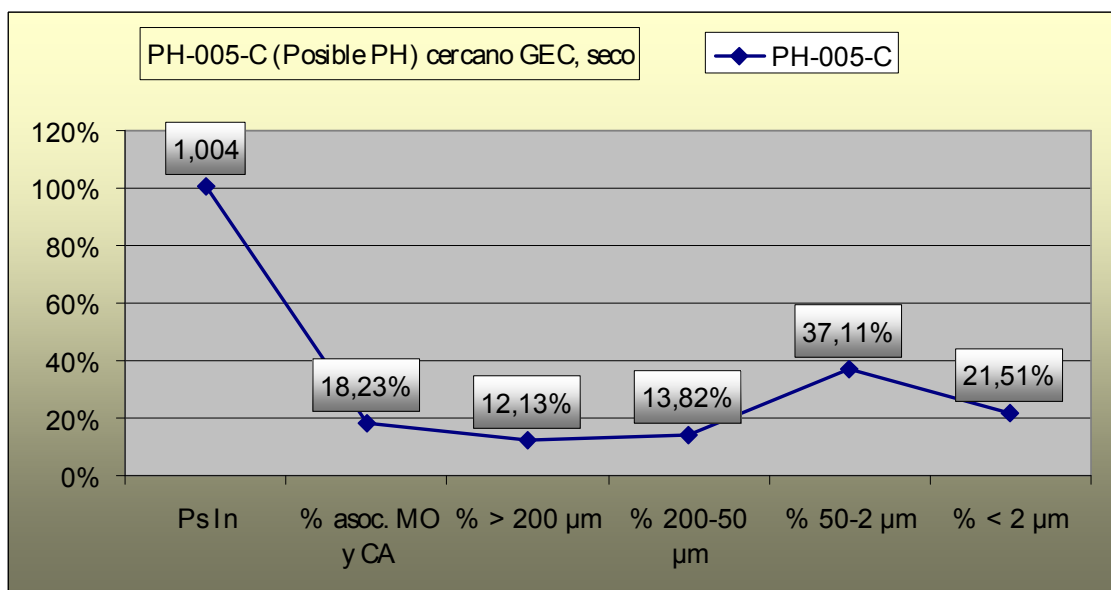
---

<sup>42</sup> Carlos Velásquez, 2010, Com. Pers.





**Gráfico 78,** Curva acumulada de valores analíticos del sedimento de la Galería de El Cedro, Interior y exterior.



**Gráfico 79,** Curva acumulada de valores analíticos del sedimento del posible Punto Húmedo cercano a la Galería de El Cedro.

**Registro microscópico de los Puntos Húmedos iniciales.**

**Galería de El Cedro y puntos anexos.**

La caracterización del sustrato de acogida también permitió evaluar un registro microscópico, basado en microalgas con esqueleto y quistes de resistencia silíceas (diatomeas y crisófitas), mientras que en menor medida se observaron diversas morfologías de silicofitolitos, que fueron puestas en relación con la flora natural de la zona. En el caso del paleosuelo rubefactado de la **Fuente del Cedro**, aunque éstas eran muy escasas, podía igualmente vincularse con la propia antigüedad de la surgencia natural, que será aprovechada posteriormente como somera galería, y donde quizá existió

depósito de restos de la flora local, en momentos anteriores al sellado producido por la colada lávica que hoy se encuentra sobre dicho almagre.

El sedimento acuático existente en este enclave fue muestreado en dos puntos. El primero de ellos fuera de la galería, en la zona donde el agua se remansa y la incidencia de la luz solar es casi directa. El otro punto se situaba dentro de la bóveda de ésta, pero donde aun se recibe el efecto los rayos solares. En la misma existía una columna de agua de unos 40 cm., mientras que en el exterior ésta se reducía prácticamente a la mitad.

El registro microscópico detectado en dichos sedimentos, tanto en el extraído en el exterior de la galería como dentro, está dominado por valvas de diatomeas, eso sí en muy diferente estado de preservación, siendo muy escaso el registro en otros tipos microfósiles como silicofitolitos. Dos morfotipos parecen dominar la concentración de tales microalgas, el primero de ellos lo hace de forma contundente, en ambas muestras, aunque con variaciones a la baja en el interior de la galería. Se trata de una morfología pennada, simétrica, con rafe muy marcado, sin nódulo central y estrías formadas por puntuaciones a lo largo de toda la superficie de la epivalva. Tampoco se observan nódulos polares. Las dimensiones observadas presentan un largo máximo (eje longitudinal) de 75,6  $\mu\text{m}$ ., y un mínimo de 29,7  $\mu\text{m}$ ., mientras que el eje transversal presenta un máximo de 29,7  $\mu\text{m}$ . y un mínimo de 16,2  $\mu\text{m}$  (Figura 520).

Esta morfología ha sido propuesta para al género *Diploneis* sp., de células aisladas, morfología en algunos casos, como en éste, elíptica, rafe bien marcado, externo o central. Se trata de un género predominantemente marino, con unas pocas especies de agua dulce y desarrollo *epipélico* (Round *et al.*, 1990). La significativa concentración de este tipo de diatomea en El Cedro, parece indicar un desarrollo *in situ*, estando por tanto ante una de esas pocas especies dulceacuícolas pertenecientes a ese género.

El segundo morfotipo detectado es también de simetría bilateral (pennada) pero mucho más estrecho que el anterior, presenta rafe ondulante muy fino, sin nódulo central pero sí con nódulos polares. De dimensiones claramente superiores a la anterior, con un eje longitudinal que puede sobrepasar 120  $\mu\text{m}$ . La ornamentación en este caso se limita a la de finas estrías a lo largo de toda la epivalva que dejan, en su conjunto, un espacio de separación con el mencionado rafe. Esta morfología puede clasificarse dentro del género *Pinnularia* sp., con probabilidad de poder adscribirse a la especie *P. streptoraphe* Cleve, atendiendo a las descripciones de Hartley (1996), Round *et al.* (1990) y Gaiser & Johansen (2000), quienes la localizan en muestras de zonas húmedas de Carolina del Sur, asociadas a charcas acidófilas y lagos con bajo contenido en minerales Como además describe Patrick & Reimer (1966), su óptimo de pH estaría en 4,9 (Figura 521).

La distribución cuantitativa entre los registros de ambos puntos, atendiendo a los dos tipos mayoritarios de diatomeas, puede estimarse en un ligero incremento de las concentraciones de *Diploneis* en el interior la zona de entrada a la galería (muestra del interior) con 276 ejemplares por 4 de

*Pinnularia*, mientras que en el exterior por cada 200 ejemplares de *Diploneis* no se observa ninguna de este último género<sup>43</sup>.

El registro de fitolitos de los puntos muestreados en la Galería de El Cedro es extremadamente escaso, restringiéndose a indicios de gramíneas, bajo la forma de células largas lisas y apéndices epidérmicos. Sus concentraciones, en comparación con las valvas de diatomeas del género *Diploneis*, son muy bajas.

Sin embargo, el registro de la zona de El Riachuelo es, en algunos casos, radicalmente distinto al de la Galería de El Cedro, y especialmente en una de las zonas donde se preveía una mayor concentración de valvas de diatomeas. El punto de mayor columna de agua, detectado a lo largo del cauce de El Riachuelo, ofrece no sólo registro de microalgas sino de abundantes silicofitolitos (**Figura 525, 526, 527**), que sin duda se ajustan a la disposición ya mencionada por Kubierna (1953), de un enclave con acumulación de cierta columna permanente de agua —aunque con oscilaciones estacionales—, al que se encuentra asociada flora hidrófila, tal y como hemos comprobado en varios puntos de El Riachuelo (**Figura 516-518**).



**Figura 520**, (Izqda.), Diatomea del género *Diploneis* sp. procedente del exterior de la galería de El Cedro. **Figura 521** (Drcha.), Diatomea del género *Pinnularia* sp. (posiblemente *arenaria*) en el sedimento del interior de la misma. Ambas a 600x. J.A.

#### Pozas del Barranco de El Riachuelo.

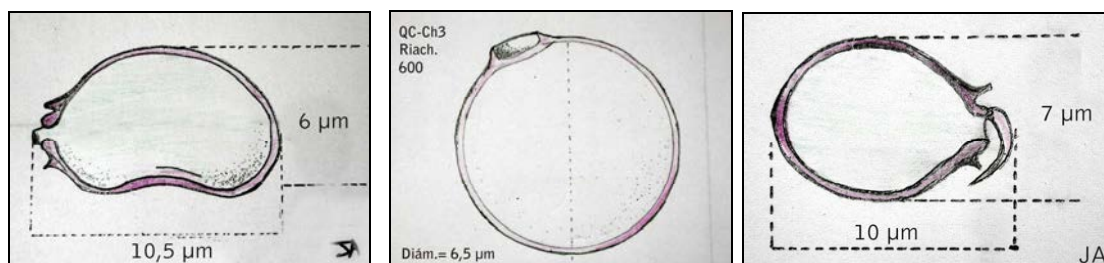
##### Quistes de crisofitas.

Al igual que el registro de la Galería de El Riachuelo, el de las pozas del Barranco del Riachuelo y en especial la de mayor profundidad, ofrece una cierta concentración de valvas de diatomeas, en su mayoría de simetría bilateral. Sin embargo, el registro de quistes de crisofitas no es menos importante (**Figuras 522, 523, 524**), contabilizándose hasta un total de cuatro tipologías, dos de ellas esféricas que responden a las formas S351, S326 o S126 de Pla (2001). Una de ellas es ovalada con collar complejo y evidente proyección del mismo en forma de garfio, fuertemente incurvado (**Figura 524**).

<sup>43</sup> Estimación realizada en cinco campos microscópicos tomados al azar, a 300x.

### Valvas de diatomeas.

El registro de valvas de diatomeas por su parte presenta una de las mayores concentraciones detectadas en la zona, aunque inferior a la presente en la Fuente de El Cedro. Las especies presentes son igualmente de simetría bilateral, detectándose ejemplares de *Diploneis* sp. y *Pinnularia* sp., así como otras valvas de simetría bilateral pero mucho más estrecha, quizá de alguna especie perteneciente a *Navicula* (Hartley, 1996).

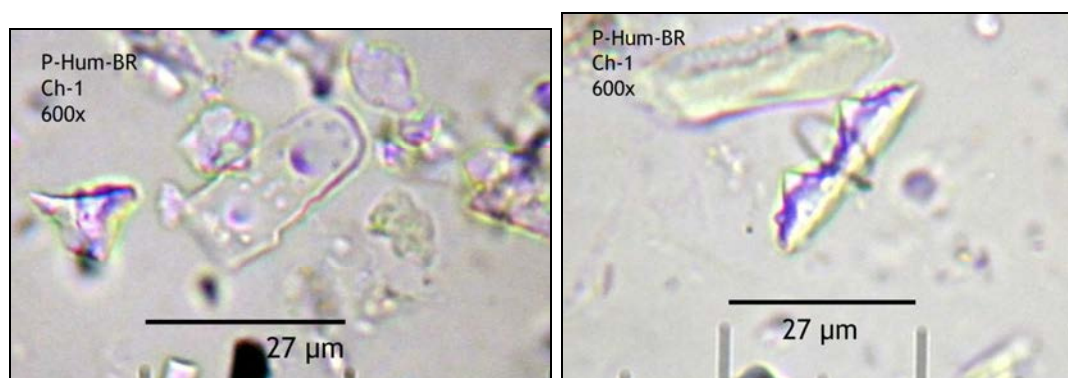


**Figuras 522-523-524**, Bocetos de algunos quistes de crisofitas detectados en las pozas del barranco de El Riachuelo. J.A.

### Fitolitos en El Riachuelo.

El grupo de los fitolitos se encuentra mejor representado incluso que el registro de microalgas, pudiéndose afirmar que en este caso la poza en cuestión actúa como verdadera “trampa de fitolitos”, aunque éstos no presenten en todos los casos formas de diagnóstico. Son muy abundantes los de células largas y lisas (*elongate psilate long cells*, ICPN 1.0), que podrían hacer referencia al depósito de tejidos aéreos de gramíneas (*Poaceae*).

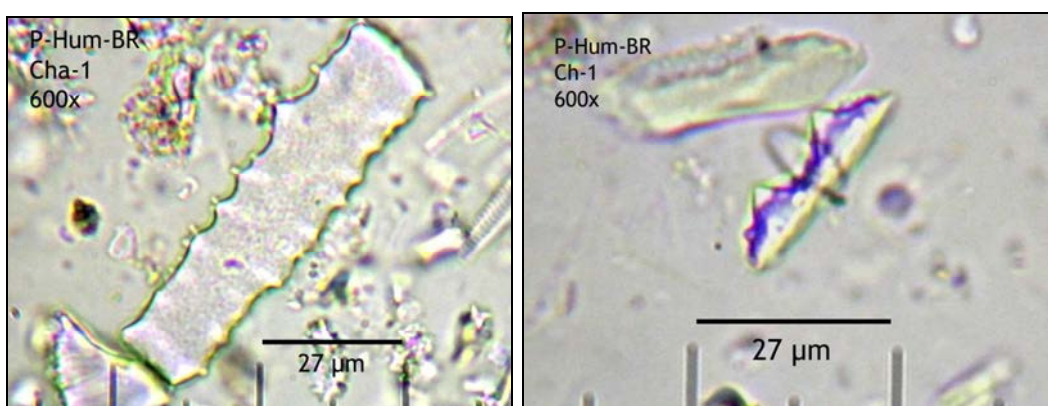
Formas de diagnóstico son las plaquetas con conos apuntados (*sedge phytolith*, Ollendorf, 1992) que hacen referencia expresa a tejidos de ciperáceas (*Cyperaceae*). Se trata de fitolitos de pequeño tamaño, con un eje longitudinal que supera ligeramente las 20 μm, basados en una morfología rectangular de poco espesor de la que sobresalen dos conos y diversas protuberancias de menor tamaño, que coinciden con las descripciones, pese a la complejidad descrita por la autora, a los fitolitos propios de los tejidos epidérmicos de las ciperáceas (Ollendorf, 1992).



**Figuras 525 y 526** Fitolitos de plaquetas con conos apuntados (*sedge cones phytoliths*) propios de las ciperáceas. A la izquierda en vista polar y a la derecha en vista de perfil. Ambas 600. J.A.

En todo caso un tipo de formas muy bien conocidas, que al parecer fueron primeramente descritas a finales del siglo XIX (Duval-Jouve, 1872) y que pueden considerarse diagnósticas en *Cyperaceae*. En este caso, la cercanía de ejemplares de *Carex paniculata calderae*, como especie vinculada a los puntos húmedos de Las Cañadas, en conjunción –también en el caso del cauce de El Riachuelo– con *Mentha longifolia* propia de la asociación *Mentha longifoliae-Caricetum calderae* (Wildpret & Martín, 2000) justifica la presencia de este parte del registro microfósil.

Otro grupo detectado lo constituyen formas globulares o ligeramente elipsoides, huecas y con una apertura en sus paredes, con un tamaño que no alcanza 20  $\mu\text{m}$ . Estas formas silicificadas presentan una apertura, no son completamente cerradas, por lo que se asemejan a las estructuras del mesófilo presentes en las hojas de *Mentha longifolia*, especie también representada en los alrededores inmediatos de la poza en cuestión.



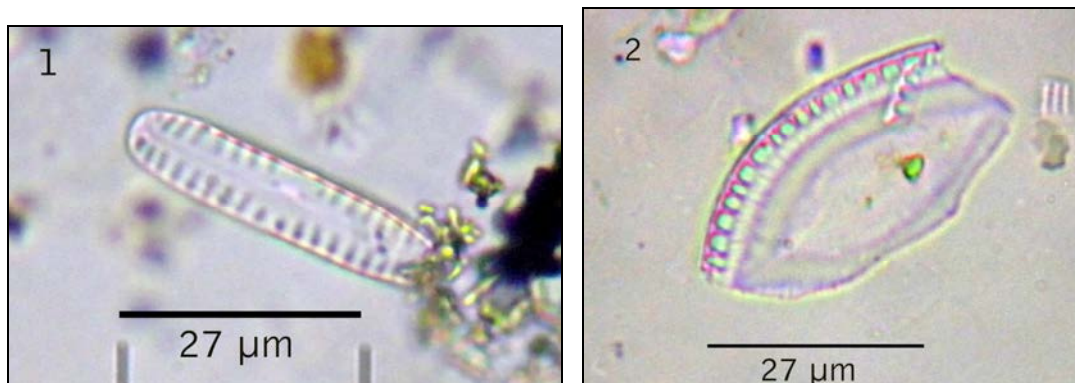
**Figura 527** (Izqda.), Silicofitolito alargado y ornamentación equinada.  
**Figura 528** (Drcha.), Silicofitolito en forma de plaqueta con conos y satélites apuntados. Ambas: 600x.

El registro de silicofitolitos detectado confirma las diferencias existentes en las características de ambos puntos, también en cuanto a vegetación hidrófila presente en ambos. Mientras que en El Riachuelo existe este tipo de vegetación, en toda la zona circundante no-anegada permanentemente de la poza, en la galería de El Cedro ésta solamente se encuentra en los laterales externos de dicha estructura, en lo que constituye la bocamina de ésta. Quizá por ello, y por hallarse en el segundo caso a contracorriente, los restos de plantas hidrófilas existentes se depositarían hacia el exterior, tendiendo alejarse del sedimento más cercano a dicha entrada. Por el contrario, en El Riachuelo la vegetación circundante inmediata deposita sus restos en la propia poza, yendo a parar al paquete sedimentario acuático, que junto con los restos de microalgas formarían un registro más diversificado –en microfósiles– que en el caso de El Cedro.

#### Fuente de La Piedra.

El sedimento de la Fuente de La Piedra ha permitido poner en marcha el mecanismo de desvelar –a través del análisis microfósil– el interrogante de si un enclave natural funcionó como fuente en el pasado, dado que en la actualidad no presenta, salvo por la evidencia real de la vegetación hidrófila contextual –y los restos arqueológicos asociados– rasgos estructurales propios

del emplazamiento de una fuente de carácter histórico<sup>44</sup>, como podría ser cierta adecuación del lugar<sup>45</sup> o una mínima acumulación de agua.



**Figura 529** (Izqda.), Diatomea del género *Navicula*. **Figura 530** (Drcha.), Fragmento de diatomea del género *Surirella* sp. Ambas 600x.

Dicho sedimento presenta valvas de diatomeas pennadas, en su mayoría correspondientes al género *Diploneis* sp., silicofitolitos en algunos casos de gran tamaño y muy escasa representación de quistes de resistencia de crisofitas (**Figuras 529, 530, 531**). La característica de sedimento anegado queda atestiguada, al menos en el pasado, por el abundante registro de diatomeas pennadas, donde pueden identificarse hasta cuatro especies, en principio de géneros diferentes. La predominancia de *Diploneis* sp. es muy alta, tratándose en este caso de una de las pocas especies dulceacuícolas dentro de un género mayoritariamente marino. En Las Cañadas se constituye como el segundo punto donde ha sido localizada, ya que igualmente está presente en la Galería de El Cedro, en concreto en su interior, donde comparte protagonismo con una diatomea de gran tamaño (>100 µm) del género *Pinnularia* sp.

En cuanto a la evidencia de crisofitas, sus quistes se encuentran presentes de la misma forma aislada que las valvas de diatomeas y silicofitolitos, quizás como evidencia directa de la baja tasa de depósito de las últimas décadas. Sin

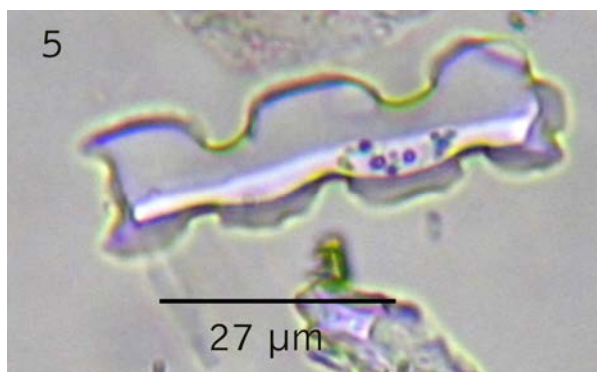
<sup>44</sup> Sin por ahora disponer de elementos arqueológicos que lo atestigüen, la tipología de la fuente y sobre todo su localización espacial en un contexto, que sí ofrece abundantes vestigios de época aborígen (Cañada Blanca y Cañada del Capricho), permite retrotraer —al menos como hipótesis— los planteamientos de Cuscoy hacia la etapa prehispánica, en la que también los pobladores estivales se servirían del escaso pero constante cauce existente en este punto húmedo.

<sup>45</sup> Todo ello teniendo en cuenta el concepto y tipología de fuente en un contexto natural, que se ciñe quizás más a la percepción del mundo ganadero y al ámbito de la montaña, al que hay que acudir para entender ambos aspectos, y no tanto a la concepción urbana y moderna de una fuente. Por sus especiales características, concepto y tipología debe entenderse —dado que se trata de emplazamientos históricos sin más rasgo distintivo que el otorgado por la tradición oral— que estamos ante lugares naturales antropizados, de dilatada historia aunque difícil percepción visual, y por tanto elementos propios, originales y profundamente importantes para una investigación arqueológica. No debe extrañar pues que, desde una perspectiva microfósil y microarqueológica, su estudio resulte de sumo interés.

embargo, al menos una morfología de quiste/estomatocisto de crisofita introduce algunos cambios en los registros locales. Se trata de un quiste esférico, de pequeño tamaño ( $<15 \mu\text{m}$ ), con superficie completamente cubierta de pequeños salientes apuntados o equinada que parece presentar un pequeño apéndice curvado, quizá vinculado al collar o bien a espinas aisladas, particularidades que no han podido ser apreciadas al microscopio óptico (**Figura 531**). La similitud con el estomatocisto S035 descrito por Pla (2001) permite proponer que se pueda adscribir al género *Mallomonas* sp., al que se vinculan especies descritas como tolerantes a condiciones frías. Pero sin seguridad al respecto, dado su pequeño tamaño y la baja definición obtenida.



**Figura 531**, Estomatocisto/Quiste en La Fuente de La Piedra, junto a silicofitolito de célula larga trapezoidal. 600x.



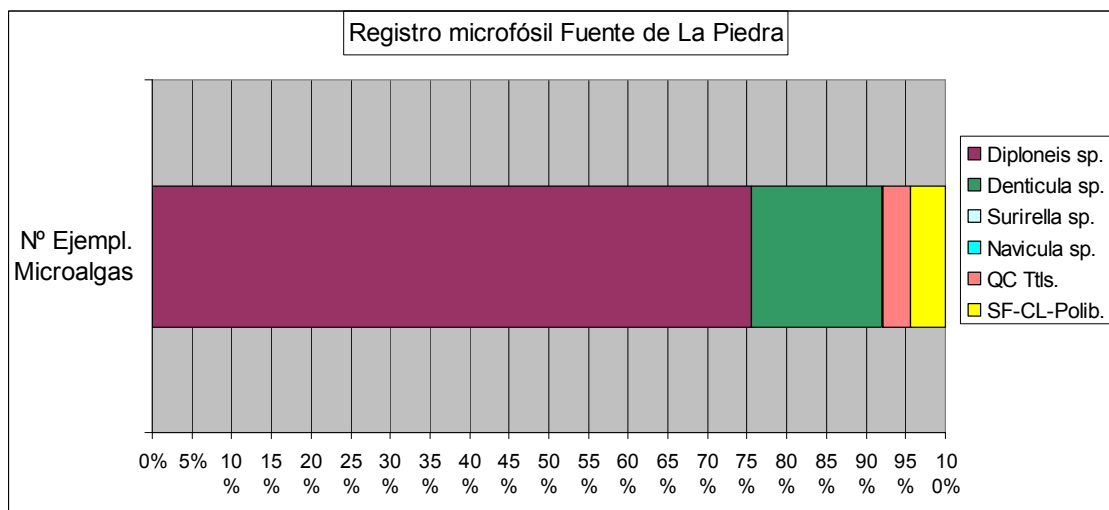
**Figuras 532-533**, Fitolitos de células bilobulados y polilobulados. Ambas 600x.

#### Fitolitos en la Fuente de La Piedra.

El registro de fitolitos puede considerarse inusual para un enclave donde aparentemente no existen condiciones propias para la acumulación de los mismos, dado que no se trata de una fuente abierta *in strictu sensu*, sino una zona donde el agua afloraba formando –de forma hipotética– una mínima lámina. Junto a un escueto acondicionamiento de bloques, se lograría que ésta se remansase como para poder ser extraída mediante determinados tipos

de recipientes. Los fitolitos, vinculados inicialmente a la flora local, son en su mayoría de células cortas bilobuladas/bilobadas (Figura 532) y trapezoidales polilobulados (Figura 533).

El cuantitativo realizado sobre preparaciones completas indica que las mayores concentraciones corresponden a valvas de *Diploneis*, seguidas por *Denticula*, quistes de crisofitas y fitolitos, siendo las valvas más escasas las de *Surirella* y *Navicula*, pese a ser en el primer caso de las morfologías más emblemáticas, inapreciables en el cómputo global, dado que las del primer género superan 1000 ejemplares por preparación confeccionada con 500 ml. (Gráfico 80).



**Gráfico 80**, estimación porcentual de los grupos microfósiles más representados en las muestras.

#### Fuente de Los Chupaderos (Montaña de Las Vacas, Izaña).

Aparentemente situada fuera del contexto de Las Cañadas del Teide, ya que en realidad se localiza a varios kilómetros de la zona de actuación y cercana a la zona de Izaña, la Fuente de Los Chupaderos presenta un aspecto y contexto netamente diferente a las fuentes de la zona de los circos de Las Cañadas.

El registro microscópico de su sedimento es el que menos atestigua la presencia de agua, no al menos bajo los tipos detectados en los anteriores enclaves citados. No se detectan ninguno de los microfósiles anteriormente descritos, aunque sí microfragmentos de carbón.

#### Puntos Húmedos Altos: primeras impresiones sobre su registro microscópico y de fracciones edáficas finas.

Los que hemos denominado, por razones de identificación y diferenciación de/entre zonas con aportes hídricos naturales, como **Puntos Húmedos Altos**, son una serie de enclaves, con características similares que se localizan por encima de la cota de los 3.000 m.s.n.m. (Figura 534). En este caso se trata de depresiones, u oquedades, que pueden distinguirse entre un paisaje caótico de bloques lávicos, la mayoría de ellos de gran tamaño, y que parecen presentar una leve factura antrópica, hecho confirmado con la presencia de materiales arqueológicos aislados que, como algunos fragmentos cerámicos, ya habían sido citados con anterioridad (Bravo, 1999). La factura de estos



fragmentos parece indicar claramente que se trata de industrias cerámicas aborígenes<sup>46</sup>, aunque no suceda lo mismo con la totalidad de los materiales detectados, como los fragmentos de madera con restos metálicos localizados en las inmediaciones de otro de los mencionados puntos<sup>47</sup>. En todo caso se trata de enclaves localizados en zonas altas del propio conjunto Teide-Pico Viejo (**Figura 536**) y que constituyen un conjunto de excepción, tanto por su tipología como por su posible significado en la estructuración de lecturas sobre el aprovechamiento hídrico por parte de los aborígenes que ocuparon las Cañadas del Teide. Presentan una tipología muy específica, consolidándose como oquedades —insertas en cierta depresión del terreno<sup>48</sup>—, claramente perceptibles a simple vista entre un paisaje caótico de bloques lávicos. Las características del sustrato, que engloba los tres puntos muestreados, son muy similares. Se trata de acumulaciones de partículas gruesas en el fondo de una serie de depresiones, con respecto al contexto circundante— conocidos como “pozos de la nieve” y que cumplieron la función, en época histórica de abastecer de hielo a las poblaciones de La Orotava y Santa Cruz de Tenerife (Arnay, 2000; Méndez, 2000).

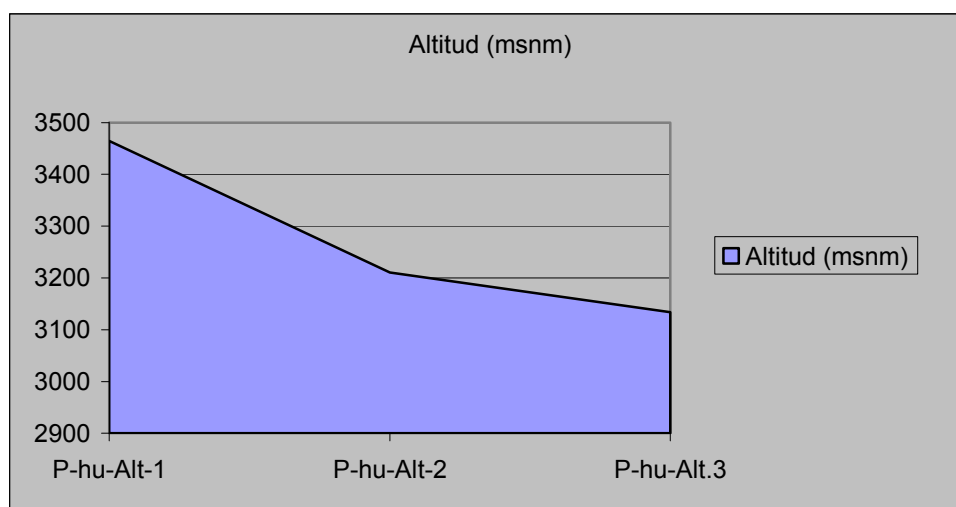
---

<sup>46</sup> En concreto del Grupo II designado propuesto y descrito por Arnay (Tesis doctoral, 1982).

<sup>47</sup> Aunque la presencia de estos materiales no guarda relación directa con los objetivos de este trabajo, al respecto de las actividades de época aborígen en la zona, sí que es importante observar que los mismos tienen un valor intrínseco en cuanto a funcionar como evidencias de una amplia secuencia histórica. Me gustaría llamar la atención sobre la perspectiva de un aprovechamiento de los recursos hídricos donde intervienen las indudables potencialidades del medio, pero además las estrategias desplegadas por las poblaciones implicadas en su explotación. Tanto en época aborígen, como en las sucesivas etapas posteriores, Las Cañadas del Teide fueron un punto más de las actividades de subsistencia de los habitantes de Tenerife al tratarse de un espacio rico en determinados recursos naturales, los cuales hubo que explorar, observar y conocer, y probablemente transformar en ciertos sentidos, para adaptarlo a las actividades y necesidades humanas. La relación que pretendemos establecer no es sólo de la un espacio con serias limitaciones climáticas, y de otro tipo, con los grupos humanos, sino un espacio que se controló y probablemente modificó, como ocurre con los puntos húmedos, aunque sin constancia macroscópica evidente, siguiendo criterios específicos de aprovechamiento comunal. En todo caso, este estudio preliminar busca ser la antesala de estudios posteriores, que tengan en cuenta las posibles variaciones en la flora de microalgas a lo largo de toda la secuencia de deposición de sedimentos acuáticos. En este punto el estudio de las diatomeas es altamente recomendable, dado que experimentan —por géneros y especies— cambios en su desarrollo, siendo especialmente sensibles a la eutrofización del sistema por intervención humana (eutrofización antrópica), diferente a la natural (eutrofización natural), (Hickman *et al.*, 1990). Aunque para realizar dichos estudios habría que diseñar una estrategia de muestreo de cada lugar susceptible de depósito de las mismas y posteriormente el análisis de la columna obtenida (secuencia vertical de depósito).

<sup>48</sup> No debe descartarse que dicha depresión sea una consecuencia del aprovechamiento histórico de estos puntos, que ha supuesto su ampliación para facilitar las labores de obtención de nieve/hielo; aunque cosa distinta sea evaluar, desde esta percepción arqueológica, la existencia de la oquedad que permite la conservación de los mismos desde época prehistórica.

Se trata de enclaves espaciales muy concretos, que resulta difícil de reconocer sobre el terreno, si no se contara con el conocimiento de la zona por parte del equipo Arnay-González. La morfología de estos puntos, una vez observado el primer ejemplo (PH-Alt-1), se presenta como una oquedad donde parecen haberse retirado bloques en el interior<sup>49</sup>, facilitando un mínimo acceso, probablemente y únicamente de una persona, a la zona de acumulación de nieve. En uno de los casos estudiados la amplitud externa del enclave permitía la presencia de varias personas alrededor<sup>50</sup> del mismo, mientras que en otros, donde aparece cerámica aborigen asociada, el acceso actual era siempre unipersonal –al menos si se tiene en cuenta la percepción espacial actual–.



**Figura 534.** Situación de los Puntos Húmedos Altos.

En unos casos el acceso a los mismos es relativamente fácil dada la amplitud de su perímetro, en otros se hace necesario destrepar para acceder a los mismos obligando, sus reducidas dimensiones, a adoptar una postura erguida, casi sin posibilidad de acceder a su parte más profunda. En todo caso su profundidad, con respecto al nivel, más o menos horizontal del terreno, no parece superar los 2 metros (**Figura 535**). La morfología de los mismos es más o menos circular, estrechándose a medida que se intenta acceder a su final donde, a mediados del mes de julio aun es posible encontrar restos de nieve endurecida. En las prospecciones realizadas no se ha podido describir otros paquetes sedimentarios en los mismos que los muestreados, de escasos

<sup>49</sup> Quizá se trataba en origen de una disposición natural del terreno, de bloques caóticos, que presentaba condiciones para que existiese una pequeña llanura o terraza de menos pendiente, que facilitaba la acumulación de nieve y que ésta, por su peso, tendiera a formar una pequeña superficie, de moderada profundidad, helada. Dicha acumulación se mantendría hasta entrado el verano, en función de los rigores invernales anuales, e iría restringiéndose a la oquedad estudiada durante las prospecciones arqueológicas realizadas entre 2003-2007 (Inventario Arqueológico del Parque Nacional del Teide, Parques Nacionales).

<sup>50</sup> Particular comprobado durante las labores de prospección en la que colaboraron compañeros de la disciplina arqueológica.

centímetros de espesor. Estos se localizan en la parte más baja de dichas oquedades, allí donde el soporte de rocas, en su unión, permite la acumulación de partículas finas.

En otros casos es perceptible un ambiente de cierta humedad edáfica, que se constata con la observación de manchas de humedad en el sustrato más fino, e incluso con la aparición de vegetación briofítica, de tipo muscinal, de muy escaso desarrollo.



**Figura 535**, Punto Húmedo Alto 2, con señalización de la zona muestreada.

El posible sustrato edáfico del interior de estos enclaves, donde se procedió a la toma de muestras, se reveló muy escaso, de textura gravosa-arenosa al tacto. Donde fue posible se extrajeron muestras aleatorias, recogidas con espátula en recipientes estancos, procurando tomar especialmente las fracciones más finas—cuando ello fue posible— y constatando la escasez del depósito sedimentario existente. Dicha escasez, aunque se trate de enclaves relacionados con el aprovisionamiento de agua, debe ponerse en relación con

la nula capacidad del sustrato –formado por bloques caóticos y soporte geológico inestable– para servir como recipiente natural, al menos de agua en estado líquido; lo cual ha sido corroborado durante las tareas de campo al observar, todos los puntos detectados, que se trata siempre de zonas de acumulación de nieve en mayor o menor estado de compactación. Por ello no se localiza un depósito sedimentario con potencia similar a cualquier entorno húmedo del tipo de pozas, charcas o pequeños arroyos, ya que el sustrato –formado por bloques de gran tamaño– dificulta la formación de un depósito similar.

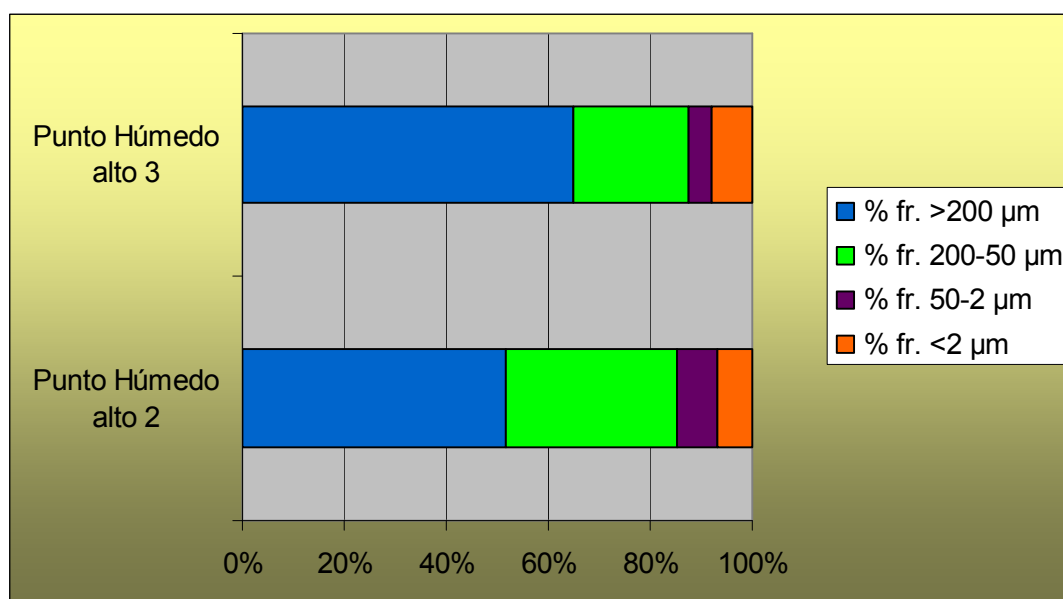


**Figura 536**, Contexto geográfico y geológico inmediato a los Puntos Húmedos Altos. J.A.

Las primeras analíticas realizadas, a las muestras recogidas durante el verano de 2006 en la zona, pusieron de manifiesto algunos datos de interés, como aquellos relacionados con las características del registro existente en el depósito de fracciones finas de estos puntos (**Gráfico 81**). La primera impresión que se desprende de la observación de las gráficas, correspondientes a ambos puntos, es su similitud en cuanto a comportamiento tras la aplicación de reactivos oxidantes y ácidos, así como de composición granulométrica. La pérdida de peso, asociada a la oxidación de materia orgánica, permite evaluar lo escaso de ésta, a nivel preliminar, situándola entre el 6,08 y 11,22 % de las muestras, mientras la presencia de carbonatos, por oxidación ácida, (HCl+HNO<sub>3</sub>) queda limitada entre 3,23 y 4,70 %. Por su parte, los valores de las fracciones granulométricas menos finas están encabezados por las arenas >200 µm, situándose entre 51,63 y 64,88 % mientras, en las arenas 200-50 µm, se obtienen valores entre 33,68 y 22,49 %,

aunque ya se trata de la primera fracción con posible significación en cuanto a contenido en microfósiles silíceos.

La escasa fracción de limos (50-2  $\mu\text{m}$ ), que ocupa entre 4,62 y 7,89 % del total de la muestra, es algo inferior a la de las arcillas, que presentan valores ligeramente superiores a estos, entre 6,80-8,01 %. En líneas generales nos encontramos con sustratos con escasa presencia de materia orgánica y carbonatos, como cabría pensar con una simple observación del entorno, al menos para el primer parámetro<sup>51</sup>. Su textura está compuesta básicamente por arenas >200  $\mu\text{m}$ , mientras que las fracciones finas, de interés microfósil, que sólo son moderadamente abundantes en las arenas 200-50 micras que supera, en uno de los casos, el 30%, mientras que la otra muestra supera ligeramente el 20%.

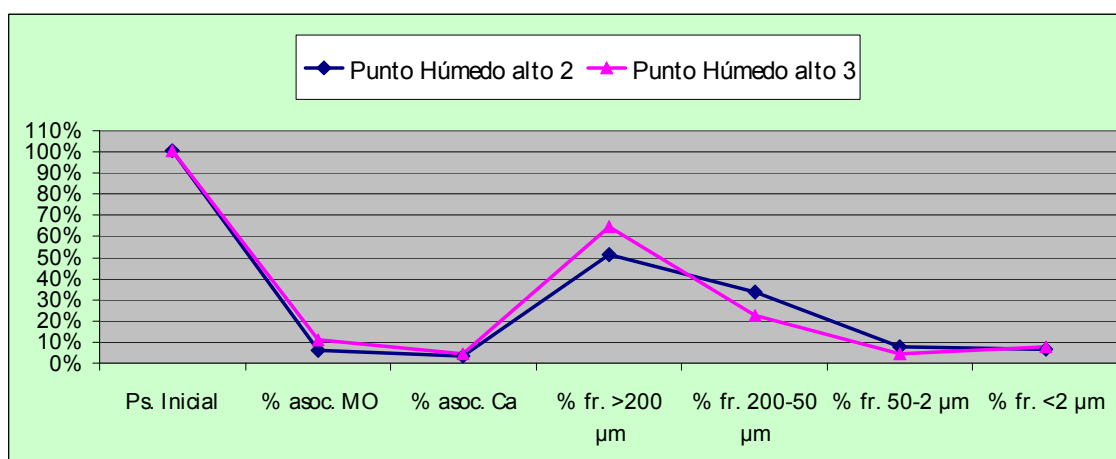


**Gráfico 81**, Composición de las fracciones granulométricas en los Puntos Húmedos Altos. J.A.

En una lectura preliminar, ante la preeminencia de los elementos gruesos, podemos hablar de un sustrato con escasa actividad, de baja superficie específica y manifiesta resistencia a la meteorización, de la cual en buena parte corresponden a frecuentes procesos de crioclastia. Lo cual no deja de ser el reflejo material de las condiciones áridas y frías propias de un ambiente de alta montaña (>3.000 m.s.n.m.), donde inciden en menor medida las transformaciones químicas. Su comportamiento, en base a estos datos, sería el ya descrito por Porta *et al.* (1999), planteando que estos suelos/sedimentos incipientes funcionarían como un tamiz frente al agua, a la que no pueden retener.

<sup>51</sup> La zona donde se llevaron a cabo los muestreos no presenta ningún rastro de vegetación superior, localizándose, sus ejemplares más inmediatos, en la zona de transición situada entre la parte baja del cono somital del Teide y la que enlaza con el cráter de Pico Viejo, donde ya pueden observarse ejemplares aislados de herbáceas.

Las analíticas confirman la similitud entre ambos puntos, como puede apreciarse en las tendencias gráficas (Gráfico 81 y 82), aunque con apreciables diferencias en contenido en materia orgánica y fracciones  $>200\ \mu\text{m}$  y  $200-50\ \mu\text{m}$ , y situarse a cierta distancia, pero en cotas y contextos ambientales muy similares. Este hecho parecía confirmar la idoneidad del muestreo selectivo realizado, y las características del enclave escogido para llevarlo a cabo, algo que, si se observa el paisaje, parece lejos de ser posible, a juzgar por lo caótico de su disposición. Ante tales evidencias, no cabía esperar la presencia de restos de flora en los sedimentos, ya no sólo por la casi inexistencia de sustrato, sino por las características de éste. No obstante, la existencia de una escasa concentración del mismo, en las zonas más bajas de los mencionados enclaves, permitía al menos contar con muestras para evaluar algunas propiedades edáficas como la textura, y ateniéndonos a la constatadas condiciones de humedad en el interior de estos puntos, como a la fuerte insolación que se produce en cotas tan altas, también de un posible registro de microalgas.



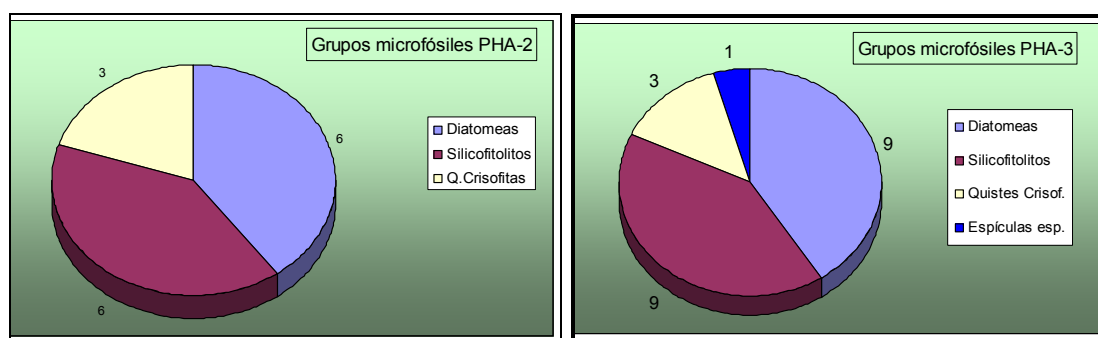
**Gráfico 82,** Curva acumulada de los porcentajes asociados a materia orgánica (MO), carbonatos (Ca) y fracciones granulométricas. J.A.

### Registro microfósil de los Puntos Húmedos Altos (2 y 3).

Como principal motivo de todo el mecanismo analítico, desplegado sobre estos especiales materiales sedimentarios, se comprobó —tras la aplicación de mismo— como se obtenía una visión nítida de su registro microscópico. De este modo, tras eliminar en la medida de lo posible la fracción arcillas mediante gravimetría, se realizaron preparaciones siguiendo el método enunciado por Bárcena (1994), lo que supone poder llevar a cabo una observación sobre los elementos microscópicos incluidos en la totalidad de fracciones susceptibles de contener microfósiles, excluyendo la  $<2\ \mu\text{m}$ . En definitiva las observaciones microscópicas se realizan en un rango de partícula situado entre  $\pm 700$  y  $2\ \mu\text{m}$ .

Ambos sedimentos difieren entre sí con respecto a concentración y diversidad de microfósiles vegetales, siendo muy importante en el Punto Húmedo Alto 3 con respecto al Punto Húmedo 2. Dada la relevancia de las valvas de diatomeas en ambos, con respecto a otros microfósiles mucho menos representados como silicofitolitos y quistes de resistencia de algas crisofitas, la primera impresión es estar ante un sedimento afectado por

condiciones hídricas eventuales que no parece haber sufrido procesos de eutrofización. De hecho parece impensable, dadas las características del sustrato muestreado —formado por escasos gramos de sedimentos entre bloques pétreos y nula estanqueidad—, que allí existiera un encharcamiento de agua. Sin embargo el registro de microalgas, aunque escaso, indica aspectos contradictorios a la naturaleza del sustrato. Y sin duda la situación de alta humedad que refleja tal registro debe asociarse a la producida por el descongelamiento de masas de hielo y nieve, lo cual ofrecería de forma eventual condiciones idóneas para el desarrollo de microalgas de valvas y quistes de resistencia silicificados. A ello nos refiere, sin dudas, el repertorio microfósil de ambos puntos, formado básicamente por valvas y fragmentos de algas diatomeas. Aunque en diversidad los silicofitolitos también presentan una cantidad similar de morfologías (Gráficos 83 y 84), a nivel cuantitativo su presencia puede considerarse episodial.



**Gráficos 83-84**, Número de morfologías microfósiles asociadas a grupos biológicos (Diatomeas, silicofitolitos, quistes de crisofitas y espículas de esponjas) detectados en los Puntos Húmedos Altos 2 (Izqda.) y 3 (Drcha.). J.A.

La conjunción de datos aportados por el análisis granulométrico y los cómputos de microfósiles totales (Gráfico 85) confirma, pese a lo que escaso de éste, que el sustrato muestreado tiene un alto y claro componente biogénico, al estar formado —al menos la fracción correspondiente a los limos (50-2  $\mu\text{m}$ )— por valvas de diatomeas. Si bien éstas son especialmente importantes, ya que confirman condiciones mínimas para su desarrollo, además reflejan —mediante la aparición de unas determinadas especies encabezadas por las de simetría bilateral o *pennales*— un esquema ecológico que podría retrotraerse a varios siglos de antigüedad, al estar relacionado con la propia configuración del mínimo sustrato edáfico que ha sido posible identificar. Sin embargo, habrá que esperar en estudios en detalle de estas peculiares y mínimas columnas estratigráficas, creadas bajo nieve/hielo, para lograr una aproximación cronológica real, dado que los muestreos superficiales —como los llevados a cabo en esta investigación— solamente podrían derivar de los depósitos de microfósiles correspondientes a pocos años atrás (Glew, 1991).

Aunque las cuestiones, en el sentido que vamos a exponer, sean complejas de abordar por el propio carácter experimental y aislado de las prácticas analíticas realizadas, la certeza y rotundidad de los registros microfósiles existentes en los sedimentos de estas zonas pueden llegar a interpretarse en

el contexto del aprovechamiento antrópico de aquellas donde se han desarrollado organismos vegetales microscópicos. Ya que no sólo se han localizado abundantes registros de valvas de diatomeas, sino evidencias directas de la llegada, a esos sedimentos, de otros microfósiles que como los fitolitos obedecen al desarrollo extra e intracelular en varios tipos de plantas. Unida dicha presencia a las de microalgas con posible alteración del microecosistema que permitió, en momentos dados, dicho desarrollo. Efectivamente, no cabe duda de que las especies de diatomeas y quistes de crisofitas localizados, se desarrollaron por incuestionable adaptación al medio, lo que deriva en la presencia de unas especies y no otras. Igualmente cabría la posibilidad de que en esa explotación antrópica del recurso hídrico, probablemente más bajo la forma de hielo y nieve que de agua, se depositaran recipientes en zonas donde podrían colmatarse lentamente, y que quedarán huellas del sustrato donde se hallaba el agua en estado sólido o semi-sólido (nieve en proceso de descongelación). Podría rastrearse la presencia de microalgas de las presentes en el registro natural de la zona, en recipientes prehistóricos recuperados en la práctica arqueológica convencional<sup>52</sup>.

Los microfósiles presentes en *Punto Húmedo Alto 2* son en su práctica totalidad microalgas diatomeas de geometría bilateral (pennales), pertenecientes al menos a tres especies. De forma mucho menos importante aparecen quistes de crisofitas y ejemplos muy aislados de silicofitolitos, de pequeño tamaño y propios de partes aéreas de gramíneas (*Poaceae*), tal que sus células cortas trapezoidales, bilobuladas y células largas lisas. Al respecto de la clasificación taxonómica de dichas morfologías solamente puede confirmarse la presencia de fitolitos de gramíneas —en un entorno donde no existen en la actualidad— de al menos dos subfamilias: *Pooideae* y *Panicoideae*.

Entre las valvas de diatomeas cabe destacar, tanto por su especial morfología y concentración —hasta entonces no detectada en sustratos de cotas más bajas—, las que presentan morfología bilateral (*pennada*), bicapitada y triondulada, con zona central hialina en forma de “lazo” (*bow-tile*) que divide en dos su rafe. Su largo (Eje AB) alcanza las 20 µm y unas 8 µm de alto (Eje C) (**Figura 537**). Con estos datos, la mayor similitud se encuentra con la especie *Navicula obligata* Hustedt [= *Luticola obligata* (Hustedt) D.G. Mann] descrita por Hartley (1996), quien la cita para hábitats de agua dulce. Con respecto al registro descrito por este último autor, únicamente podría coincidir también con *Navicula nivalis* fo. *distinguenda* Hustedt, de menor dimensión en el eje largo (AB), pero igualmente dulceacuícola. Mientras, las descripciones propuestas por Round *et al.* (1990), para el género *Luticola* sp., concuerdan menos en morfología, pese a presentar una especie de tipo bicapitado pero no triondulado, y citando, al género *Luticola* sp., como común en aguas salobres, suelos, ambientes

---

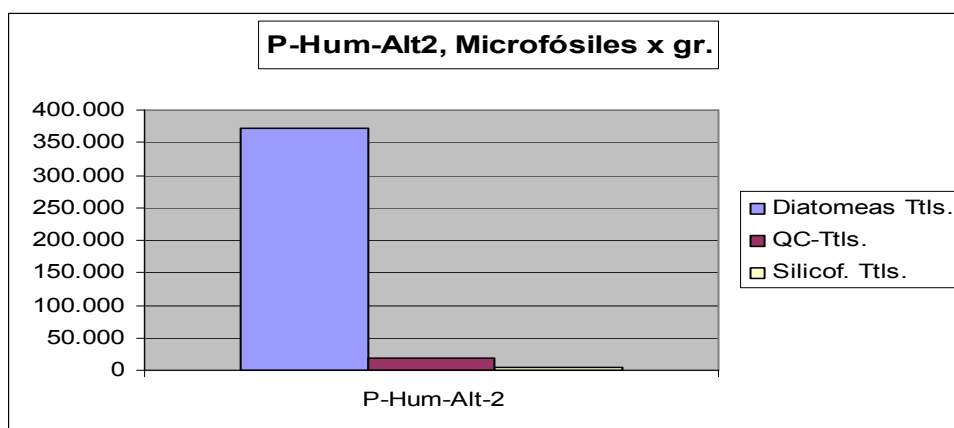
<sup>52</sup> Siguiendo este objetivo se analizaron muestras de residuos existentes en industrias cerámicas depositadas en los fondos del Museo Arqueológico del Puerto de La Cruz (Tenerife), consultar capítulo Resultados 5-IV, Análisis microscópico de residuos en industrias cerámicas de Las Cañadas del Teide.



subaéreos y estuarios, epifítica y formadora de colonias, tanto en agua salobre como dulce.

Quizás el rasgo que más información nos aporte sea también su posible desarrollo sobre rocas húmedas en regiones tropicales, lo cual concuerda más con el tipo de hábitat actual donde ha sido localizada. En este sentido aludimos al esquema ambiental propuesto por Douglas y Smol (1999) al respecto de la flora de diatomeas en el Ártico, y sus variaciones, bien en condiciones frías, sin vegetación, como en condiciones húmedas, donde las especies se adaptarían a desarrollarse sobre musgos (epifíticas).

El género *Luticola* sp. es uno de los que Johansen (1999) relaciona con el escasamente estudiado grupo de las diatomeas de ambientes aéreos. Si nos atenemos al ambiente actual del que proceden las muestras, sin duda se trata de un grupo adaptado a las especiales condiciones del medio de alta montaña de Tenerife, siendo más resistentes a las radiaciones ultravioletas que las especies acuáticas.



**Gráfico 85,** Cuantitativo de microfósiles por gramo de muestra tratada del Punto-Húm.-Alto-2. J.A.

Johansen (1999) plantea además la posibilidad de aplicar, dicha capacidad, como indicador de los cambios en la influencia de tales y altas radiaciones, tanto en las regiones polares como en los desiertos. Igualmente, dicho autor, alude a la importancia de tomar, la presencia de las asociaciones de diatomeas aéreas, como indicador de la calidad del agua, en este caso muy alta, con respecto a lo difícil de hallarla en contextos naturales cada vez más polucionados, aunque para usarla como tal deben llevarse a cabo aun estudios químicos, y del resto de parámetros, asociados al de especies y géneros de diatomeas. Johansen (1999) también describe la presencia de ambos taxones de diatomeas bajo las duras condiciones de los desiertos de América del Sur, en concreto de *Hantzschia amphioxys* f. *capitata* O. Muller y *Luticola mutica*. Por todo ello resulta significativo que ambas estén presentes —aunque solamente reconocidas a nivel de género<sup>53</sup>—, en el registro microfósil de los sedimentos de los Puntos Altos.

<sup>53</sup> Debe tenerse en cuenta la manifiesta limitación de nuestro trabajo en cuanto a identificación precisa a nivel taxonómico de especies de diatomeas y crisofitas. Limitación que obedece primeramente a la elección de los medios técnicos para llevar

Desconociendo si algún día puede llevarse a cabo el estudio de la variabilidad del medio, de la zona alta del Teide, desde el registro de microalgas –aunque siendo totalmente aconsejable–, apuntamos la posibilidad de que las diatomeas de la zona muestreada deben encontrarse adaptadas a dos condiciones básicas, una de ellas la extrema sequedad durante buena parte del año, y la otra el frío intenso en una parte de éste. Las condiciones hídricas deben considerarse episódicas, muchas veces en forma de nieve y/o hielo. Debemos entender que, mediante el muestreo llevado a cabo se recoge el sedimento existente, escaso y difícil de examinar al microscopio por su gruesa textura, se ha recogido la totalidad de microfósiles, y por tanto de microalgas, existente en el mismo. No cabe aquí sino una lectura conjunta de las mismas ya que, de existir una variabilidad estacional, ésta no es abordada en nuestro trabajo. Cabe, eso sí, esperar la posibilidad de estudios posteriores, atendiendo a los requisitos medioambientales de cada una de las especies representadas en el registro, derivando de éstos lecturas sobre posibles cambios, estacionales o el tiempo, de esta zona del Teide. En todo caso la detección del complejo *Luticola-Hantzschia*, y su empleo como indicador de la calidad del agua, entre otros parámetros medioambientales de la zona, no deja de ser sumamente significativa, sobre todo asociándola a la hipótesis, de muy probable positiva demostración, de que los Puntos Altos funcionaban como una reserva de agua potable muy segura para las poblaciones prehistóricas, aunque estuviese –como hemos podido comprobar durante los áridos meses estivales locales–, en forma de nieve/hielo.

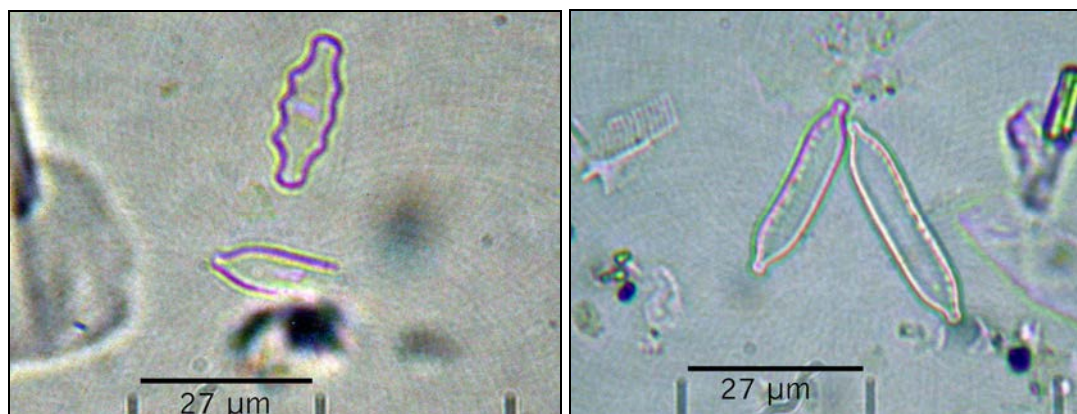
Con respecto a los otros taxones detectados, cabe citar la de otro tipo de diatomea de simetría bilateral, bicapitada (ápices capitados) pero que presenta valvas asimétricas con respecto al plano apical, que pueden ser adscritos a *Hantzschia* sp. (Figura 538), un género ya observada en otros contextos del conjunto de muestras de esta Tesis Doctoral. Efectivamente su singular morfología bicapitada, con valvas asimétricas con respecto al plano apical responden a la denominada, por Round *et al.* (1990), como de simetría *hantzschioide*. Se trataría, también en este caso, de una diatomea muy común en ambientes aéreos, en concreto en suelos (Round *et al.*, 1990) que –como ya se ha citado– puede aparecer formando conjunto con *Luticola* sp. incluso en contextos muy áridos, tanto fríos como extremadamente cálidos. Las características de los morfotipos detectados bien podrían coincidir con las propuestas para *Hantzschia amphioxys* (Hartley, 1996; Round *et al.*, 1990), una especie cosmopolita, común, de forma universal, en suelos. Patrick (1977) cita igualmente, a *H. amphioxys* desarrollándose en los primeros centímetros de este tipo de sustratos, siendo menos habitual en suelos forestales que en campos y suelos de jardines.

---

a cabo el reconocimiento de microfósiles en estos y otros contextos de las Islas. Y es que pese a que el equipo microscópico empleado podía alcanzar una considerable resolución de rutina (600x), sin implicación de la técnica de inmersión en aceite, que supone más del doble de dicha magnificación, no se ha recurrido a la microscopía electrónica. Solamente se llevaron a cabo estudios mediante esta herramienta en el de los registros microfósiles de el Llano de Ucanca del Perfil R-18, realizado por el Dr. A. Guerra (Dpto. Edafología, ULL) empleando los equipos SEM de los Servicios de Apoyo a La Investigación de la Universidad de Salamanca.

Esta especie es citada igualmente por Johansen (1999) como ejemplo de la complejidad del grupo de las de ambiente aéreo siendo, su caso, sumamente interesante en cuanto a requerimientos ambientales, y especialmente a su tolerancia a un amplio rango de pH, que oscila entre el ligeramente ácido (5,6) y el extremadamente básico (8,5). Se trata, no obstante, de una especie rara en suelos ácidos, que presenta concentraciones significativas entre los de pH neutro y ligeramente alcalinos (Johansen, 1999). Como ocurre con *Luticola* sp. (probablemente *L. mutica*, Kütz.), *H. amphioxys* parece una especie ausente, o rara, en ambientes estrictamente aéreos y sustratos líticos pseudoaéreos. Pero, como veremos, la diversidad de ambientes donde ha sido detectada *H. amphioxys* nos indica que aunque éstos parecen acotados en cuanto a unas determinadas condiciones ambientales, existe en ella un parámetro de diversificación ambiental que no puede pasar desapercibido.

Efectivamente, Gaiser & Johansen (2000), también describen a *H. amphioxys* en sedimentos de zonas inundadas de la Bahía de Carolina del Sur (U.S.A.). Y según estos autores, Hustedt (1930) la cita como generalizada en pozas y lagos, y Bock (1952) lo hace como tolerante a los ambientes aéreos. Se trataría, como ya se ha mencionado, de una especie con un óptimo de pH ácido, situado alrededor de 5,3 puntos.



**Figura 537** (Izqda.), Grupo de especies de diatomeas dominantes en Punto Húmedo Alto 2, en la parte superior ejemplar perteneciente al género *Luticola* sp. y fragmento de *Hantzschia* sp. **Figura 538** (Drcha.), Ejemplares de *Hantzschia* sp., especie dominante en el sedimento del Punto H. Alto 2. Ambas: 600x. J.A.

Un tercer grupo de diatomeas detectado, corresponde a una forma de simetría radial (céntrica), valvas circulares, pequeño tamaño y morfología similar al presentado por *Aulacoseira* sp. (ant. *Melosira* sp., Hartley, 1996). En este caso se trata de un género ya detectado en numerosas muestras de las Islas, entre ellas las de polvo africano en suspensión (*calima*) (Afonso, 2004a). Para Zalat (2000) se trata, en contextos africanos, de una diatomea planctónica, de agua dulce, alcalinófila, limnófila, común en lagos alcalinos<sup>54</sup>.

<sup>54</sup> Y característica de contextos continentales como los del Río Nilo (entre otros), en concreto de la especie *A. granulata*, cuya ausencia/presencia permite comprobar los cambios acontecidos, a nivel paleoambiental, en el lago Manzala, uno de los contextos

Este particular es sumamente esclarecedor, ya que en las observaciones realizadas sobre fangos del Nilo, recolectados en la zona de Aswan, el microfósil más común —en altas concentraciones— son precisamente incontables valvas de *Aulacoseira* sp.<sup>55</sup>, **Figura 539** extremo izquierda.

En todo caso, las concentraciones, de esta diatomea en la zona alta del Teide, son poco significativas, restringiéndose a valvas aisladas, por lo que no puede descartarse tampoco un desarrollo alóctono al depósito sedimentario de los puntos húmedos altos, desde zonas muy diferentes a los mismos<sup>56</sup>. Pero en todo caso su presencia, de estimarse como autóctona haría referencia a agua dulce, características similares a las descritas para el género.

No obstante, de tratarse de una especie similar a *A. italica* (Ehremberg) Simonsen, sería propia en zonas de lagos del litoral y pequeñas acumulaciones de agua, con vegetación herbácea que pudieran desecarse regularmente. Su óptimo de pH se situaría también en valores ácidos (5,7). En este punto las lecturas sobre su presencia pueden orientarse a su llegada desde zonas desérticas costeras del continente africano, insertas en el conjunto de partículas —en su mayoría minerales— conocidas como *calima*, o *polvo sahariano*, que son arrastradas, en determinadas condiciones atmosféricas, hacia el interior del Atlántico (Criado & Dorta, 2003; Dorta, 2005; entre otros). Por el momento, salvo su presencia aislada en los sedimentos de la Iglesia de La Concepción<sup>57</sup> (Santa Cruz de Tenerife), no se han detectado

---

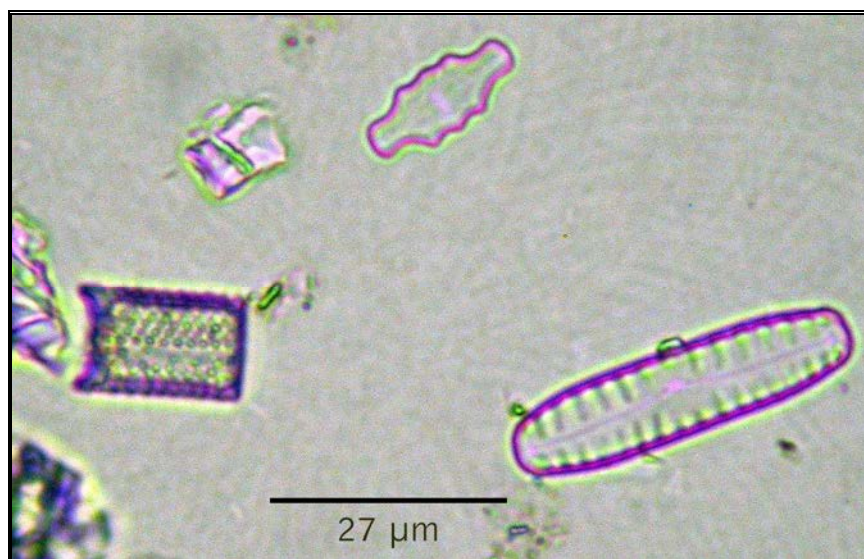
medioambientales donde pueden evaluarse las consecuencias de la apertura de la presa de Aswan. En ese caso Zalat refiere que el registro de *Aulacoseira granulata* se encuentra concentrado en la parte de baja de los sondeos de sedimento, vinculado a condiciones eutróficas de agua dulce, cuando se desarrollaban en un medio de baja concentración de sílice en suspensión. Las secuencias posteriores muestran como se produce una rápida sucesión (en términos sedimentológicos) de *A. granulata* por otras especies, más adaptadas a las nuevas condiciones ambientales. En los sedimentos de los sondeos más actuales se encuentra escasamente representada.

<sup>55</sup> Sedimentos tomados de la ribera del Nilo a su paso por Aswan, por el equipo dirigido por el Dr. Molinero (ULL). El muestreo de estas zonas se ha llevado a cabo en virtud del interés por contextualizar el emblemático medio natural del Valle del Nilo, con el objetivo de llevar a cabo posteriores estudios de naturaleza arqueológica relacionada con materiales sedimentarios y de industrias de época antigua.

<sup>56</sup> Debemos puntualizar que aquí debe asumirse la metodología empleada, que no incluía —entre otras cosas por la escasez de sustrato—, un muestreo estratigráfico preciso, que hubiese aconsejado en todo caso el empleo de un sistema de sondeo de muy pequeñas dimensiones, algo que aun es posible realizar, dado que no se extrajo la totalidad del sedimento existente. No obstante, creo que al no tratarse de un sustrato con base sólida —en realidad son bloques inestables de grandes dimensiones sujetos a la dinámica volcánica del lugar—, las posibilidades de un muestreo son escasas, aunque posibles.

<sup>57</sup> Planteamos que en este caso la presencia de este género estaría relacionado con la inmediata presencia del cauce del Barranco de Santos, donde responderían a acumulaciones en sus sedimentos en épocas de mayor circulación hídrica. A este respecto deben esperarse futuros estudios estratigráficos porque, dados estos indicios, aportados por el estudio sedimentológico de microfósiles en el sustrato de las fosas de inhumación del siglo XVIII, es más que posible, aunque sumamente complejo en función del grado de urbanización de la zona, establecer secuencias paleoclimáticas de la que fue zona prehistórica del Santa Cruz de Tenerife actual.

concentraciones de este tipo de diatomea en ninguno de los puntos húmedos estudiados, tal y como ocurre –como emblemático ejemplo– con el registro microfósil de los sedimentos del Río Nilo a su paso por Aswan, basado, casi en exclusividad, en valvas y fragmentos de *Aulacoseira granulata*<sup>58</sup>. En todo caso su carácter eminentemente planctónico en origen, obliga a plantear la existencia en contextos edáficos y arqueológicos de condiciones hídricas, con cierta columna de agua como para permitir su desarrollo, aunque obviamente tras descartar que ésta obedezca a procesos tafonómicos que hayan propiciado su traslado desde las zonas de desarrollo, que en todo caso siempre habrían tenido una masa de agua considerable.



**Figura 539**, Conjunto de diatomeas presentes en el P-Húm-Alt-3. 600x. J.A.

El cuantitativo microfósil del Punto 2 ofrece una idea clara de los microfósiles dominantes en el escaso sedimento existente en la zona (**Gráfico 86**), donde la mayoría de estos son valvas de diatomeas del tipo *Hantzschia* sp. (prob. *amphyoxis*), seguidas del tipo *Luticola* sp. y de forma mucho menor por quistes de crisofitas y silicofitolitos, estando, éstos últimos, únicamente

<sup>58</sup> No obstante, pese a no haber hallado aún ningún ecosistema húmedo en las Islas que presentara, en su registro microfósil en sedimento, un desarrollo de *Aulacoseira* sp. similar al detectado en el Río Nilo, no puede descartarse su existencia, aunque hasta el momento no se encuentre descrita. Debe tenerse en cuenta lo limitado del conjunto de muestras, al respecto del estudio de zonas húmedas, que nos han servido como materiales de referencia, aunque es cierto que, a nivel actual, no abundan en Canarias aquellos que permitieran tener un comportamiento similar a los cauces, y extensiones costeras inundables, de barrancos africanos (*wadis*), donde suponemos se produce un desarrollo masivo de éste género y que permite, tras la desecación estival de tales cauces y extensiones lacustres/lagunares, que se vean afectados por el proceso atmosférico que, finalmente, ocasiona las invasiones de aire sahariano sobre grandes extensiones del Océano Atlántico, también de las Islas Canarias. Deben esperarse, para el seguimiento y confirmación arqueobotánica al respecto del significado de la presencia de dicho género, posteriores estudios de complementación y verificación limnológica.

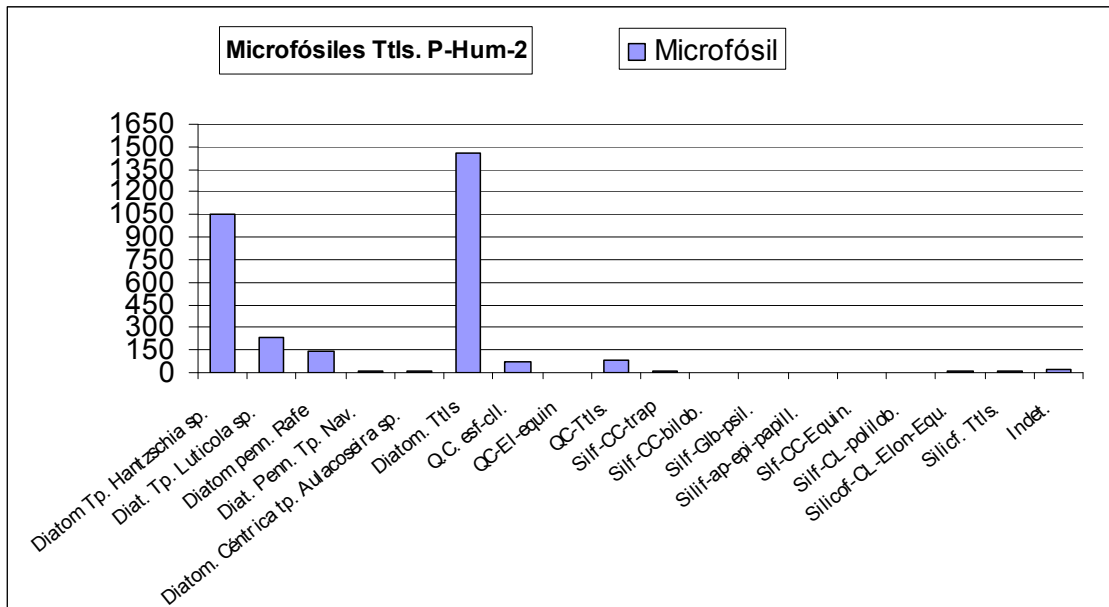
presentes a nivel de indicios. No obstante, existen diferencias sustanciales entre el registro microfósil del siguiente Punto Húmedo Alto, el 3. En este caso difieren tanto la concentración de valvas por preparación y gramo de muestra, como la composición del registro de microalgas.

Las interpretaciones, sobre la presencia de silicofitolitos, resultan en este caso muy claras, ya que únicamente puede hablarse de una acumulación episódica de tejidos vegetales pertenecientes a la familia *Poaceae*, detectándose especialmente los de hojas y tallos. No parece posible aquí hablar de pérdida del registro por motivos de disolución química, aunque un morfotipo concreto parece presentar evidencias de la misma, sino en todo caso —de existir una deposición no detectada— por procesos migratorios hacia zonas profundas del grueso sustrato que se observa como superficial. En todo caso tampoco puede descartarse el desarrollo puntual de gramíneas, aunque de nuevo el soporte juega aquí un papel fundamental y limitador, al menos desde la posición biológica y arqueobotánica actual, para que éste se hubiese producido. Los morfotipos detectados (células cortas polilobuladas, bilobuladas y de tipo únicamente permiten hablar de taxones *Poaceae* de las subfamilias *Pooideae* y *Panicoideae*, bien representada, en el primer caso, en la flora local de Las Cañadas del Teide, pero no en el segundo de ellos.

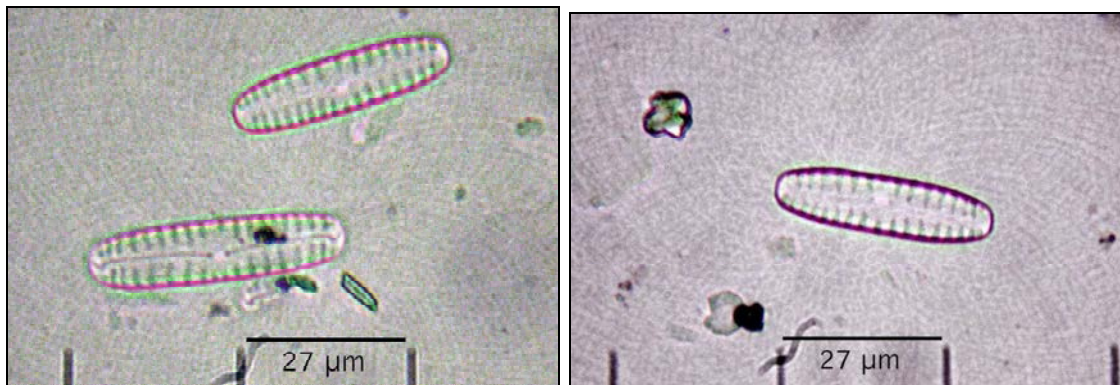
Tanto en el caso 2 como en el 3, y especialmente en éste último, se aprecia la existencia, ya ratificada en los Puntos Húmedos de cotas más bajas, de altas concentraciones de microalgas, tanto como para caracterizar, a los sedimentos que las contienen, como marcadamente biogénicos, dado que como se menciona al respecto de su textura, las fracciones finas (especialmente los limos) se encuentran escasamente representadas. Hecho que confirma la lectura anterior, ya que las diatomeas detectadas no superan, en su eje apical, las 45  $\mu\text{m}$ , es decir se encuentran dentro del rango de partícula de los limos (50-2  $\mu\text{m}$ ). Efectivamente, en el **Punto Húmedo 3** se observa una mayor concentración de valvas de diatomeas, variando el registro de especies de las mismas, aunque no el grupo dominante, que sigue siendo el de las de simetría bilateral (pennales), pero diferente en cuanto a adscripción taxonómica (**Gráfico 86**). Es muy patente, en estas muestras, la escasez de partículas minerales con respecto a la de valvas de diatomeas.

Los grupos morfológicos representados en este caso superan los del PHA-2, aunque con predominancia siempre de las morfologías bilaterales, apareciendo, al contrario que en éste, al menos una morfología simetría céntrica y existiendo, no obstante, una variación con respecto a la adscripción taxonómica de las primeras. En todo caso la especie más representada deja de ser *Hantzschia* sp., que no obstante sigue formado parte del registro como segunda especie representada, para ser superada —en concentraciones— por una morfología igualmente bilateral, que no presenta extremos capitados ni simetría *hantzschioide* (Round *et al.*, 1990). Esta especie presenta superficie de valvas planas o ligeramente curvadas, ornamentadas por anchas estrías, rafe central ligeramente incurvado con nódulos, que desaparecen en los polos como fisura terminal (**Figura 540-541**). Su tamaño promedio ronda las 30  $\mu\text{m}$ , superando difícilmente las 35  $\mu\text{m}$ . Sin embargo resulta complejo adscribirla a un determinado género y especie empleando únicamente el microscopio óptico, ya son varias las morfologías que presentan rasgos semejantes. En principio se asoció a una subespecie, no determinada, de *Navicula hungarica*

(Hartley, 1996), posteriormente a *Cymbella lacustris* (Hartley, 1996) y finalmente a *Pinnularia* sp., común en agua dulce y raramente marina (Round *et al.*, 1990).



**Gráfico 86**, Cuantitativo de microfósiles totales (preparación 2x2) en PHA-2 (3.210 m.s.n.m.) . J.A.



**Figuras 540 y 541**, Diatomeas del grupo dominante en el Punto Húmedo Alto 3.

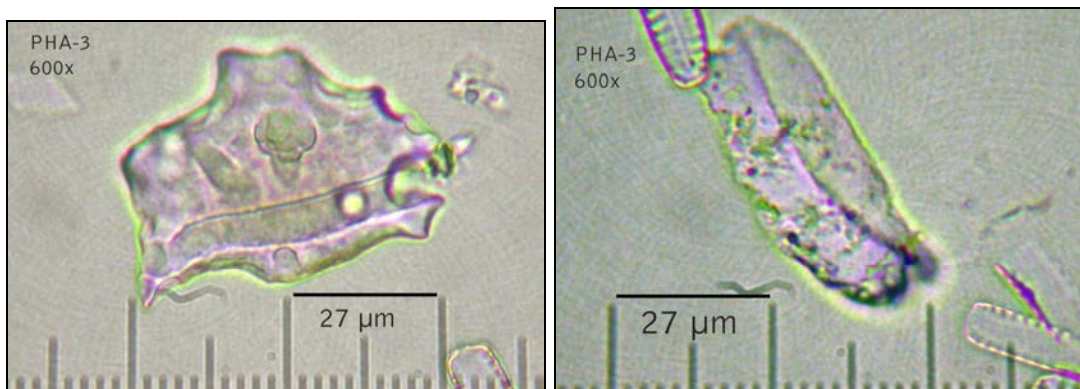
Como se sabe, el género *Navicula* es uno de los más diversificados y comunes, al que pertenecen tanto especies dulceacuícolas como marinas. Por lo general se trata de diatomeas de hábitat epipélico (Round *et al.*, 1990), lo cual concuerda también con el tipo de sustrato donde se realizó el muestreo.

El registro de quistes de resistencias de algas crisofitas es bajo, aunque diversificado al menos en dos grupos morfológicos y uno más en cuanto a variación de ornamentación. Por lo complejo de su observación y clasificación, empleando únicamente el microscopio óptico, se utilizaron además varias de las sistemáticas existentes para este fin, buscando una aproximación taxonómica lo más acertada posible.

La primera de las morfologías detectadas corresponde a la más común en las muestras de suelo y sedimento, esférico sin collar o simple, que respondería al tipo enunciado primeramente por Chodat (1922) desarrollado en el género *Chrysostomum*, perteneciente a la familia *Chrysostomataceae* (Cronberg, 1986), y en definitiva una morfología presente en contextos del Terciario hasta la actualidad.

Se ha detectado no obstante una variante de la misma que presenta una o varias y largas espinas que, en este caso haría referencia a *Chrysastrella* Chodat emend. Deflandre, que igualmente aparece en el periodo cronológico anterior. Una tercera morfología correspondería a *Outesia* Frenguelli 1925, con esquema elíptico, collar doble derivado de la pared del quiste y ornamentación de pequeñas espinas. Este conjunto de quistes de resistencia se repite en el PHA-3, pero con mayor concentración, especialmente en la primera tipología citada.

Pero en PHA-3 no sólo aparecen microalgas sino también silicofitolitos, aunque pese a su diversidad morfológica —atribuible a varios grupos vegetales—, su concentración sea muy baja, especialmente con respecto al anterior grupo microfósil. En la mayoría de los casos, las morfologías presentes son clasificables dentro de los grupos estándares conocidos, tanto en los datos de referencia (CER-Fitoliteca1) como bibliográficos (Rapp & Mullholland, 1992; Pinilla *et al.*, 1997; Piperno, 2006; Madella *et al.*, 2005; entre otros). No obstante, se detectan algunos tipos de partículas fuertemente silicificadas, que no ha sido posible adscribir a grupos fitolíticos conocidos y que probablemente respondan a microfragmentos de vidrio volcánico con escasa estructura vacuolar (**Figura 542**).



**Figura 542**, (Drcha.), Partícula silicificada sin clasificar. **Figura 543** (Drcha.), Posible fitolito de célula buliforme cuneiforme. J.A.

En otro caso, la morfología parece responder a la de células buliformes cuneiformes (ICPN 1.0) o de tipo *Arc:Triangle* (Bowdery, 1998), presentando una clara consistencia silíceas, propia de dicho tipo de silicofitolitos, aunque escaso espesor, que rondaría las 11,5 µm (**Figura 543**).

Llama especialmente la atención, dentro del grupo de los silicofitolitos, el representado por la familia *Poaceae*, al cual pueden adscribirse morfologías propias de varias subfamilias de la misma. Se encuentran representados especialmente fitolitos de células largas, de tipo alargado y polilobulado (*elongate polilobate long cell*) así como con ornamentación dendriforme



(*elongate dendriform long cell*), en este caso haciendo referencia a la zona de la inflorescencia de las gramíneas. Sin embargo, son las células cortas (*short cell*) las más representadas, tanto por formas cónicas (*rondel*) y trapeziformes (*trapeziform*), permitiendo, junto al registro de células largas, plantear su correspondencia con las desarrolladas en las subfamilias *Pooideae* y *Chloridoideae*, en el segundo caso.

Un tercer grupo debe mencionarse por separado, al estar constituido por formas bilobuladas (*bilobate short cell*), que primeramente deben vincularse a la subfamilia *Panicoideae*. Pero el hecho de que las gramíneas pertenecientes a esta subfamilia no sea la única que las desarrolla, sino también *Arundinoideae*, obliga al menos a plantear condicionantes al respecto. Pese a que esta última no se encuentra representada entre las que descritas —para la familia *Poaceae*— en los inventarios actuales de flora del Parque Nacional del Teide<sup>59</sup>. Como tampoco ha sido detectada, en nuestras prospecciones arqueológicas, edáficas y botánicas, por esa zona.

El cuantitativo microfósil de este punto indica un notable incremento de valvas, en especial de esta última morfología, con respecto a PHA-2, presentando igualmente una mayor diversidad biológica, donde los esqueletos de diatomeas siguen siendo el grupo microfósil más representado. Pero el PHA-3 se caracteriza especialmente por la diversidad biológica —con respecto al PHA-2—, que presenta su registro microfósil, pese a que el cuantitativo de los mismos (**Gráfico 87**) indique un claro predominio de valvas de diatomeas sobre el resto de indicadores fósiles de organismos vegetales<sup>60</sup>. Siendo el grupo de los silicofitolitos, que no obstante presenta cierta diversidad, el menos representado, en muchos casos únicamente a nivel de indicios. Las morfologías detectadas ascienden a 24, de las cuales 8 lo son de diatomeas, la mayoría de ellas de simetría bilateral. Los silicofitolitos presentes pueden clasificarse en un total de 10 grupos morfológicos, aunque dentro de ellos se observan acusadas variaciones, que responden a su pertenencia a géneros y especies vegetales diferentes.

Este hecho es especialmente relevante en los fitolitos de células cortas, que reflejan la presencia de las tres subfamilias *Poaceae* principales, descritas por varios autores (Twiss *et al.* 1969; Twiss, 1992; Gallego y Distel, 2004; entre otros), como son la *Pooideae*, *Panicoideae* y *Chloridoideae*. La diversidad de las pertenecientes a *Panicoideae* se manifiesta en al menos tres tipos de células cortas de tipo bilobulado (*bilobate short cell*, ICPN 1.0; *dumbell complex*, Gallego & Distel, 2004), lo cual aporta complejidad a cualquier adscripción taxonómica más precisa. Y como ya se planteó no descartar que algún caso representen a otra subfamilia que desarrolle células cortas bilobuladas, como podrían ser especies como *Arundo donax*.

---

<sup>59</sup> Ver Capítulo Resultados 5:I.

<sup>60</sup> El estudio microscópico del PHA-3 se resolvió no sin complejidad, dado que, con el fin de obtener datos lo más consistentes posibles —dada la importancia arqueobotánica del mismo—, se optó por contabilizar el total de morfotipos correspondientes a los grupos morfológicos consistentes, presentes en una preparación permanente de 2x2 cm., lo cual se consiguió con el conteo de algo más de 9.000 ejemplares, en su mayoría valvas y fragmentos reconocibles de diatomeas.

En definitiva, el registro de microalgas de los *Puntos Húmedos Altos*, introduce un marcado elemento relativo a muy especiales, condiciones hídricas, tanto como para permitir, que dicho registro, se encuentre formado por grupos microfósiles concretos, sujetos a variaciones taxonómicas y de concentración. Pese a que se atestigua la existencia de tales condiciones húmedas, éstas no incluyen —la mayoría de las veces— la presencia común de agua en estado líquido, hecho evidente ya no sólo por las características del sustrato (predominantemente de textura >200 µm), sino por el desarrollo de microalgas propias de condiciones subaéreas, aunque con humedad más o menos constante, en el sustrato rocoso y escasamente sedimentario, que debe presentar muy cortos periodos de encharcamiento.

Dado el registro de diatomeas y crisofitas de estos puntos, cabe plantear el funcionamiento de un proceso diferencial, de desarrollo estacional por especies, en función de las condiciones ambientales de la estación fría y la cálida, tal y como sugieren Douglas & Smol (1999) para las variaciones en el registro de diatomeas, de aguadulce, en regiones del Ártico. Teniendo en cuenta que, en el caso de los Puntos Húmedos Altos, la estación menos larga sería la cálida, por las bajas temperaturas reinantes por encima de los 3000 metros en Teide-Teide Viejo durante buena parte del año. Éste sería el momento de mayor florecimiento de determinadas diatomeas, que se desarrollarían en una mínima columna de agua o sobre un sustrato adicional, disponible sólo cuando coincidieran condiciones húmedas (deshielo y precipitaciones aisladas) en forma de flora de musgos y hepáticas. Por el contrario, durante la estación fría, coincidiendo con una considerable disminución de la insolación y temperatura pero aumento de la humedad, se desarrollaría un tipo de diatomeas más propias de condiciones de la alta montaña invernal<sup>61</sup>.

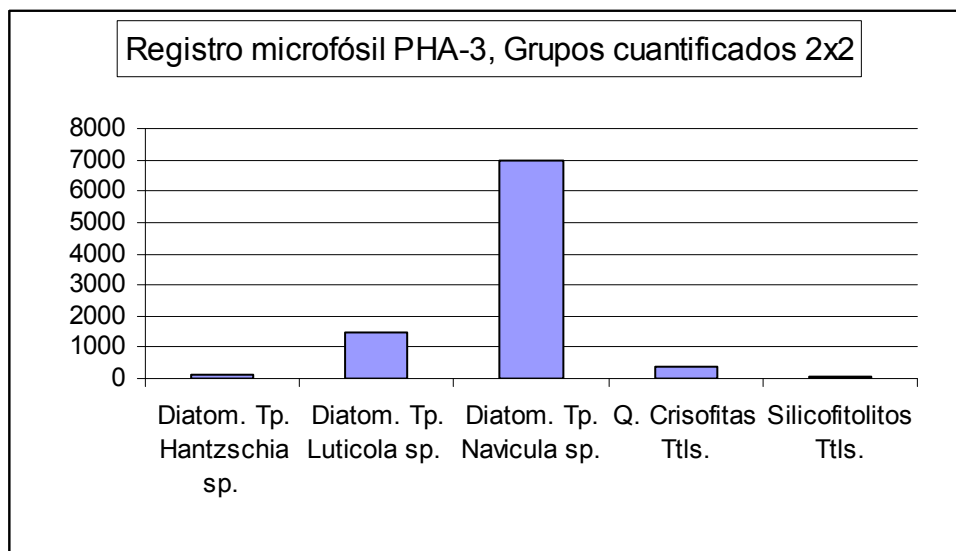
A nivel de frecuencias, en la presencia de uno u otro grupo, las diferencias entre los puntos muestreados son notables. En este sentido se ha seguido el cálculo de frecuencia propuesto por Smol<sup>62</sup> entre quistes y valvas de diatomeas (1985), y conociendo su aplicación en varios trabajos anteriores (Coradeghini & Vigna, 2001; entre otros) ya que nos permitiría evaluar el grado de trofismo existente en el incipiente sedimento formado en estos puntos. El resultado del mismo permite observar una muy desigual relación entre ambos tipos de microfósiles, con muy alta concentración de diatomeas con respecto a quistes de crisofitas (**Gráfico 87-88**). En la misma se comprueba como las valvas de diatomeas son siempre más abundantes, en

---

<sup>61</sup> Lamentablemente se trata ésta de una cuestión inabarcable en esta tesis doctoral, tanto por los objetivos como métodos asociados a la misma, más versada en ofrecer una aproximación a las posibilidades reales de este tipo de estudios en arqueología prehistórica. Aunque ello no sea limitación para plantear la idoneidad —e incluso obligatoriedad— de llevar a cabo futuros estudios microarqueológicos de las zonas mencionadas, empleado técnicas de identificación, recuperación e interpretación microestratigráficas y de microfósiles.

<sup>62</sup> Sandgren, Smol & Kristiansen (1995) mantienen, años después de la propuesta de Smol (1985), las ventajas de aplicar el ratio crisofitas: diatomeas (Índice de Smol) dada su simplicidad y directa aplicabilidad en el conteo de ambos microfósiles en las preparaciones microscópicas, ya que igualmente la obtención de dicho ratio es independiente de las tasas de sedimentación.

una proporción situada entre el 4-5% con respecto a las primeras. De forma obvia, las condiciones ambientales que esto sugiere las hace más propicias para el desarrollo de diatomeas que de crisofitas, aunque hay que abordar para ello los requisitos medioambientales de unas y otras, únicamente posible en base al conocimiento que tenemos de ambas (Round et al., 1990; Hartley, 1996; Pla, 2001; entre otros).



**Gráfico 87**, Registro microfósil relativo del Punto Húmedo Alto 3 (3.134 m.s.n.m.) en preparación microscópica 2x2 cm. J.A.

En todo caso debe destacarse las condiciones ambientales actuales del sedimento donde aparecen como claros indicadores biológicos, que contradicen tales condiciones, con manifiesta ausencia de organismos vegetales superiores y escasísimo desarrollo sedimentario y menos aun de flora inmediata. Aunque pudo apreciarse algún ejemplo de flora muscinal en las zonas de mayor humedad del interior de estos puntos. Por ello, y tomando como notable ejemplo el registro microscópico de PHA-3, la diversidad biológica con hasta 20 tipos de microfósiles silicificados, llama poderosamente la atención la contradicción existente entre los parámetros contextuales y el reflejado en el registro microfósil. Sirva como ejemplo comparativo el registro de microalgas del suelo aluvial del Llano de Uanca (Perfil R-18), donde el horizonte más rico en este tipo de microfósiles presenta únicamente 128 ejemplos de valvas de diatomeas, frente a más de 8.500 presentes en PHA-3<sup>63</sup>. Indudablemente las diferencias de ambos contextos son enormes, más si se tiene en cuenta que los suelos del Llano de Uanca contienen una potencia edáfica —pese a que su origen sea claramente aluvial y propio de un ambiente sedimentario local— que supera los 1,80 m. Y

<sup>63</sup> Se expresan aquí resultados del cómputo total llevado a cabo por preparación microscópica de 2x2 cm. Las cuales se entienden confeccionadas con los mismos volúmenes de tratamiento, extracción y recipientes. No obstante, debe atenderse en primer lugar al cómputo general y luego al porcentaje que representan.

con una génesis e historia natural<sup>64</sup> tan intensa como la de esta gran extensión endorreica, donde no han faltado aportes orgánicos e inorgánicos, procesos edafogénicos y cambios en la vegetación, e incluso el asociado al de estatus como zona no-habitada —en lo que hemos denominado *Prehistoria no habitada de Canarias*<sup>65</sup> y también de Las Cañadas del Teide—, al de una extensión tomada como territorio de explotación ganadero, también dentro de secuencias prehistóricas de Tenerife. Aunque en este caso dentro de las cronologías estimadas para el desarrollo de las culturas aborígenes de esta Isla. Planteamientos estos que me llevan a proponer, para un futuro, la secuenciación cronológica de la ocupación antrópica de Las Cañadas dentro de las ya conocidas secuencias de desarrollo de las culturas aborígenes de Tenerife.

Resulta por tanto paradójico comprobar que, en aspectos de acumulación de microfósiles acuáticos, su funcionamiento sea tan desigual al protagonizado en zonas tan áridas y aun biológicamente estériles como la situada bajo el cono somital del Teide. Y confirmándonos de que tales contextos, cuyas condiciones nos resultan del todo contrarias al desarrollo de vida —vegetal en este caso— presenten claras evidencias de que no son tan estériles como su apariencia macroscópica nos indica<sup>66</sup>. Y desde esa

---

<sup>64</sup> Empleando este término tal y como lo emplean Sandgren, Smol & Kristiansen (1995) para el estudio de sedimentos de lagos y su registro microfósil, donde asumen también el de procesos antrópicos en fases recientes o no tan recientes. En todo caso esa historia natural es la que contempla dichos procesos situándolos en secuencias temporales en un mismo espacio. Y que al final, como ocurre en la casi totalidad actual de los ecosistemas del planeta, contempla las actividades antrópicas como un factor de cambio y en algunos casos como de profunda transformación de dichos ecosistemas. Es importante, no obstante, percibir el estudio de esa historia —en lo que colabora de forma rotunda el estudio de microfósiles— como la que se genera bien por causas naturales bien por antrópicas. En esa diferenciación creo que se encuentra la clave de la importancia de los estudios microfósiles con fines paleoambientales. Como manifiestan Leira, Bao & Vidal-Romaní (1997) en su ejemplar trabajo sobre la Laguna de Villaseca, en lo que puede ser la aplicación paleolimnológica del planteamiento de Biek (*la historia de un lugar*), seguida a nivel estratigráfico y de microfósiles, tomados como bioindicadores de excepción, nos confirman que los cambios medioambientales —en espacio y tiempos concretos— han sido una constante que ha transformando elementos del paisaje incluso antes de que la intervención humana lo hiciera.

<sup>65</sup> Este concepto se vuelve radicalmente importante —desde una perspectiva personal— en Las Cañadas del Teide, al menos desde la hipótesis de que esta zona no habría sido colonizada y explotada por las poblaciones aborígenes de Tenerife hasta momentos concretos de su evolución como entidades socioeconómicas complejas. Por lo que serían —Las Cañadas del Teide— un espacio que se mantendría inicialmente al margen de la intensa explotación que posteriormente se llevó a cabo por esas mismas poblaciones. Verdadero hito, gradual en el tiempo sin duda, que marca el paso de un estatus sujeto únicamente a la estabilidad y cambios ambientales al de otro de clara intervención antrópica.

<sup>66</sup> Quizás sea este uno de los mejores ejemplos de la idoneidad arqueológica, edáfica y paleontológica de atender al mundo microscópico, especialmente cuando el que primeramente —a simple vista— llena ya nuestras retinas y percepciones sensoriales, que nos ofrece todos los aspectos lógicos de una realidad que creemos —a simple vista— completa y perfectamente evaluable.

perspectiva puede considerarse, e incluso asumirse obligadamente desde la eminentemente arqueológica, que en la complejidad biológica de tales puntos debamos al menos contemplar, y por tanto rastrear y valorar, también el factor humano.

Sin duda tanto la diversidad microfósil, como la concentración de microalgas y en especial el de diatomeas, llama poderosamente la atención, entre otras cosas porque proceden de zonas con escasísimos sedimentos y ausencia total de agua, aunque es cierto que sí se constata cierto grado de humedad en la parte interior de las mismas. En todo caso se trata de un registro excepcionalmente rico, en relación a las posibilidades de obtener nutrientes –de dichos microorganismos– en un entorno que no los aporta de modo visible. Por ello la opción vinculada a aportes externos de dichos nutrientes parecen ser posible<sup>67</sup>. Pero dentro de ellas deben diferenciarse las que únicamente contemplan causas naturales de las que hacen intervenir el elemento antrópico, y por tanto a todas luces un problema arqueobotánico de excepción.

Y aquí uno de los aspectos que cobra relevancia en la posibilidad de que en tal desarrollo biológico haya jugado algún papel la intervención humana, que parece perfectamente atestiguada en estos singulares puntos de la zona alta del Teide. Este papel pasaría primeramente por la modificación del entorno inmediato, favoreciendo la creación de una escueta pero cierta funcionalidad a través de la adecuación de un espacio natural –en este caso extremadamente árido y de bloques rocosos erráticos– para lograr la acumulación de nieve hasta cierta profundidad de la superficie, logrando con ello una columna superior a 1 metro, lo cual favorecería su conservación –como nevero en parte natural en parte artificial– hasta bien entrada la época primaveral y estival, cuando la zona ya podría ser transitada sin el condicionante de las bajas temperaturas e inestabilidad atmosférica. En todo caso podríamos plantear estar ante uno de los primeros ejemplos de “pozos de la nieve”, que posteriormente se estandarizarán por muchas regiones de montaña de la Península Ibérica, y obviamente en Tenerife, como los existentes en la montaña de Izaña (Arnay y González, 2009).

Como es de suponer las dificultades para afirmar este hecho, en el caso que nos ocupa, son extremadamente altas, constituyendo no obstante el motivo de la puesta en marcha del estudio microfósil de muestras de esta zona de Tenerife.

### **Sobre el origen biológico del registro de microalgas en los Puntos Húmedos Altos.**

Pero obviamente, el otro aspecto importante sería el del origen de dichos microfósiles, no sólo de las algas diatomeas sino de los silicofitolitos. En ambos, el factor antrópico no puede descartarse, pese a que sea, el protagonizado por la fauna el que más viabilidad ofrezca a la presencia de restos de microalgas y partículas de plantas superiores en dichos puntos. Las lecturas al respecto deben incluir tanto las de tipo puramente biológico como

---

<sup>67</sup> Incluso, obviamente, la llegada de registros alóctonos, un particular que en estas zonas resulta igualmente, o quizás más si cabe, relevante como proceso vinculado al aporte de partículas edáficas y biominerales desde el continente africano, por transporte eólico.

arqueológico, planteando que —en función de los otros datos disponibles (prospecciones básicamente)— puede existir una intervención en estos lugares por parte de grupos humanos desde épocas muy tempranas, la cual —incluso de ser no-intencionada, al respecto de dejar elementos foráneos al contexto— habría potenciado o restringido el desarrollo de organismos microscópicos en el escaso paquete sedimentario que presentan en su interior.

Desde luego existen mecanismos de llegada de tales microorganismos desde zonas situadas en cotas mucho más bajas, lo mismo ocurre con los silicofitolitos, dada la inexistencia actual de plantas superiores en las inmediaciones de ambos puntos. Sin lugar a dudas el desarrollo de diatomeas y quistes de crisofitas tiene su origen en un proceso de migración desde otras zonas, dada la juventud y aridez del sustrato sobre el que se han desarrollado, como ocurre con el resto de flora existente sobre la cota de los 3.000 m. en el cráter del Teide. Tras un proceso de adaptación, ésta se llevó a cabo en unas condiciones del medio que permitieron —probablemente por su manifiesta estabilidad climática post holocénica— su continuidad pese a las limitaciones impuestas por el medio circundante.

En el caso de las diatomeas el agente de transporte inicial —si comenzamos descartando la vía de desarrollo espontáneo de vida en estos enclaves— sería el mismo que Telesforo Bravo nos ofrecía para la localización de los mismos: las aves que acudían a beber a ellos en épocas no invernales. Efectivamente este mecanismo ya era sugerido por Ch. Darwin en el *Origen de las Especies*<sup>68</sup>, confirmándolo como un especial e importante proceso de dispersión biológica en determinados contextos biogeográficos. Obviamente en el que nos ocupa podría ser uno de ellos, especialmente al tratar de discernir el papel de la presencia de microalgas en contextos que no pueden considerarse al margen de la intervención humana. Y especialmente porque se consolidan —tales registros microfósiles— como una referencia clara a procesos biológicos en un ambiente ciertamente hostil, donde —como ya se ha planteado— las condiciones que observamos en la actualidad, al menos a nivel macroscópico, son auténticamente áridas, también por situarse por encima de los 3.000 metros de altitud<sup>69</sup>.

#### **Estudio de microfósiles en sedimentos de otros puntos húmedos de Las Cañadas del Teide: microarqueología del agua.**

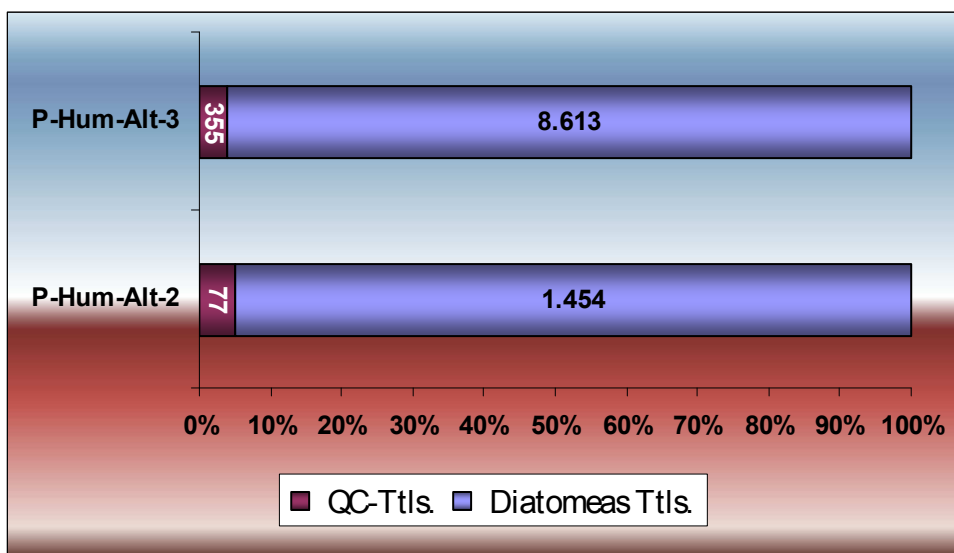
Este estudio sigue los objetivos de comparar y valorar los registros microfósiles y de sedimentos de estos puntos. En la mayoría de los casos se trata de un análisis superficial, que implica el estudio de los primeros 10 cm. del sedimento, por lo que las lecturas paleoambientales realizadas con su comparación son siempre parciales; para un estudio en profundidad habría que muestrear cada punto en la totalidad de su potencia vertical y aun así, dado la modificación antrópica realizada sobre muchos de ellos, las lecturas no podrían probablemente asumir un objetivo cronológico más allá de uno o dos siglos de antigüedad.

---

<sup>68</sup> Edición original: 1859. Edición consultada: 2002.

<sup>69</sup> La cercanía del mar impide que en esta zona exista un nivel de nieves perpetuas, un hecho ya constatado por Humboldt (Ed. de 1975).

Una vez comprobados los primeros resultados, en varios de los puntos húmedos con mayor caudal de agua, situados en Las Cañadas (Fuente de El Cedro y Barranco de El Riachuelo), se procedió a ampliar la muestra hacia otros no menos importantes, todos ellos distribuidos a lo largo de la gran extensión de Las Cañadas, e incluso hacia los situados un tanto fuera de la zona del Circo. Este es el caso de la denominada Fuente del Mal Abrigo, bajo las laderas de la Montaña de Izaña, y las Fuentes de Los Chupaderos, situadas en el cauce arenoso que discurre bajo la Montaña de Las Vacas, ya en los altos de Fasnía.



**Gráfico 88**, Estimación cuantitativa y porcentual del ratio quistes de crisofitas y valvas de diatomeas (Índice de Smol) en los Puntos Húmedos Altos, en preparación 2x2 cm. J.A.

Tanto para unos como otros se contó con el beneplácito y asesoramiento del personal científico<sup>70</sup> y de guarda del Parque Nacional del Teide, que nos permitió la localización de cada uno de los puntos húmedos, su visita y registro de datos espaciales así como la toma de las fundamentales muestras para realizar analíticas<sup>71</sup>. Los puntos, en su mayoría, se sitúan en el interior del Circo principal de Las Cañadas, e incluso en el mismo borde de los escarpes que lo forman. En casi todos ellos fue posible detectar vegetación hidrófila, cuya observación colaboró en el seguimiento de las especies relacionadas con estos enclaves, y cuyo estudio ha sido fundamental para seguirles el rastro en contextos antiguos de la zona.

<sup>70</sup> En la persona de D. Ángel Bañares.

<sup>71</sup> Agradecemos especialmente el asesoramiento ofrecido por D. Carlos Velásquez (Servicio de Guías del Parque Nacional del Teide) en todos sus comentarios al respecto de la situación de cada uno de los puntos con agua, que su amplia experiencia como guía del Parque le ha permitido conocer personalmente. Este asesoramiento, verdadera lección magistral del conocimiento del medio de Las Cañadas, nos permitió ampliar los muestreos hacia puntos no tan evidentes como los anteriores, dejando en algunos casos por razones de accesibilidad, la visita de varios de ellos para posteriores investigaciones.

Pero ha sido dentro de la serie de puntos localizados en el transcurso de las prospecciones encaminadas a completar el Inventario Arqueológico del Parque Nacional del Teide (2003-2007), de los cuales ya se han citado algunos al comienzo de este Capítulo, donde destacan puntos/lugares donde la presencia de agua es mínima, pero donde ésta se encuentra, en algunos casos, claramente señalada por el desarrollo de briófitos. Su estudio ha revelado la viabilidad del método aplicado para el seguimiento de algunas tipologías de puntos húmedos que podrían pasar desapercibidos para un estudio versado en su papel como parte de los recursos hídricos en la prehistoria de Las Cañadas del Teide.

#### **Punto húmedo Volcán Ciego (P-Hum-VC).**

Corresponde al observado al comienzo de este apartado, constituyéndose como una zona ciertamente árida, con predominio de materiales geológicos sueltos en superficie, a una cota aproximada de 2.380 metros. Situado bajo un pequeño escarpe, que se constituye como único punto de sombra en el periodo estival, destaca por no presentar en apariencia ningún tipo de vegetación<sup>72</sup>, aunque durante la prospección fueron localizados mínimos ejemplos de briófitos desarrollándose al amparo de unos mínimo puntos de goteo que efectivamente se perdían entre un sustrato inferior de materiales volcánicos de tamaño de grava.

El muestreo realizado en este lugar no pudo ser más acertado desde el punto de vista microfósil, pero también arqueobotánico, dado que tanto los mencionados briófitos como la flora algal, localizada en la escasa fracción fina del sedimento situado inmediatamente bajo los fragmentos de lapilli y pómez, confirmaron la presencia de condiciones hídricas sin duda favorecidas por la configuración geológica del lugar. Efectivamente estábamos ante un Punto Húmedo, quizá de los más esquivos, que aunque con un potencial hídrico mínimo era suficiente como para haber permitido generar en el sustrato, y quizás en la pared/techo rezumante superior, las condiciones idóneas para el desarrollo de microalgas. O quizás de éstas en el sustrato inmediatamente inferior, dada la existencia de géneros de diatomeas —como *Hantzschia* sp.— que pueden ser indicadoras de un desarrollo subaéreo. Pero dentro del registro microfósil destacan, siempre en menor proporción que la flora algal, varias morfologías de fitolitos de células cortas y largas que representan a la familia *Poaceae* al menos en dos de sus subfamilias, si nos atenemos a las características de las primeras.

Por un lado debe subrayarse la importancia del aspecto de identificar fitolitos de flora no representada en la actualidad, al menos en cientos de metros alrededor del punto muestreado. Por otro, que las células cortas identificadas pertenezcan en uno de los casos a lo que podemos designar *complejo panicoide* (*panicoideae complex*, Gallego y Distel, 2004) con células que presentan el esquema propio de células bilobuladas (*bilobate cells*, ICPN 1.0), con estrechamiento de la zona central que divide ambos lóbulos y con al menos dos tipos de las mismas (**Figura 544** y **Figura 545**). Lo cual parece indicar la presencia de al menos dos especies de la subfamilia *Panicoideae*,

<sup>72</sup> La continuidad de la prospección, sobre este punto, permitió observar dos ejemplares de *Spartocytisus supranubius* cercanos a una muy escueta planta de cabaña, donde aparecían restos vegetales (troncos) y fragmentos de carbón.



algo que fue ratificado después de haber localizado fragmentos de este tipo de células, que inicialmente sólo nos permitía afirmar su presencia a nivel de indicios, dentro de un registro microfósil dominando por las valvas de diatomeas pennadas y quistes de crisofitas.

A nivel de grupos vegetales, las células bilobuladas hacen referencia expresa a la familia *Poaceae*, pero dentro de ella podrían hacerlo al menos a tres subfamilias: *Panicoideae*, *Chloridoideae* y *Arundinoideae*. Lo cual —como se manifiesta en otros apartados de esta tesis— nos introduce en la complejidad y necesidad de establecer lecturas paleoambientales. Y lo es porque en los inventarios botánicos actuales, sobre la flora de Las Cañadas, solamente podría asumirse la presencia de dos especies de gramíneas *Chloridoideae*, ninguna *Panicoideae* y menos *Arundinoideae*. Estas dos últimas por sus especiales requerimientos ambientales, asociados a climas cálidos y húmedos, al menos en su versión como plantas nativas en origen. Otra cosa son los procesos adaptativos, a determinados ecosistemas de “adopción” como plantas introducidas.

Cabe señalar que la gran mayoría de taxones *Poaceae* inventariados en Las Cañadas, también la mayor parte de ellos pertenecen a la subfamilia *Pooideae*, siendo ésta la que obviamente observamos como verdadera protagonista en su adaptación a este peculiar medio. La lectura por tanto, sobre la manifiesta presencia de fitolitos de la subfamilia *Panicoideae* no hace sino abrir el interrogante sobre su origen y su adscripción cronológica, puesto que la primera impresión es la de estar ante organismos vegetales desarrollados en una etapa climática con condiciones zonales más cálidas y húmedas que las actuales.

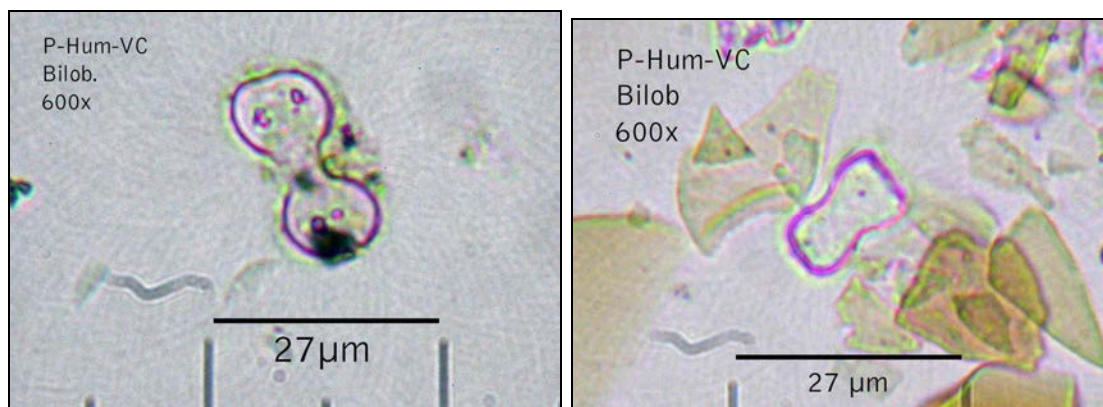
Sin embargo el registro microfósil de esta zona, caracterizada en la actualidad por aridez, insolación y pedregosidad extremas, también incluye otras morfologías de fitolitos, en este caso de forma aislada, como los de células largas lisos, células largas dendriformes, plaquetas perforadas y bases de tricomas (*trichome base*, ICPN) o morfologías poligonales con resalte central (**Figura 546**). En este último caso existen dos posibilidades, de las cuales las similitudes con fitolitos de conos apuntados propios de las hojas de *Cyperaceae* parece la más acertada. La otra posibilidad serían fitolitos de bases de tricomas de una labiada como *Mentha longifolia*, pero las diferencias con éstos son amplias, especialmente en cuanto a la morfología externa, más angular en los fitolitos detectados en esta zona.

Igualmente se detectan formas globulares con ausencia de ornamentación o resaltes —no apuntados— de forma aislada en su superficie. Incluso cabe destacar la presencia de elementos microscópicos que parecen responder a las características (morfométricas) de algunas morfologías de fitolitos, pero que resultan de muy compleja interpretación arqueobotánica<sup>73</sup>. Pese a que no ha sido descartada su presencia como tales, dicha complejidad ha obligado a no incluirlos en las lecturas derivadas del estudio de morfologías más

---

<sup>73</sup> Los fitolitos de formas globulares lisas o con pequeños resaltes aislados se encuentran presentes en numerosas especies de angiospermas dicotiledóneas e incluso gimnospermas, lo cual vuelve compleja cualquier identificación, especialmente cuando ésta debe realizarse sobre contextos en los que no existe vegetación actual que pueda emplearse como referencia.

consistentes, o evidentes, en el contexto analizado. En todo caso es tal complejidad –la asociada a lo evidente y lo no tanto– la que permite afirmar, con rotundidad, la importancia del muestreo y estudio de materiales como el aquí analizado.

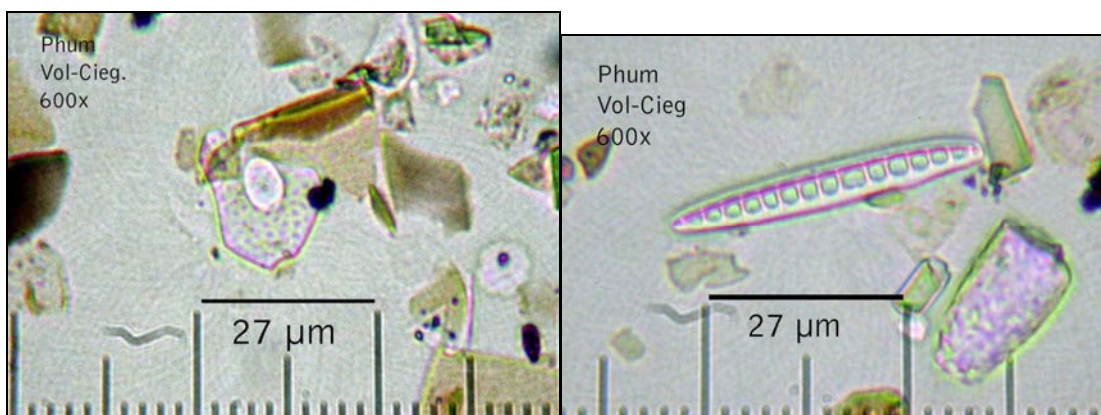


**Figura 544** (Izqda.), Fitolito de célula corta bilobulada. **Figura 545** (Drcha.), Célula bilobulada de diferente esquema morfométrico a la anterior. Ambas 600x.

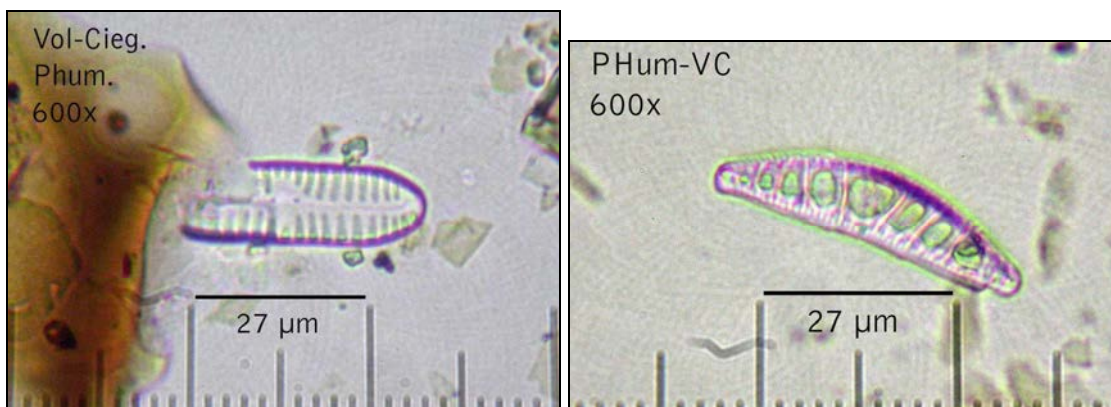
Dicho tipo de estudio pasa por detectar evidencias claras de tipo biológico en un contexto inicialmente parco en ellas, e incluso en esa transición investigadora de “lo ausente” a “lo presente” responder –dado que había muchas dudas al respecto– a las preguntas realizadas en torno a la prospección de zonas desde una perspectiva centrada en la explotación de los recursos hídricos, pese a que fuese el de otros de tipo más convencional, como los vegetales y líticos, los que guiasen las labores de campo. Dichas preguntas, que pasaban de la generalidad arqueológica a la especificidad arqueobotánica, puede afirmarse que pueden ser contestadas en parte gracias al registro detectado en un material tan carente, a nivel macroscópico, en evidencias de este tipo.

Efectivamente el registro de microfósiles del punto denominado P-Hum-VC se encuentra encabezado por las microalgas, tanto diatomeas como quistes de resistencia de algas crisofitas. En el primer grupo dominan las de simetría bilateral o pennales (**Figuras 547 A-B, 548**), siendo las de tipo central/céntricas menos numerosas. La diferencia porcentual entre ambas y en el total de microalgas contabilizadas, se sitúa entre 7,15% para las segundas frente a 92,85% de las primeras.

A nivel morfológico, y dentro de las de simetría bilateral, distinguimos un total de tres morfologías, que pueden adscribirse a tres especies pertenecientes a tres géneros diferentes. El más abundante presenta valvas elípticas, con notable incremento entre el eje longitudinal (A-B) con respecto al transversal (A-C), sin extremos capitados y sí con estrias uniseriadas, por lo que proponemos adscribir, esta morfología, al género *Diatoma* sp. J.B.M Bory de St.-Vincent 1824. Dict. Class. Hist. Nat. 5:461 (nom. Cons., según describen Round *et al.* (1990). Y además con la posibilidad de hacerlo a *D. hymale* (Roth) Heiberg desde la morfología descrita por Hartley (1996). Se trata en todo caso de un género dulceacuícola pero que también puede aparecer en contextos ligeramente salinos (Round *et al.*, 1990).



**Figura 546** (Izqda.), Base de tricoma o posible fitolito de cono apuntado (*segde cone*) propio de las ciperáceas. **Figura 547 A** (Drcha.), Diatomea del género *Pinnularia* sp. Ambas 600x.



**Figura 547 B** (Izqda.), Diatomea del género *Diatoma* sp. **Figura 548** (Drcha.), Diatomea del género *Epithemia?* sp.. Ambas en PHum-VC y 600x.

La segunda morfología en concentración es similar a la detectada como especie dominante en P-Hum-Alt-3, y como en aquél caso resulta compleja su adscripción taxonómica, situada entre una subespecie no determinada de *Navicula hungarica*, *Cymbella lacustris* y *Pinnularia* sp.

Una tercera morfología pennada (**Figura 548**), de valvas fuertemente asimétricas y extremos ligeramente bicapitados, podría adscribirse a una especie del género *Epithemia* F.T. Kützing 1844. Kies. Bacill. según las descripciones observadas en Round *et al.* (1990), incluso a una subespecie de *Epithemia adnata* (Hartley, 1996), que proponemos como *E. adnata* var. *porcellus* (Kützing) R. Ross. En todo caso se trataría de un género dulceacuícola, de ambiente epifítico y epipélico, ampliamente distribuido por hábitats ricos en bases (Round *et al.*, 1990). Sin embargo, resulta compleja su adscripción a un determinado género y especie empleando únicamente el microscopio óptico, ya que son varias las morfologías que presentan rasgos semejantes. Su similitud con otra diatomea similar, detectada en sedimento de arroyo del Valle de Benasque, ha permitido al menos una aproximación

taxonómica, dado que pertenecen a la misma especie pero diferente subespecie.

La cuarta morfología detectada lo es a nivel de indicios y ya fue mencionada al principio de este apartado. Se trata de una diatomea de simetría bilateral que presentaría valvas trionduladas, aunque este punto no puede asumirse por disponer solamente de un fragmento apical. Su tamaño en todo caso debe ser muy pequeño, dado que el mencionado fue observado a 1.000x. Como ya se ha expresado, pese a que inicialmente se adscribió al género *Tetracyllus*<sup>74</sup> sp., posteriores estudios aconsejaron hacerlo a *Terpsinoë* sp. (Round *et al.*, 1990). Tratándose entonces de un género epifítico que se desarrolla en colonias dispuestas en zig-zag, tanto en aguas salobres como dulces y a menudo sobre superficies rocosas húmedas de regiones tropicales (Round *et al.*, 1990). Obviamente las lecturas sobre este género son muy importantes a nivel paleoambiental, dado que efectivamente, la descripción propuesta por estos autores, coincide con al menos el tipo de sustrato donde puede desarrollarse, en concreto el que protagoniza la vegetación muscinal, detectada en el pequeño saliente donde se localizó este punto húmedo. No obstante, dada la diversidad del registro de diatomeas en el sustrato analizado, quizá estemos ante la muestra del desarrollo diferencial de éstas en función del sustrato que lo acoge. De tal modo que existirían taxones propiamente epifíticos y subaéreos, mientras que otros lo serían solamente subaéreos y en todo caso episámico, dado que el sustrato de desarrollo y acogida se caracteriza por el predominio de la fracción arenas 200-50 µm y >200 µm, en una proporción total cercana al 86%.

Igualmente debe valorarse la inusual presencia de diatomeas céntricas en el registro microfósil de PH-VC. Pese a lo limitado de su concentración destaca la representación de al menos dos especies, que en su mayoría corresponden al género *Aulacoseira* sp. En el segundo caso se trata también de una pequeña diatomea de configuración diferente a la anterior, con valvas circulares y estrías tangenciales que no llegan a la parte central, y que se encuentra ornamentada con varios gránulos aislados y aparentemente dispuestos simétricamente. Con esta mínima información y las descripciones aportadas por Hartley (1996) y Round *et al.* (1990) puede adscribirse al género *Cyclotella* sp., al que pertenecen principalmente especies de agua dulce y planctónicas. Su presencia en la árida zona de PH-VC aporta datos sobre las posibles variaciones en el microambiente sedimentario analizado, basado no sólo en una intensa insolación y sequedad contextual sino además en un escaso paquete sedimentario, donde priman los fragmentos lávicos de tamaño de gravas (> 2 mm) y no se aprecian signos externos de superficies propensas a la inundación, incluso si ésta fuese estacional.

La presencia e interpretación de *Aulacoseira* spp. ya ha sido motivo de controversia en cuanto a su adscripción como género propio de lagos acidófilos continentales<sup>75</sup>). Dado que creemos que se trata de un género ampliamente distribuido por cuencas lacustres y ríos de zonas continentales cálidas, que resultarían afectadas por la erosión eólica y transportadas —junto

---

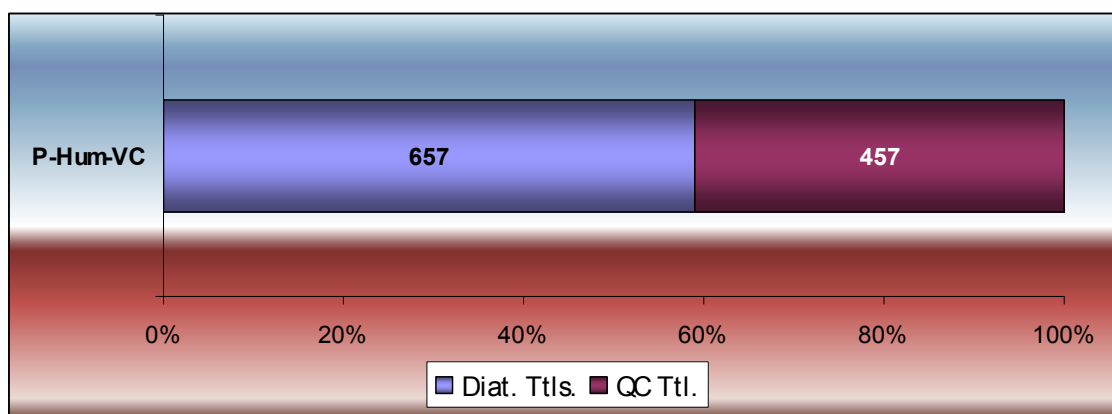
<sup>74</sup> Un género poco conocido, que se piensa de desarrollo propio de regiones montañosas del norte (Round *et al.*, 1990).

<sup>75</sup> Barcena, 2005-2011, Com. Pers.

con partículas de polvo atmosférico— en procesos similares a los de la calima en Canarias y otras zonas de África.

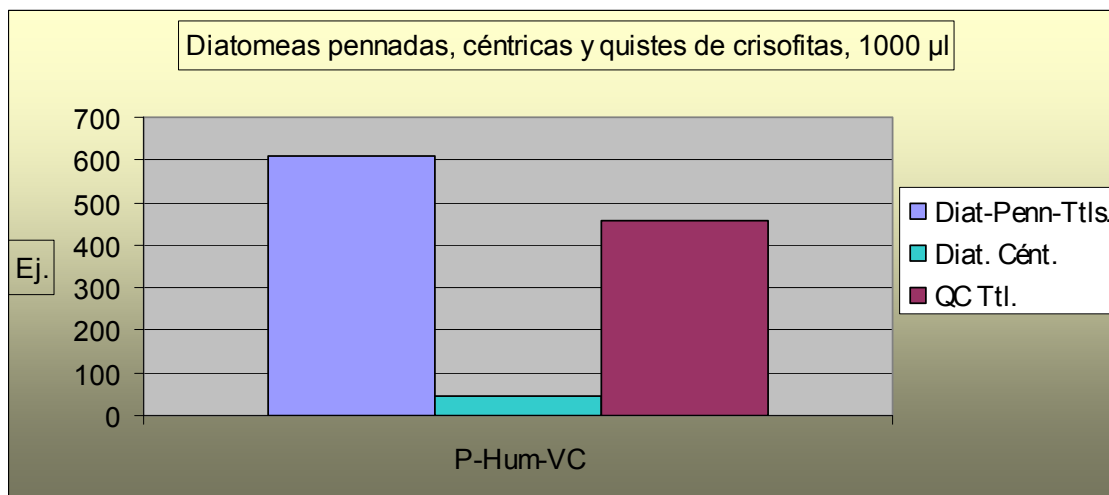
Dado lo inusual de la presencia de diatomeas céntricas en sustratos de Las Cañadas y casi toda la isla de Tenerife en general, salvo en contextos netamente diferentes como son los bosques de Laurisilva (Anaga), la estimación del porcentaje entre éstas y las de simetría bilateral (pennales) permite al menos comprobar el predominio de las últimas (92,85 %) frente a las primeras (7,15 %).

Por su parte la representación gráfica de los grupos de microalgas identificados sigue apuntando hacia un predominio de las diatomeas, aunque con un poco frecuente paridad que igualmente es puesta de manifiesto con la aplicación del Índice de Smol (1985). Efectivamente, el ratio existente entre valvas de diatomeas totales y quistes de crisofitas, mediante la aplicación de dicho índice, indica una cierta paridad —en sus concentraciones— que no alcanza el 20 % de diferencia, lo cual es un aspecto nuevo dentro de todos los registros de microalgas analizados hasta el momento, tanto a nivel zonal como global, dentro de una misma muestra (**Gráficos 89-90**). Atendiendo a dicho criterio comparativo, pese a que no pueda hablarse aquí de altas concentraciones de restos de microalgas, el registro de las mismas es muy significativo, especialmente si nos referimos al sustrato donde ha sido localizado, carente de toda columna de agua al menos por varios siglos atrás.



**Gráfico 89**, Cuantitativo (Nº ejemplares por 1000 µl) y porcentaje entre valvas de diatomeas totales (pennales + céntricas) y quistes de crisofitas aplicando el Índice de Smol en P-Hum-VC. J.A.

Pese a que la información proporcionada con la aplicación del Índice de Smol no sea un criterio aceptado como positivo para la totalidad de investigadores en materia de microalgas, lo cierto es que evidencia un aspecto subyacente —en cuanto a la proporcionalidad de ambos tipos de microalgas— que sin lugar a dudas revela una pauta en el desarrollo biológico de ambas que atiende a la especificidad del medio. Por más que en esta tesis no podamos definir detalladamente los pormenores de dicha pauta, lo cierto es que parece quedar manifiesta cuando se aplica el mencionado Índice a diferentes puntos. Resaltándose especialmente cuando su aplicación se realiza tras someter las muestras a un mismo procedimiento de análisis y observación microscópica, como ocurre en la presente tesis.



**Gráfico 90**, Cuantitativo de tipos de microlagas por preparación 1000 µl en PH-VC.

En todo caso el mencionado registro puede asociarse a unas mínimas pero suficientes condiciones hídricas para su desarrollo, que se encuentran ratificadas con la presencia de espículas de esponjas, de alta silicificación y al menos dos tipologías. Desde luego que si sorprendente resulta el registro de microalgas, mucho más es el de espículas de esponjas, que aunque presenta muy baja concentración –de hecho se localizan de forma muy aislada incluso en la fracción ya concentrada de los limos (50-2 µm)– se observan de forma nítida y sin apenas fragmentación, como ocurre con el resto de evidencias de organismos acuáticos.

Asociamos la presencia de las espículas a un desarrollo de esponjas *in situ*, con apenas desplazamiento desde la zona de desarrollo, que debe situarse al menos de un metro en sentido vertical (hacia el techo del escarpe) y horizontal (hacia la pared del mismo). Sería en estas zonas donde se produciría en ciertos momentos, puntuales en la actualidad y/o pasado, condiciones hídricas y ambientales, en general como para favorecer el desarrollo de tales organismos, que como sabemos se mantienen sujetos a un sustrato (sésiles), habitualmente rocoso. En este caso dicho sustrato pese a ser de esta naturaleza, los procesos ambientales y en concreto los de tipo erosivo y de crioclastia, producirían con relativa frecuencia el desprendimiento de parte de las rocas que forman el escarpe y mínima oquedad bajo el mismo, con el consiguiente desprendimiento de organismos sujetos a estos. Este sería el proceso por el cual localizamos espículas de esponjas en el mínimo sustrato existente bajo la visera del mencionado escarpe. Pero siempre entendemos que se trata de microfósiles desarrollados en esta zona, descartando –como no puede hacerse con la totalidad del registro de microalgas– su llegada por vía atmosférica, en concreto bajo la forma de depósitos eólicos (Romero *et al.*, 1999; Izquierdo *et al.*, 2011; entre otros).

Pero si sorprendente ha sido la localización de estas evidencias netas de condiciones húmedas en un pasado no muy antiguo, el registro de fitolitos –asociado a tales microalgas– no lo es menos. Como ya se ha adelantado pueden identificarse en el mismo varias tipologías de células cortas y largas

que primeramente hacen referencia expresa a la familia *Poaceae* y dentro de ella al menos a dos subfamilias como *Panicoideae* y *Chloridoideae*.

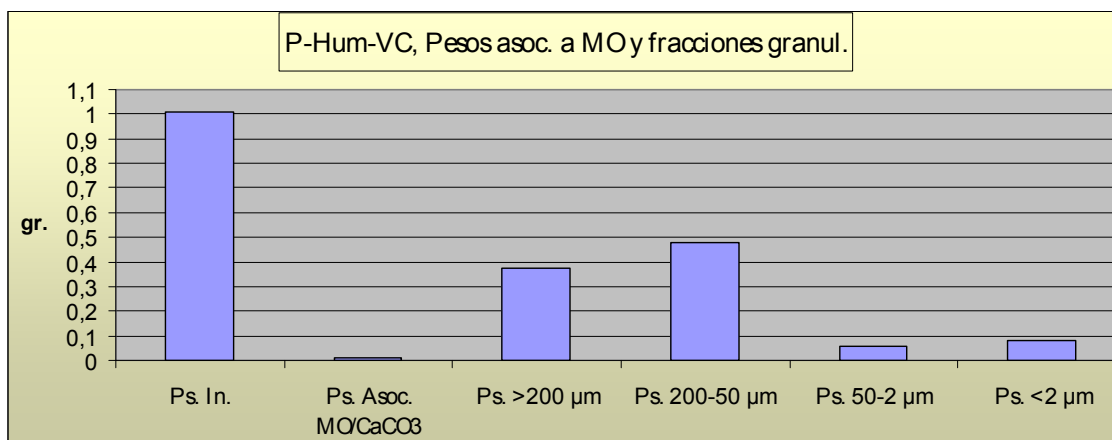
Este registro microscópico, sorprende aun más si se observan paralelamente –como se ha operado con el resto de muestras– algunas de las características del sustrato donde se localiza, en especial el de las fracciones granulométricas. Los datos aportados, tras la aplicación de reactivos oxidantes de la materia orgánica ( $H_2O_2$ ) y carbonatos (en este caso solamente  $CH_3COOH$ ), para el tratamiento de la muestra, indican un sustrato muy peculiar, como ya se apreciaba durante el proceso de prospección y muestreo. La primera lectura es un bajo contenido en materia orgánica y carbonatos, pese a que de estos últimos solamente puedan estimarse contenidos parciales. La estimación porcentual es de 0,88% entre ambos conceptos, pero que en nuestra opinión, a juzgar por la matriz altamente gruesa y dispersa, corresponde más a posibles contenidos en carbonatos que en materia orgánica. Por su parte la granulometría de la muestra está precedida por las arenas 200-50  $\mu m$  y seguida de cerca por las arenas >200  $\mu m$ . Los limos se encuentran menos representados que las arcillas, aunque ninguna de estas fracciones alcanza los 0,1 grs (**Gráfico 91**).

Traducido a porcentajes, la fracción >200 $\mu m$  representa el 37,83%, las arenas 200-50  $\mu m$  48,08%, los limos 5,85% y las arcillas 8,24%. El sustrato puede calificarse como claramente arenoso. Lo cual no deja de ser sorprendente en una zona donde el ambiente sedimentario se reduce a una pequeña terraza, con cierta horizontalidad, situada a escasos 100 cm. de la visera un pequeño escarpe, justo antes de comenzar una pendiente muy inestable de escorias y gravas. No cabe duda de que esa zona se ha visto afectada, en el pasado, de intensos fenómenos de crioclastia, único mecanismo local capaz de generar un sustrato arenoso. Aunque no puede descartarse algún otro de tipo aluvial procedente del escarpe superior, donde la extensión de la pequeña meseta tendría su punto más bajo, que actuaría como desagüe en época de escorrentías.

En vista de todo ello, una vez más queda de manifiesto que la escasez de la fracción limo no es obstáculo para que ésta presente un moderado componente biogénico, aspecto que en este caso cobra especial relevancia, dada la “aparente esterilidad” biológica del contexto natural, así como del propio sustrato portador de microfósiles, caracterizado por su gruesa textura (arenas >200  $\mu m$ ). Sin embargo, pese a la moderada concentración de microfósiles silíceos, debe atenderse a su diversidad, ya que el registro no sólo está basado en varios tipos de diatomeas, quistes de crisofitas y espículas de esponjas, sino también en fitolitos de compleja adscripción paleoambiental.

Y una vez más debemos ratificar el poder modificador del agua aun cuando su presencia sea poco más que circunstancial, aspecto que los datos invitan a tomar en consideración cuando se trata de abordar la cuestión de los recursos hídricos en un pasado casi desconocido a nivel paleoambiental y en unas poblaciones aborígenes que nos son más conocidas gracias a los trabajos arqueológicos previos (Arnay, 1982; Galván & Santos, 1991; Hernández, 2006; entre otros). Puede afirmarse sin lugar a dudas que este tipo de analíticas, corrobora la especificidad de los recursos hídricos en Las Cañadas del Teide, pese a que en el caso analizado no se detectan signos aparentes de antropización del contexto de la zona prospectada y propuesta como *Punto*

*Húmedo*. Pero cuya importancia radica precisamente en funcionar como analíticas que permiten una aproximación arqueológica mediante la perspectiva de los microfósiles y su contexto de acogida.



**Gráfico 91**, Datos analíticos básicos de la muestra correspondiente a P-Hum-VC. J.A.

Finalmente el estudio del punto húmedo que hemos denominado “Cabaña Escarpe” podría ofrecernos una idea del proceso de colonización vegetal de zonas volcánicas de la alta montaña de Tenerife. La casi ausencia de vegetación superior, si exceptuamos los ejemplares aislados de retama del Teide situados inmediatamente por encima del mencionado Punto Húmedo, y la presencia de briófitos asociados al techo rezumante, que parece ejemplificar claramente dicho proceso. Pese a la dificultad para asociar el protagonizado entre la vegetación muscinal y la mencionada leguminosa, sin duda se trata de dos ámbitos que colaboran en la transformación del paisaje, desde que este aun sólo presenta un componente eminentemente mineral.

Por su parte el análisis de microfósiles y de fracciones granulométricas no hace sino confirmar que estamos ante el resultado de procesos de desarrollo biológico asociado a la presencia de agua y la generación de fracciones finas de origen crioclástico. Aunque no puede descartarse la incidencia de la fuerte circulación eólica que afecta a esta zona, situada a más de 2.000 m.s.n.m. y orientada al noroeste, que motivaría el aporte alóctono de partículas, aunque creemos que buena parte del registro de microalgas es autóctono. Y que el de fitolitos podría serlo si partimos de una hipótesis de trabajo asociada a profundos cambios paleoambientales con respecto a la actualidad. Aspecto éste que creemos debe ir asumiéndose para una zona donde las únicas transformaciones son asociadas a las modificaciones volcánicas, o bien producidas por actividades antrópicas. En espera de posteriores estudios estratigráficos, la idea es que las formaciones vegetales de Las Cañadas han experimentado cambios sustanciales, aun superados por la vegetación, cuyas evidencias pueden estar, dada su escasez macroscópica, en los registros microfósiles de ambientes sedimentarios como los asociados al discurrir o acumulación de agua.



### **Los puntos húmedos y su aprovechamiento en la Prehistoria de Tenerife.**

Desde una perspectiva de aprovisionamiento actual de agua, en uno de los entornos más áridos de Las Cañadas, tanto por altitud, por configuración geográfica, geológica y vegetal, sorprende que este aprovisionamiento sea posible, pese a que para ello sea necesario adaptarse a sus limitadas aportaciones del líquido elemento. Tanto el registro de microalgas como la observación de un mínimo goteo en plena época estival, confirman que podría captarse agua en este lugar al menos de forma no-inmediata, sino situando recipientes que la recogieran a lo largo de la jornada.

Si empleamos los datos obtenidos para configurar una hipótesis de trabajo, este tipo de puntos con presencia de agua con caudal mínimo (goteo) podrían haber permitido el aprovisionamiento de la misma especialmente en aquellos casos donde las estancias en el entorno fueran prolongadas. Una estrategia de colocación de recipientes en estos puntos, de los cuales sin duda existen aun muchos más que nos son desconocidos, garantizaría el abastecimiento de grupos humanos que habitaran la zona en periodos donde el agua no se encontraría bajo otras formas, al menos en determinadas zonas donde esto no es posible. Esta hipótesis se vuelve especialmente factible en paisajes donde no existen recursos aparentes, como los vinculados a la alimentación del ganado. Donde otros, como ocurre con los líticos, situados en zonas donde, para proceder a su extracción, se requeriría de estancias más o menos prolongadas, que harían compleja la misma, requiriendo de específicas estrategias de aprovisionamiento.

Las evidencias arqueológicas asociadas a este tipo de recursos hídricos son ciertas al menos en uno de los casos estudiados (Puntos Altos del Teide), pero siendo posible emitir lecturas sobre la explotación de dichos recursos mediante el análisis de residuos presentes en industrias cerámicas procedentes de Las Cañadas. Aunque se ha guardado un apartado específico para este tema, el hallazgo de valvas de diatomeas similares a las localizadas en recipientes cerámicos de la zona (Museo Arqueológico del Puerto de La Cruz) y en el sedimento de uno de estos puntos, parece poder confirmar al menos la idoneidad de la vía de investigación. Pero también de la hipótesis de que existió una estrategia de aprovisionamiento de agua más allá de la oferta situada en torno a los 2.000 metros de altitud. Y que en ella se involucraron industrias cerámicas de algunas tipologías comunes en los contextos arqueológicos de Las Cañadas, como los grandes vasos repetitivamente presentes en numerosos yacimientos del tipo de “escondrijos” de las zonas de cañada (Diego, 1968; Arnay, 1982; 2000; entre otros).

### **Valoración final sobre los datos aportados en el estudio sedimentario de los Puntos Húmedos.**

Los registros de datos obtenidos en el análisis de los denominados *Puntos Húmedos*, tanto los situados a una altura no inferior a los 2.000 msnm, como los localizados en la zona alta del Conjunto Teide-Pico Viejo, indican aspectos relacionados con las características de tales sedimentos, tanto a nivel ambiental, con la formación de suelos incipientes, como de desarrollo en los mismos de organismos vegetales microscópicos (microalgas diatomeas y crisofitas). Entre ambos nos permiten conocer por tanto parte del proceso natural de desmantelamiento de los materiales volcánicos, resultado de los

últimos eventos eruptivos, así como la presencia de condiciones idóneas para el desarrollo de organismos microscópicos tan importantes, como bioindicadores, como las microalgas de esqueleto y quistes silíceos. Junto a ellos, pese a no poderse localizar su rastro más a que nivel de indicios, parece posible intuir la presencia de organismos vegetales macroscópicos del tipo de briofitos y flora hepática, empleando los primeros como principal indicador de condiciones idóneas, aunque mínimas, para el desarrollo también de los segundos.

No cabe duda por tanto de que el análisis sedimentario, asumido en su propia faceta microscópica, como de carácter textural y contenido en compuestos como la materia orgánica y carbonatos, así como de las partículas biogénicas formadas en gran parte por valvas de diatomeas, permite también obtener importantes datos paleoclimáticos. Asociados éstos a momentos en los que la existencia de un mínimo sustrato, vinculado a la disgregación por meteorización y procesos crioclásticos, se ve asociado a procesos de acumulación hídrica, pese a ser en muchas ocasiones en forma sólida, que facilitaron el desarrollo de microalgas, representadas casi en exclusividad en el registro microfósil de dichos sedimentos.

Las diferencias entre las características físicas y de materia orgánica y carbonatos entre los puntos húmedos altos y los “bajos” son muy notables. Lo cual primeramente hay que achacarlo a las características de estos últimos. En todo caso Los registros de microalgas han resultado tan evidentes en los sustratos analizados, que no sólo permiten llevar a cabo la ya de por sí fundamental identificación y adscripción taxonómica de sus restos, sino llegar a valorar algo únicamente posible cuando se conocen numerosos contextos similares, como la entidad del conjunto y su relación o lejanía con un proceso histórico dado.

#### **Inferencias sobre los puntos húmedos y la arqueología de Las Cañadas.**

A modo de discusión, atendiéndonos a los resultados obtenidos y los planteamientos de partida, es que en torno a la distribución de los Puntos Húmedos existía todo un sistema de abastecimiento (recursos esporádicos y permanentes) que permitían la estancia prolongada —a los grupos humanos prehistóricos— en la amplia zona conocida como Las Cañadas del Teide. Estancia vinculada a claros objetivos, como la explotación y captación de recursos vegetales y líticos. Tal planteamiento se basa de antemano en que tal ocupación —a juzgar por la entidad de las evidencias arqueológicas detectadas hasta el momento en la zona— se realizó de forma continuada, como para cumplir con los propósitos de su desplazamiento a la misma. Las características de los registros microfósiles existentes, en los sedimentos localizados en zonas con ocupación prehistórica real de Las Cañadas, suponen contar con un punto de partida para el estudio de un parámetro tan esencial en dicho proceso como es el agua. Obviamente, tal estudio pasa por analizar aquellas muestras donde pueden contenerse las evidencias, en este caso microscópicas, de microorganismos, pero también partículas de plantas hidrófilas, derivadas de la existencia de agua, actual o relictas (paleocauces, antiguos lechos lagunares, etc.).

Por ello no dudamos que los aborígenes en Las Cañadas desarrollaron estrategias de aprovisionamiento y conservación de agua que implicarían determinados patrones de comportamiento social, considerándose —dicha

actividad— como fundamental y específica, de alto valor para la subsistencia del grupo en su estancia en la alta montaña de Tenerife. Nos sumamos con ello a planteamientos que no sólo contemplan a estas poblaciones en su relación con un específico medio natural, sino como entidades socioeconómicas que despliegan un modelo concreto de explotación del mismo, basado éste en las características de la propia estructura de esas sociedades. Obviamente, el boceto de tales características, desde la disciplina microarqueológica, resulta especialmente plagado de dificultades, aunque solamente en cuanto a la definición del conjunto muestral, que pasa por ser muy amplio, que además del material arqueológico involucra especialmente al edáfico e incluso geológico. No obstante, la estrategia diseñada, para ofrecer una propuesta de análisis de ese tipo, nos permite percibir dónde es posible buscar información, al menos forma preliminar, sobre la cuestión del agua en el conjunto de elementos fundamentales para los guanches en Las Cañadas del Teide.

## Registro de fitolitos y microalgas silíceas en suelos del Llano de Ucanca (Las Cañadas del Teide).

### Introducción

El desarrollo del análisis de un suelo propio de Las Cañadas del Teide, como el que integra un fondo de cañada, buscaba conocer algunas de sus características microscópicas y ponerlas en relación con algunas de tipo edáfico, tomando como base de ambas los sedimentos que colmatan las cuencas endorreicas situadas bajo y entre el escarpe que rodea el conjunto Teide-Pico Viejo, edificio volcánico más reciente de la zona, y que conforman los dos amplios circos que forman Las Cañadas (occidental y oriental). Aunque se trataba inicialmente de un estudio con objetivos completamente encaminados a conocer sus posibilidades explicativas, a nivel microfósil, en contextos edáficos peculiares, pronto se reveló como perfecto ejemplo de una metodología indispensable en el abordaje de la presencia más antigua de las sociedades aborígenes en la zona más alta de Tenerife. En concreto en unas formaciones geográficas que supusieron uno de los puntos de interés económico para las poblaciones prehistóricas de Tenerife, y que hoy conocemos como Las Cañadas del Teide.

Todo ello a pesar de la incertidumbre de no poder señalar, estratigráficamente, el nivel edáfico contemporáneo a la secuencia de ocupación prehistórica de Las Cañadas. O lo que es lo mismo llegar a determinar en qué medida puede situarse —en los suelos de Las Cañadas— la actividad antrópica aborígen, dato que las estratigrafías arqueológicas sí pueden reflejar<sup>76</sup>. Ese particular podría abordarse mediante investigaciones

---

<sup>76</sup> Efectivamente la secuencia del yacimiento de Chafarí Norte 3 parece indicarnos ya una secuencia de formación sedimentaria importante, que podría igualmente permitirnos plantear que, la evolución de los suelos locales, ha seguido una pauta evolutiva (edafogénesis) que aunque diferente en volumen neto de suelo (probablemente centímetros de los horizontes superficiales), podría indicar ya la diferencia entre el paisaje de hace unos 1.500 años y los actuales. Entendiendo como “actuales” los que reflejan los primeros datos geográficos al respecto del medioambiente de Las Cañadas, los aportados por viajeros con cierto rigor en sus

dirigidas a determinados parámetros edafo-arqueológicos, como bien podrían ser los microfósiles vegetales asociados a ambientes no-antropizados y antropizados. Pero su aplicación pasaría por serlo en extensión, problemática que no sólo debe relacionarse con la dificultad para detectar evidencias arqueológicas en la enorme extensión que supone el Llano de Ucanca, sino además —a nivel microfósil— con el tipo de sustrato y en especial el de su horizonte superficial (Bw), cuya inestabilidad derivada de una textura eminentemente arenosa, que no permite la acumulación de partículas finas en posición original. Lo cual supone un serio inconveniente para el estudio sincrónico de los registros biominerales existentes en un sustrato similar.

El nombre de «cañadas» hace referencia, también aquí, a la especial constitución de llanuras situadas de forma inmediata, o no tanto, bajo el escarpe que forma el Circo de Las Cañadas. Su origen debe situarse en la colmatación de depresiones del terreno volcánico por sedimentos transportados por los agentes atmosféricos, adquiriendo hoy —y con seguridad también en la época de ocupación aborígen— dicha forma de llanura aluvial. Se trata por tanto de zonas que funcionan como cuencas endorreicas de depósito de los materiales arrastrados, por la erosión hídrica, desde los andenes situados al pie de los escarpes superiores. Igualmente actuarían como zonas de captación de materiales finos, fruto de la circulación eólica local, colaborando —entre ambos tipos de mecanismos— en la creación de un registro de partículas finas (arenas < 200 µm, limos y escasas arcillas) de gran potencia.

Su aspecto aporta al paisaje de Las Cañadas del Teide la percepción de un espacio muy singular, creando entre ellas un ambiente caracterizado por la horizontalidad —al amparo de los escarpes del circo— que tapiza depresiones y afloramientos de lava hasta en muchos casos hacerlas desaparecer. Aunque no de forma exclusiva, sobre los suelos propios de cañada se desarrolla parte de la vegetación local, aprovechando paquetes edáficos formados tras milenios de aportes de partículas minerales aluviales, por la acción de un clima que favorece procesos formadores de suelos con predominio de la dinámica atmosférica<sup>77</sup> frente a la acción química y microbiana.

Efectivamente estas cuencas suponen el punto final del recorrido seguido por los materiales geológicos, de muy diferente edad y tipología, desde el pie de los escarpes de la pared del Circo de Las Cañadas, una vez la meteorización los sitúa bajo éstos en forma de depósitos de piedemonte. Siendo luego arrastrados por el agua y el viento hasta las zonas deprimidas del terreno (Navarro, 2000), que son precisamente llanos aluviales como el Ucanca, los de las Siete Cañadas e incluso Valle de Chafarí. Este proceso se repite en varias zonas de Las Cañadas a lo largo de todo el circo que las conforma, siendo especialmente significativo en su vertiente oriental, con la generación de un amplio espacio, de depósitos similares, situado entre El Portillo y la Montaña de Guajara. Aquí se sitúan las denominadas “Siete

---

descripciones, caso de Alexander Von Humboldt a finales del siglo XIX y especialmente algunos posteriores, como serán los aportados por L. von Buch y C. Smith, en 1815.

<sup>77</sup> Con procesos que pueden alterar los materiales geológicos, parentales en el caso de los suelos, de forma macroscópica muy rápida —hablando en términos geológicos— como ocurre con la crioclastia o gelifración.

Cañadas”, algunas de las cuales, de gran extensión como la “De la Grieta”, presentan una amplia planicie endorreica, fruto de la acumulación de materiales procedentes de los escarpes superiores. En ellas los procesos de erosión hídrica forman parte fundamental de su génesis, presentándose como la consecuencia directa del desmantelamiento del sustrato geológico, con la gradual desintegración del mismo hasta llegar, en sus elementos más finos, a formar parte del particular paquete sedimentario de la estructura edáfica de las cañadas.

De esta forma, los materiales que aquí podemos encontrar no sólo nos ofrecerán información sobre su composición mineral, sino de la particular textura en la que están dispuestos. Dicha propiedad, en los suelos de cañadas, está directamente relacionada con los procesos erosivos que las han formado, tal y como ocurre con otros tipos de sustratos (Courty *et al.*, 1989), por ello el estudio microscópico de tales sustratos entraña la importancia de reconocer restos de antiguas plantas del entorno, tales que fitolitos y microalgas, que en este caso atestiguarían, como ya se ha ejemplificado en otras zonas de Las Cañadas, la presencia de un componente paleobotánico asociado a tales procesos naturales. Se trataba en definitiva de conjuntar también aquí la información aportada por algunas propiedades edáficas, como la textura de un suelo, con su posible contenido en microfósiles.

En el suelo analizado como ejemplo, que pertenece a la zona conocida como Llano de Ucanca –una de las mayores formaciones endorreicas de Las Cañadas del Teide– se localizaron los tres tipos de microfósiles mencionados. Su estudio, en conjunción con algunas propiedades del suelo como la textura, permite establecer los primeros criterios sobre las características del registro microfósil de la zona, y desde ellas asumir el estudio de los procesos que participaron en la formación del sustrato edáfico, donde sin duda jugaron un papel fundamental el transporte, depósito y sedimentación ocasionado por los agentes atmosféricos, que pueden calificarse como muy dinámicos en la mayoría de la zona de Las Cañadas (Criado *et al.*, 2009).

El Llano de Ucanca ejemplifica perfectamente el resultado final de los procesos de formación que culminan con el relleno de una cañada (**Figura 549**). En ellas se han producido, y se producen, acumulaciones de materiales arrastrados por el agua desde la pared del circo de Las Cañadas, materiales erosionados que se depositan en esta gran depresión, que va colmatándose lentamente, dejando aisladas algunas partes de las zonas más altas, como los Roques de García y La Catedral (Navarro, 2000).

Tal secuencia de depósito no había sido analizada, hasta la primera década del siglo XXI, desde el punto de vista estratigráfico, pudiéndose considerar un claro antecedente el estudio geomorfológico realizado para la determinación de arenas eólicas (Criado *et al.*, 2009). De tal forma que el estudio que aquí se presenta podría considerarse el primero de este tipo en realizarse sobre la misma, al menos desde un punto de vista edafológico que tome en consideración los registros microfósiles, especialmente los de base silícea, aunque se realice con bajo nivel de resolución<sup>78</sup>. Faltando igualmente la

---

<sup>78</sup> Para poder clasificarlo de alta resolución habría que realizar un muestreo vertical con posterior análisis de todas las capas o niveles que pudieran darse en dicha estratigrafía. En todo caso tomamos como tal aquel estudio realizado al menos cada

determinación de su edad absoluta, atendiendo especialmente al comienzo del proceso de acumulación de materiales –pero también de las etapas intermedias–, del gran paquete sedimentario que se asienta sobre el fondo de la depresión de Ucanca.



**Figura 549**, Localización de la zona del Perfil R-18 en el Llano de Ucanca. A.G.<sup>79</sup>

Si nos atenemos al paisaje vegetal de la zona muestreada, éste se caracteriza en la actualidad por un escaso recubrimiento vegetal (<10%), básicamente constituido por manchas dispersas de retama del Teide (*Spartocytisus supranubius*), “rosalito del Teide” (*Pterocephalus lasiospermus*) y “hierba pajonera” (*Descurainia bourgeana*), que como citan Martínez de Pisón y Quirantes (1981) son propias, en estos dos últimos casos, de lugares de mayor concentración de humedad edáfica. El Perfil R-18, se encuentra en una zona media de la llanura endorreica, con respecto a la zona de contacto con el frente de avance de las coladas marrones del conjunto Teide-Pico Viejo del llano endorreico donde también se observa el desarrollo aislado de “codeso” (*Adenocarpus viscosus*). Y suficientemente lejano del escarpe del circo como para no presentar derrubios de su progresiva desmantelación. El aspecto superficial del perfil revela pedregosidad extrema, con predominio de gravas basálticas y sálicas, que se extienden sin aparentes afloramientos rocosos, salvo los propios de las coladas, procedentes

---

cinco centímetros a lo largo de toda la potencia de la que consta, en este caso, un suelo. En este trabajo preliminar la limitación a muestras pertenecientes a los tres horizontes de los que consta el perfil, limita también cualquier lectura sobre los cambios de registro microscópico a cortos intervalos verticales.

<sup>79</sup> Referencia al Dr. Asterio Guerra.

del Teide y Pico Viejo, y que funcionan como límites, hacia el norte, de este gran paquete sedimentario.



**Figura 560,** Perfil R-18. A.G.

Tales y especiales características, relacionadas con importantes procesos de erosión y acumulación de materiales sobre los materiales geológicos originales, en conjunción con secuencias climáticas del Holoceno que aun deben definirse, confieren al estudio de microfósiles la relevancia de indagar, a nivel microscópico, en el pasado medioambiental de Las Cañadas del Teide a través del estudio del registro existente en sus suelos. E igualmente, valorar su contribución para el conocimiento específico de tales procesos formativos, así como el de la vegetación a través de sus restos microscópicos.

#### **Un suelo del Llano de Ucanca, tratamientos y verificaciones metodológicas.**

Los materiales analizados pertenecen a muestras obtenidas del Perfil R-18<sup>80</sup> situado en el Llano de Ucanca (UTM: 338918, 3121709, 2.026 msnm.). Constituida como una de las mayores formaciones endorreicas de Las Cañadas del Teide, sus límites geográficos se sitúan al norte con el edificio Teide-Pico Viejo, al este con la elevación de Los Azulejos, al sur con la propia pared de Las Cañadas y al oeste con Boca de Tauce y el Roque del Cedro. Su aspecto es el de una gran llanura sedimentaria, escasa pendiente (0-3%) y gran desarrollo orientado al este-suroeste. Su formación se debe a la acumulación de materiales arrastrados por flujos hídricos desde los escarpes superiores, por la

<sup>80</sup> Realizado por el Dr. A. Guerra (Dpto. de Edafología y Geología, ULL) para el estudio de suelos de Tenerife formados desde distintos materiales parentales e insertos en los objetivos de su Tesis Doctoral.

acción de la erosión hídrica. E igualmente deben asociarse a la acción de corrientes atmosféricas locales y globales, tanto las de circulación habitual (NW) como puntuales (S, SW).

El estudio edáfico del perfil realizado permitió evidenciar una potencia superior a 100 cm. (Figura 560) así como la determinación de un horizonte superficial (Bw) de 0-40 cm., seguido de un horizonte de acumulación (Bt1) desde 40-60 cm. Y a partir del límite inferior de éste un horizonte de acumulación (Bt2), del cual no pudo establecerse su límite inferior, pero que se supone relacionado directamente con el sustrato rocoso sobre el que se asienta, el potente paquete edáfico constituido por el relleno del fondo de cañada<sup>81</sup> (Llano de Ucanca).

El estudio edáfico supuso el paso previo para las analíticas de microfósiles vegetales, básicamente consistió en la caracterización de los principales parámetros que permiten su clasificación. Las observaciones llevadas a cabo con ese fin permiten describirlo como aquel realizado en la parte media de una llanura interior. Los aspectos climáticos —desde la perspectiva edáfica— lo asocian con un régimen xérico, un régimen térmico de tipo méxico y formado por materiales cuyo origen son derrubios de ladera, pudiéndose asociar su cronología a la serie IV del Holoceno.

La cobertura vegetal actual está basada en matorral de cumbre disperso, básicamente formado por retama (*Spartocytisus supranubius*) y que se ha caracterizado como de suelo desnudo, con <10% de la misma. Su profundidad útil es >150 cm., por lo que puede clasificarse como de muy profundo. Respecto a los materiales en superficie son dominantes las gravas, con un valor >90%, muy pocas piedras (<1%) y sin observar afloramientos rocosos cercanos en la zona del perfil. La naturaleza de dichos materiales es de naturaleza basáltica.

La incidencia de erosión laminar puede considerarse ligera (<10%) al igual que la erosión en cárcavas (<10%), mientras que la producida en forma de regueros puede considerarse moderada, entre 10-25% de incidencia en superficie. Respecto a la erosión de tipo eólico, ha sido considerada ligera en esta zona (<10%), aunque quizá convendría observar que en términos paleoambientales la misma pudo sufrir una incidencia mayor en este sentido. Respecto al drenaje, tanto el interno como externo puede considerarse lento. Pese a que la zona del perfil puede considerarse de baja influencia antrópica en la actualidad, por motivos asociados al grado de protección ambiental, su potencia edáfica lo convierte en un claro aspecto medioambiental asociado a la historia natural y antrópica de Las Cañadas.

---

<sup>81</sup> Pese a que en la actualidad la carretera TF-38 divide las zonas propiamente de cañadas situadas bajo el escarpe sur del Circo de Las Cañadas (Montaña de Guajara-Entalladura de Ucanca) y el Llano de Ucanca, éste no es sino una gran y común prolongación de éstas, consecuencia de un proceso de acumulación de materiales arrastrados desde dichos escarpes. Podríamos plantear que dicha vía de comunicación interfiere actualmente —desde su creación— en los mecanismos de arrastre de materiales desde los escarpes del Circo Occidental de Las Cañadas hacia el Llano de Ucanca, como lo hace igualmente con los flujos hídricos cuando éstos se producen.



Su clasificación WRB<sup>82</sup> ha sido la de un Fluvisol háplico<sup>83</sup> (eútrico, arenoso). La descripción de sus tres horizontes constituyentes está encabezada por un horizonte superficial Bw1 de unos 40 cm. de potencia (0-40 cm.), con un límite gradual y ondulado con respecto al horizonte inferior (Bt1).

Las muestras –para la realización del estudio microfósil– fueron procesadas siguiendo un protocolo mixto basado en los descritos por Bárcena (1994, Bárcena y Abrantes, 1998) y Pinilla (1997), para el estudio de microfósiles silíceos, y paralelamente se tomaron en cuenta las principales características edáficas de las muestras (Guerra, 2009). El tratamiento de estas muestras supuso la primera oportunidad para testear la idoneidad de dicha conjunción metodológica, aplicando todos los pasos descritos para protocolo MCAM, en este caso aplicando reactivos ácidos para la eliminación también de carbonatos, tal y como se expresa en el capítulo correspondiente a las Prácticas Analíticas. Igualmente, a modo de método de confirmación, se aplicó una variante del protocolo que contempla la separación de fracciones por densidades (Albert *et al.*, 1999; Korstanje, 2003).

Tras la obtención de los primeros resultados, y en especial con el registro microfósil del horizonte Bt1, se optó por aplicar, al residuo resultante de los tratamientos mencionados, un tratamiento basado en la separación de fracciones por densidades diferenciales, siguiendo el protocolo descrito por Korstanje (2003) y también enunciado por Albert *et al.* (1999; entre otros). Para ello se empleó polytugstato de sodio calibrado a una densidad de 2.3 gr/cm<sup>3</sup>, similar a la que presentan microfósiles de base silicificada, como silicofitolitos y microalgas con esta misma base química. De este modo se consiguió separar la fracción formada por éstos de la propiamente mineral, aunque la gran cantidad de vidrio volcánico –muy abundante en la zona de Las Cañadas– ocupa mayoritariamente la fracción, donde únicamente habría que esperar la presencia de los mencionados microfósiles.

La realización de las preparaciones se realizó igualmente empleando Permout™ como medio de inclusión, que garantizó la idoneidad del medio de observación, permitiendo la identificación correcta de los microfósiles existentes en la muestra. Sobre dichas preparaciones se realizó el cómputo de microfósiles totales presentes en las preparaciones 2x2 cm., posteriormente mediante el cálculo que tiene en cuenta los volúmenes y superficie empleados se extrapola al peso de la muestra inicial tratada.

Las observaciones microscópicas de rutina se realizaron con un microscopio Leica CM E equipado con una magnificación de hasta 1500x (inmersión de aceite), sistema de polarización y equipo de fotomicrografía digital. El estudio cualitativo de morfotipos silicofitolíticos y de microalgas se realizó con una magnificación de 1500x (inmersión de aceite), mientras que el cuantitativo con 600x.

Para la estimación morfométrica de fitolitos se siguieron, como para su clasificación morfológica, los parámetros y términos descritos en las últimas propuestas de sistematización internacional (ICPN 1.0, Madella *et al.*, 2005), e igual criterio se siguió con la descripción de diatomeas (Bárcena, 1994;

---

<sup>82</sup> Clasificación de "suelos principales" propuesta por la FAO.

<sup>83</sup> Lo cual lo define como un suelo propio de una llanura de inundación. La otra acepción le "encaja" menos, que sería la propia de una zona intermareal.

Hartley, 1996; Round et al., 1989 entre otros) y quistes de crisófitas (Plá, 2001). Para el reconocimiento preliminar de los silicofitolitos detectados se siguieron los ejemplos de referencia contenidos en la colección CER-Fitoliteca-1<sup>84</sup>, formados en su mayor parte por muestras extraídas de plantas, sedimentos, suelos y sedimentos arqueológicos.

### Resultados

Primeramente El estudio granulométrico de los tres horizontes indica claras diferencias entre la textura de cada uno de ellos (Gráfico 92). Conociendo que la mayoría de microfósiles silíceos se encuentran depositados en la fracción limo (Pinilla y Bustillo, 1997; entre otros) era de esperar que aquellos horizontes con mayor concentración de esta fracción fuesen los más ricos en microfósiles. Para acometer la respuesta de esta cuestión se llevó a cabo un estudio paralelo –al de las preparaciones microscópicas– de cada fracción, lo cual colaboró en la descripción en detalle de aquellos morfotipos con mayor carga informativa.

A nivel textural, todas las muestras presentan un predominio de la fracción arena, que supera siempre el 50%, con un máximo situado en 75,92 % (Bw) y un mínimo de 54,25 % (Bt1). La fracción limo alcanza un máximo de 41,91 % en el horizonte Bt1 y un mínimo de 15,55 % en Bw. La fracción arcilla es la menos representada, situándose sus valores en 8,54 % (Bw), 3,84 % (Bt1) y 14,20 % (Bt2). Respecto al pH, los valores son similares en los tres horizontes ( $\pm 8$  en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), pudiéndose calificar como básico.

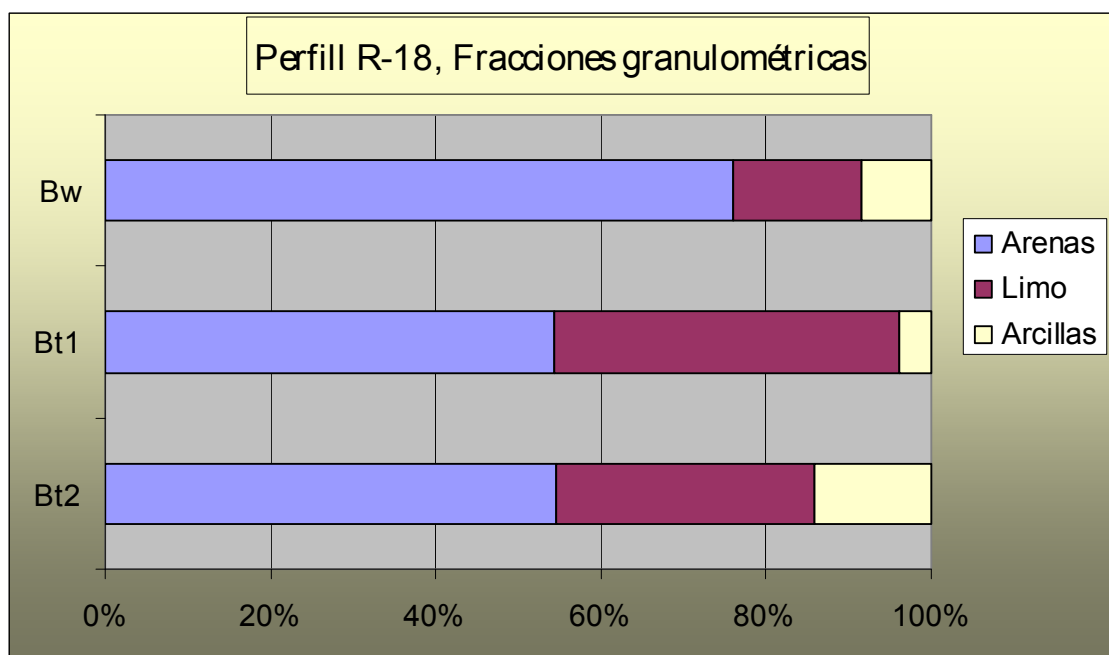
A nivel microfósil las diferencias entre horizontes son realmente evidentes, horizonte por horizonte. Mientras que el superficial Bw presenta una escasez generalizada de microfósiles silíceos, con aproximadamente 13 tipos de microfósiles, entre fitolitos y microalgas. El horizonte Bt1 ofrece todo lo contrario, con más de 30 tipos de microfósiles, siendo moderadamente rico en esqueletos de diatomeas y quistes de crisofitas, aunque el registro de silicofitolitos puede considerarse muy escaso, y en algunos casos confuso, ya que sus morfologías no corresponden –en todos los casos– a los grupos de referencia estudiados, o presentan alto grado de alteración por fragmentación y/o disolución del sílice amorfo que los conforma. No obstante, pese a la baja concentración, tanto de microalgas como de fitolitos, en comparación con las partículas minerales existentes, su presencia y en especial su concreta adscripción a grupos vegetales limitados, ofrece una clara perspectiva biogénica de lo que tendría que ser –en función de el aspecto que presenta en la actualidad la zona muestreada– un sustrato con muy escasa representación de microfósiles de flora nativa.

Este proceso, que se opera cuando existe un pH básico extremo, acrecentado cuando existe circulación hídrica, como ocurre en esta zona de Las Cañadas, aunque en principio de muy escasa consideración, su intensidad siempre es de moderada y baja intensidad. En dicho sentido, los valores de

---

<sup>84</sup> Obtenida básicamente con el tratamiento de plantas en laboratorio, procedentes de recolecciones sistemáticas en Tenerife y algunas zonas continentales e insulares europeas, bajo el asesoramiento de A. Santos (Unidad Botánica Jardín de Aclimatación de La Orotava, Tenerife). En ella se agrupan numerosos endemismos pero también plantas autóctonas e introducidas. Puede seguirse parcialmente su contenido en Afonso (2004).

pH son similares para los tres horizontes (8, H2O2) y solamente puede considerarse ligeramente básico. Pero como ocurre en otros contextos antiguos, también arqueológicos, hemos entendido que se trata ésta de una cuestión compleja, la de entender que las pruebas realizadas en la actualidad no tienen porque reflejar siempre las condiciones del pasado. Y este es el caso concreto de las posibles oscilaciones en el pH de un suelo, más cuando se trata de un sustrato sobre el que han podido ejercer su acción agentes atmosféricos muy dispares, y haber pasado de ser una cuenca de habitual encharcamiento, a presentar el aspecto actual<sup>85</sup>, donde solamente bajo determinadas condiciones atmosféricas se produce el encharcamiento eventual de las zonas del Llano más deprimidas, probablemente también las más ricas en fracciones finas.



**Gráfico 92,** Fracciones granulométricas en Perfil R-18.

### Registro microfósil de R-18: análisis cualitativo y cuantitativo parcial.

#### Horizonte Bw

El registro de microfósiles es escaso, apreciándose únicamente ejemplos aislados de silicofitolitos de células largas lisos (*elongate psilate*, ICPN 1.0) y varios tipos de algas diatomeas de simetría bilateral (*pennales*) y radial (céntricas). El conjunto más abundante es de los microfósiles no-identificados, observándose en algunos de ellos síntomas inequívocos de disolución del sílice amorfo que los integra. En líneas generales podría calificarse, en términos de conjuntos microfósiles, como un horizonte estéril, con muy bajo componente biogénico.

#### Horizonte Bt1

Este horizonte se presenta como el más rico en microfósiles silíceos, siendo —en el caso de los silicofitolitos— identificables algunos morfotipos que

<sup>85</sup> Como ya he planteado se trata de una hipótesis personal, aunque en algunos casos existen coincidencias con las opiniones de algunos investigadores en Geología.

concuerdan con varias especies analizadas como referencia (Figuras 2 y 3). Cabe destacar la presencia de silicofitolitos de células largas alargadas lisas (*elongate psilate long cell*, ICPN 1.0) como los más abundantes, seguidos de otros también de morfología alargada, pero de mayor eje transversal y ornamentación dendriforme (*elongate dendriform long cell*, ICPN 1.0), así como de apéndices epidérmicos de base ovalada (*epidermal hair cell*) morfologías polilobuladas (ICPN 1.0), *crenate* según la clasificación de Fredlung y Tieszen (1994) y células bilobuladas (ICPN 1.0) o panicoides según la ya clásica clasificación de Twiss *et al.* (1969). Igualmente, dentro de la categoría de células cortas, destacan las de tipo elipsoidal (*elliptical*, ICPN 1.0) como las descritas por Twiss (1992) y Gallego & Distel (2004), y que podrían inicialmente vincularse a la familia *Poaceae*, subfamilia *Pooideae* (Figura 561). Una serie de silicificaciones de gran tamaño podrían hacer referencia a procesos de disolución de SiO<sub>2</sub>, que habría afectado a parte de los conjuntos de fitolitos como derivación de unas condiciones de pH básico extremo y circulación hídrica (Figura 562).

No obstante, varias de estas tipologías no permiten profundizar en la adscripción taxonómica de la planta donde se desarrollan, tal es el caso de las células largas lisas, y no tanto el de los apéndices epidérmicos (Figuras 564), para los que se ha propuesto un estudio basado en las dimensiones de sus ejes de simetría (Zucol y Brea, 2005).

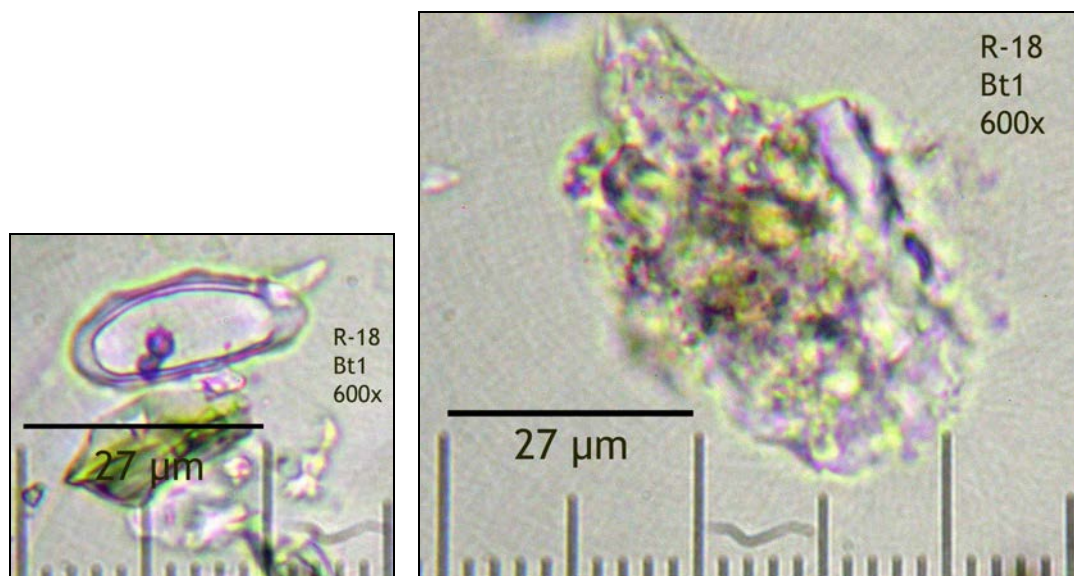
Uno de los grupos fitolíticos con mayor grado de capacidad de diagnóstico taxonómico representados es el de células buliformes cuneiformes (*cuneiform bulliform cell*, ICPN 1.0), o aquellas que conforman el esquema *Arc:Triangle* (A:T) propuesto por Bowdery (1998), aunque aparecen en baja proporción con respecto a otros grupos<sup>86</sup>. Aunque la presencia de tales células resulte de alto valor científico, lo inusual de su presencia en este contexto obliga a tomar precauciones para con su interpretación, al menos hasta la verificación, con el tratamiento de otras muestras, de que no obedecen a un proceso de contaminación de las mismas.

En todo caso, los parámetros morfométricos de estas grandes y masivas células no dejan lugar a dudas sobre su origen vegetal. Dichos parámetros varían entre los ejemplares detectados, si se atiende a las dimensiones y disposición de sus principales ejes de simetría (Figuras 565, 566, 567 y 568), pero todas presentan una zona apuntada de tendencia triangular (*Triangle*) y otra, de mayor desarrollo de tendencia rectangular y en arco en su parte final (*Arc*). Se trata de células de gran tamaño, que en algunos casos llegan a superar las 160 µm en su eje longitudinal (A+B), superando entonces todas las

---

<sup>86</sup> Hecho constatado igualmente en las plantas analizadas como referencia, tanto en el caso particular de *Phragmites australis* y *Arundo donax*, las células buliformes representan una mínima parte del registro de silicificaciones desarrollados en las hojas de ambas especies. En especial si comparamos su concentración, por gramo de residuo, con las células cortas tipo "silla de montar" (*saddle*, ICPN 1.0) en *Phragmites australis* y tipo bilobulado con estrechamiento central (*bilobate*, ICPN 1.0), también denominadas *panicoides* en *Arundo donax*. Puede tomarse este hecho como referencia cuantitativa a la hora de estimar la presencia, de dichas células buliformes, en contextos antiguos, como suelos y sedimentos no-directamente antropizados, donde igualmente su concentración es escasa.

células similares de referencia, caso de *Phragmites australis*, *Arundo donax*, *Chloris gayana*, *Imperata cylindrica* y otras de introducción segura en las Islas como *Saccharum officinarum*. La importancia de esta evidencia motivó una profundización en la primera hipótesis generada, con la observación de tales tipos de fitolitos, en concreto por la similitud morfométrica inicial con los existentes en los tejidos foliares del carrizo (*Phragmites australis sp.*), especie sujeta a estudio selectivo<sup>87</sup> en contextos arqueológicos y paleontológicos de las Islas Canarias (Afonso, 2004, 2007).



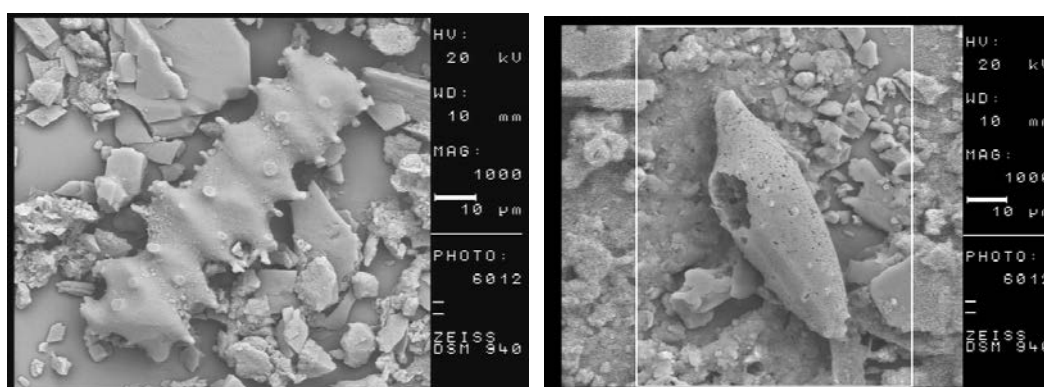
**Figura 561**, Fitolito de célula corta *Pooideae*. **Figura 562** (Drcha.) Posible fitolito de célula buliforme cuneiforme, con clara afectación de proceso de disolución de SiO<sub>2</sub>. Ambas: 600x.

Por ello se llevaron a cabo dos análisis de conglomerados (*Clusters*) con los datos existentes, primero con los pertenecientes a la colección de referencia de *Phragmites australis*, que cuenta con una amplia muestra de taxones de esta especie recolectados en muy diferentes contextos de las Islas, Península Ibérica y norte de Europa (Escocia y Noruega) y otro con los parámetros medios de las células buliformes presentes en el resto de las especies mencionadas anteriormente. En el primero de ellos se emplearon datos obtenidos con tejidos foliares de *Phragmites australis sp.* procedentes de taxones de esta especie, con posibilidad también de variaciones a nivel de subespecie. El resultado de este cluster experimental indicó afinidad morfológica de algunas de las células buliformes de R-18 con algunos de los ejemplares presentes en dicha colección, pero la mayor parte de ellos se distancian de los mismos. Y es a nivel morfométrico donde se puede localizar las diferencias entre ambos, ya que en la mayoría de los casos, las dimensiones de los buliformes presentes en R-18 superan en mucho las de la colección de referencia; diferencias que también se observan a nivel morfológico (**Figuras 565, 566, 567 y 568**). Pero el comparativo

<sup>87</sup> Por tratarse de una planta adaptada a especiales condiciones ambientales, y precisos requerimientos de humedad edáfica.

morfométrico denota también la presencia de un morfotipo no conocido, que posee un eje B muy superior, en dimensiones, al que presentan los morfotipos de referencia (**Gráfico 93**).

Igualmente podría asumirse la identificación de fitolitos de células masivas, que también podrían ser buliformes no-cuneiformes, o no de la morfología *Arc:Triangle*, y que podrían pertenecer a especies de gramíneas diferentes a las que generan las primeras. Sus dimensiones son igualmente considerables, con respecto al resto de morfotipos, presentando un eje mayor de 54  $\mu\text{m}$  (que parece dividirse en dos ejes de simetría) y otro menor de 40,5  $\mu\text{m}$ . La mayor similitud de este morfotipo se refiere a la especie *Brachypodium sylvaticum*, presente —con muchas restricciones ambientales— en la zona de Las Cañadas de Teide, aunque en este caso se trata de células buliformes no-cuneiformes.

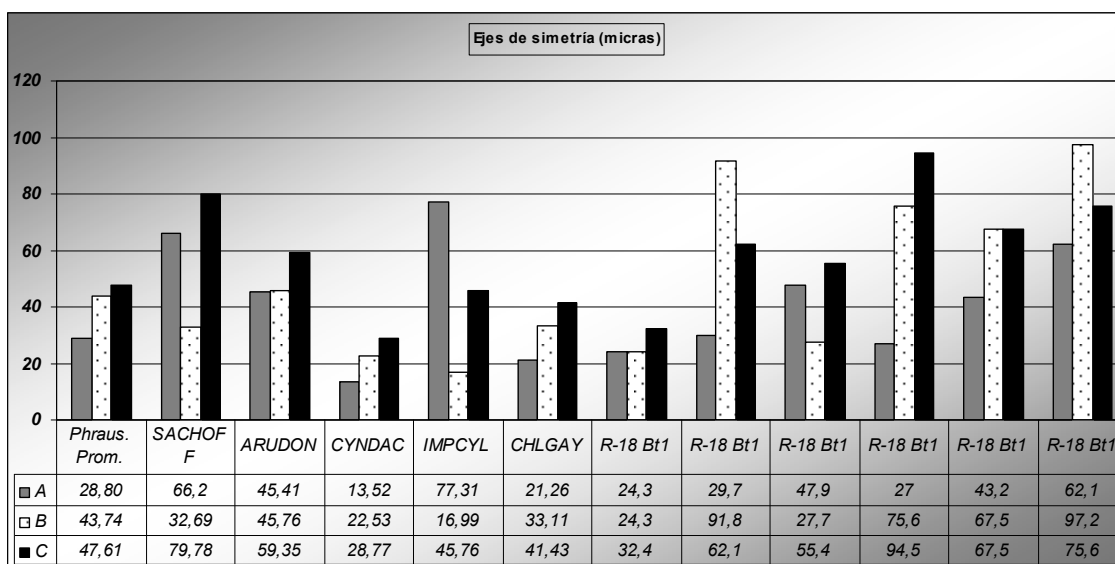


**Figura 563** (Izqda.), Silicofitolito *Poaceae* de célula larga dendriforme.  
**Figura 564** (Drcha.), Silicofitolito de apéndice epidérmico *Poaceae* con síntomas de alteración. Fotos: I. Hernández (USAL) y J. Afonso (ULL).

En todo caso, dado lo especial de las condiciones climáticas donde aparecen este tipo de fitolitos, se han realizado comprobaciones con numerosas preparaciones microscópicas, ya que los morfotipos buliformes presentes en el Perfil R-18 indican similitud con especies pertenecientes a géneros como *Phragmites* sp. y *Chloris* sp., aunque su tamaño, que llega a alcanzar las 160  $\mu\text{m}$ . supera en mucho las estimaciones morfométricas realizadas con plantas patrones (CER Fitoliteca-1). Si bien *Chloris* sp. aparece citado puntualmente para la zona de Las Cañadas (Wildpret & Martín, 2000), la hipótesis de estar ante fitolitos procedentes de las hojas de *Phragmites* sp. —o de una especie de similares características botánicas— ha generado la inquietud de hablar de una especie asociada a zonas húmedas, no propias de alta montaña, y sí de costa, como marismas y marjales, desembocaduras y riberas de ríos, rías, así como orillas de lagos y lagunas; siendo incluso una especie que tolera bien altos niveles de salinidad (Klapp, 1987).

Se trata en todo caso ésta de una especie vinculada siempre a un nivel freático inmediato, que perfectamente puede estar presente en zonas del interior continental, como el caso de las riberas del Río Tormes (Salamanca), donde constituye una especie habitual en las orillas e islas fluviales creadas por la disminución gradual del caudal hídrico.

Por ello observar células similares a las desarrolladas por *Phragmites australis*, pero localizadas en suelos de Las Cañadas del Teide, motivó lógicos recelos hacia la metodología empleada, en concreto hacia los procesos de descontaminación. Pasando por la atrayente<sup>88</sup> posibilidad de emitir una novedosa lectura paleoambiental, al no ser en la actualidad este tipo de plantas propias del entorno, ni estar dentro del grupo de posibles plantas productoras de dicho tipo de fitolitos, presentes en los catálogos florísticos de la zona (Wildpret & Martín, 2000).



**Gráfico 93**, Comparativo de los principales ejes de simetría entre células buliformes de referencia (Promedios) y algunos ejemplares detectados en R-18 Bt1.

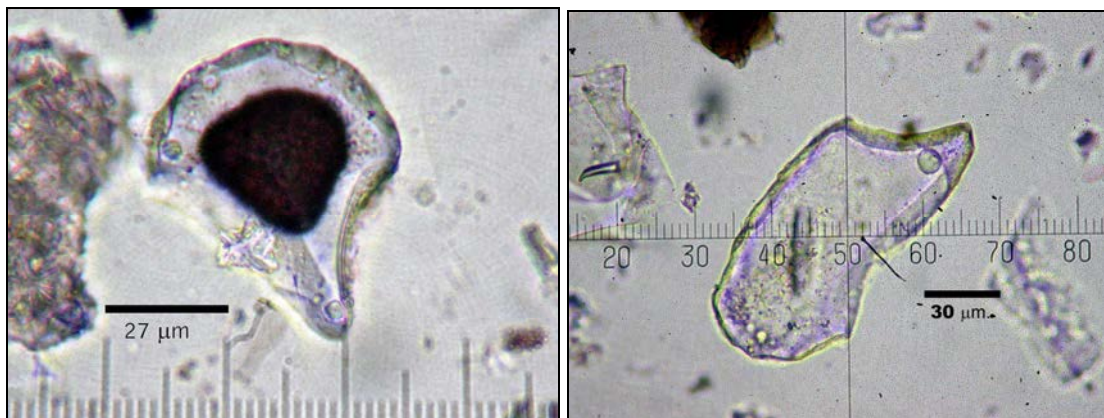
Atendiendo a la necesidad de corroborar en la medida de lo posible las primeras observaciones, se procedió a estudiar la muestra correspondiente al horizonte Bt1 de forma exhaustiva, realizando mayor número de preparaciones de control, pero incorporando el método de densidades diferenciales (Albert *et al.*, 1999) y un medio de inclusión más licuado –basado en aldehído cinámico<sup>89</sup>–, que el seleccionado para realizar preparaciones permanentes (Permout™). E igualmente se puso en marcha el protocolo de concentración de fitolitos en una sola fracción, mediante flotación en un líquido pesado como el Polytugstato de sodio, siguiendo los pasos descritos por Albert *et al.* (1999) y Korstanje (2005).

El resultado de esta repetición sistemática de preparaciones microscópicas, permitió confirmar la presencia en la totalidad de ellas de las mencionadas células buliformes, de varias tipologías, pero que cumplen el esquema «Arc:Triangle» propuesto por Bowdery (1998), también empleado con variaciones por Houyuan *et al.* (1997). El estudio micro-morfométrico confirmó la gran envergadura de algunas de ellas, superior en al mayoría de los casos a las muestras de referencia existentes (CER Fitoliteca-1),

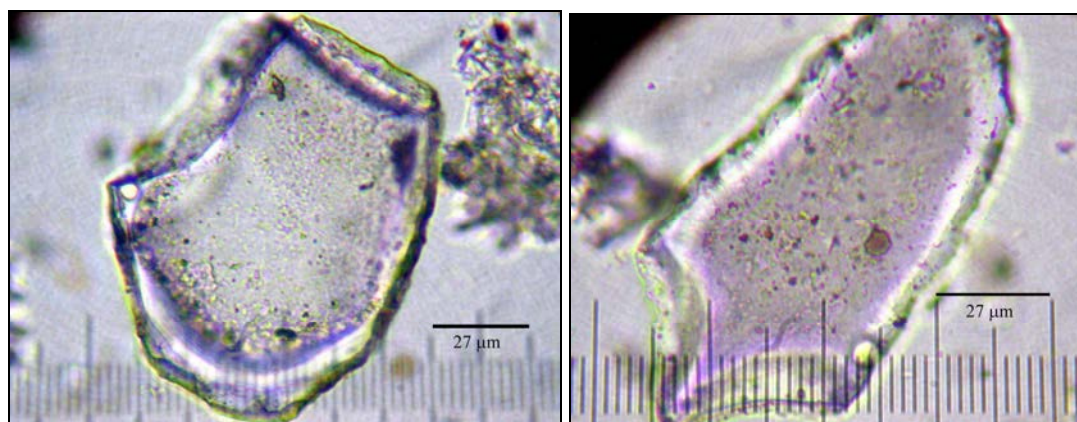
<sup>88</sup> Y más que eso, absolutamente relevante para un estudio de microfósiles, ya que hasta el momento no se habría planteado la posibilidad de detectar una evidencia de este tipo.

<sup>89</sup> A. Pinilla, 2002, Com. y Práct. Pers.

configurando especialmente un registro heterogéneo, en cuanto a criterios morfométricos, lo que puede traducirse en diferentes especies de la familia *Poaceae* que desarrollan fitolitos semejantes<sup>90</sup>. En todo caso, parece haber constancia de formas similares, a las buliformes *Arc:Triangle*, que presentan muy alto grado de disolución, tanto como para únicamente ser reconocido su contorno, sin márgenes lisos y angulares, y sobre todo con una superficie muy deteriorada.



**Figura 565** (Izqda.) y **566** (Drcha.), Ejemplos de silicofitolitos de células buliformes cuneiformes en el horizonte Bt1. Nótese la gran diferencia existente entre sus ejes de simetría, basados en una forma ideal formada por una zona apuntada triangular y una forma de arco. 600x.



**Figura 567** (Izqda.) y **Figura 568** (Drcha.), Ejemplos de otras células buliformes localizadas en R-18 (Bt 1). Ambas: 600x.

El registro de silicofitolitos se completa, además, con elementos traquéales del xilema, altamente silicificados, formados por una trama de bandas transversales de tendencia helicoidal. Su tamaño, es similar en algunos casos a los presentes en la colección de referencia y es de unas 80

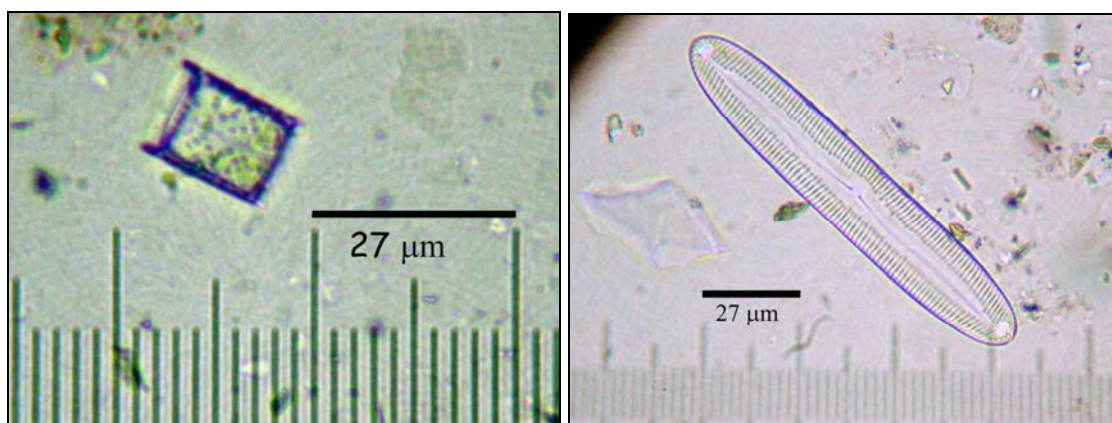
<sup>90</sup> Para obtener más información sígase el apartado correspondiente al tratamiento estadístico de datos correspondientes a las buliformes del conjunto muestral, donde se introdujeron los datos junto con los obtenidos en las plantas de referencia. Capítulo Resultados 5-II, Tratamiento estadístico de datos procedentes de fitolitos de células buliformes.



$\mu\text{m}$ , y en concreto a los existentes en los tejidos leñosos (tronco y raíz) de la leguminosa *Spartocytisus supranubius*. Aunque en otros contextos podría hablarse que su origen estaría asociado a un grupo vegetal numeroso, en Las Cañadas del Teide únicamente podría ser compartido por *Adenocarpus viscosus*, pero en este caso las dimensiones de tal morfología son netamente inferiores.

Dentro del registro de diatomeas destaca la variabilidad morfológica existente, pero en muy bajas concentraciones, de hecho no puede hablarse de un registro consistente, sino muy escaso para las expectativas existentes sobre un sustrato que se entiende como de inundación estacional.

apareciendo tanto especies del grupo de las céntricas/centrales como de simetría bilateral (pennales), y a su vez en diferentes rangos de tamaño y ornamentación. Dentro del grupo de las céntricas, que presenta menor diversidad que el siguiente, se identifican morfotipos propios del género *Aulacoseira* sp. (ant. *Melosira* sp. (Figura 569) con un tamaño medio de 16  $\mu\text{m}$ . Dentro de las pennales destacan morfotipos de gran tamaño pertenecientes a *Navicula* sp., (posibilidad *N. arenaria*) que alcanza 125  $\mu\text{m}$  en su eje longitudinal y presenta rafe en su zona central (Figura 570).



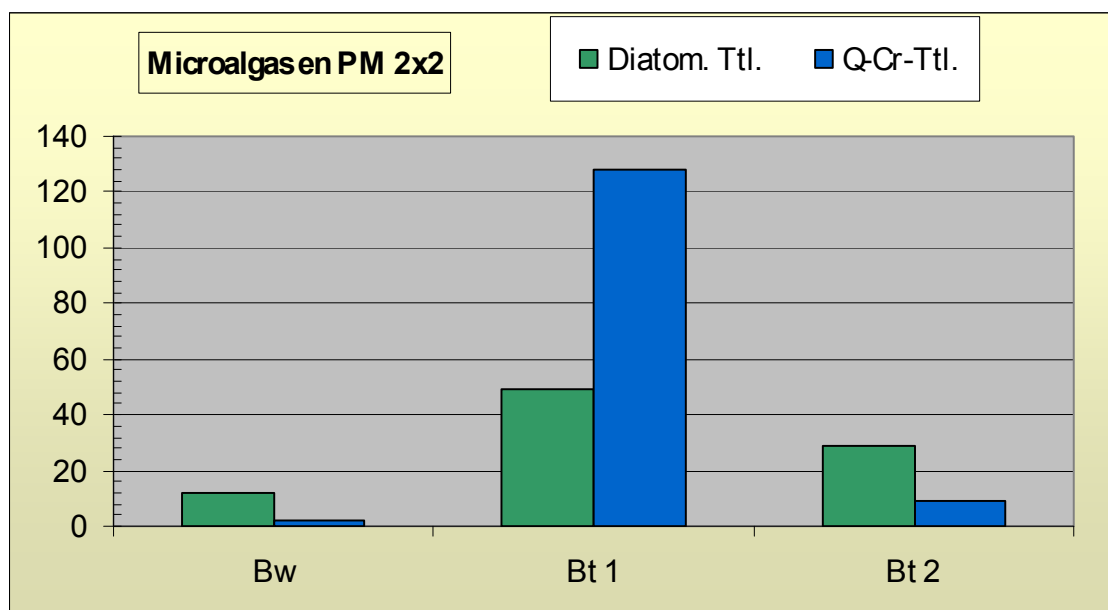
**Figura 569** (Izqda.), Diatomea céntrica del género *Aulacoseira*/*Melosira* sp.  
**Figura 570** (Drcha.), Diatomea pennada de género *Navicula* sp. Fotos: J.A.

Y es dentro del grupo de las microalgas donde el conjunto microfósil presenta su mayor concentración, en concreto en el integrado por quistes de resistencia de algas crisófitas (*Crysophyta*), que se configuran como uno de los grupos más numerosos en el horizonte Bt 1 (Gráfico 94), aunque en concentraciones mucho más bajas en los dos otros horizontes. Dentro de dicho grupo se detectan dos morfotipos, siendo el más numeroso el de morfología esférica y lisa, sin ornamentación, con un diámetro que ronda las 6-7  $\mu\text{m}$  (Figura 571), tratándose de un grupo común en numerosos contextos paleontológicos (Pla, 2001; Vigna, 1989; entre otros). Esta morfología podría clasificarse dentro de la familia *Chrysostomatoceae* y dentro del género *Chrysostomum* sp., como la descrita por Chodat (1922) y más recientemente por Tappan (1980) y Cronberg (1986), siendo similares a los identificados desde contextos del Terciario, hasta la actualidad. Otra morfología similar detectada también incluye collar. Se trata en todo caso, pese a las

dificultades existentes para asignarlos a géneros concretos dentro de *Chrysophyceae*, de quistes de resistencia producidos a nivel endógeno por crisofitas no-marinas.

Otro grupo mucho menos numeroso de quistes presenta una morfología de óvalo u ovalada (*ovate shape*, Pla, 2001), collar complejo (*complex collar*, Pla 2001) y ornamentación de prolongaciones equinadas o en forma de dorsal onduladas (formas 16 o 31 de Pla, 2001) y sobresalientes, que podrían ser apuntados (**Figura 572**), con un tamaño algo superior a los anteriores (11  $\mu\text{m}$ . en su eje longitudinal incluido el collar). Se trata de una morfología escasa (sólo tres ejemplares en preparación 2x2) pero muy diferente a la anterior, de la cual es compleja su observación detallada al microscopio óptico por las limitaciones de éste. Si nos atenemos a la descripciones de los autores ya citados, correspondería también a la subfamilia *Chrysostomatoceae* y en este caso al género *Outesia* sp. (Frengueli, 1925) desarrollado también por una crisofita no-marina. Igualmente, tanto la morfología, su ornamentación como la configuración del collar se ajustarían al morfotipo descrito por Conrad (1926?) y propuesto como *Carnegia armata* (Frenguelli) Deflandre var. *unciata* Frenguelli, insertos también en *Chrysostomatoceae*.

Un último grupo presenta igualmente morfología ovalada, sin ornamentación y collar complejo.

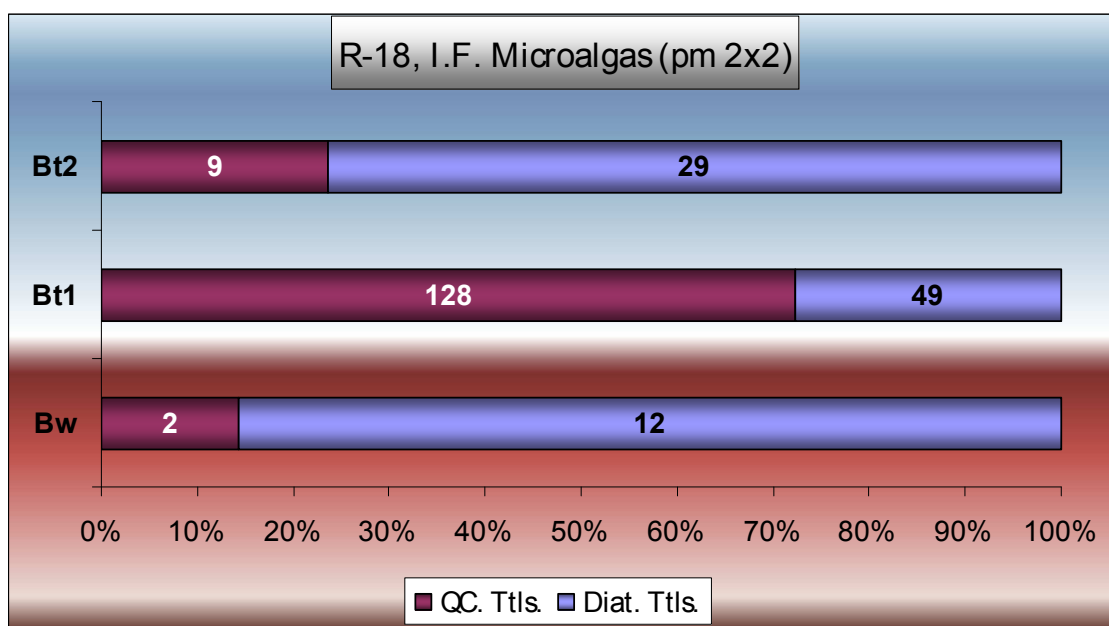


**Gráfico 94,** Cuantitativo de microalgas por preparación 2x2.

Los índices de frecuencia de estas microalgas pueden ser calculados en base la relación entre ellas, aplicando de forma básica el índice de Smol (1985) y que atiende a la relación quistes/diatomeas en cada nivel estudiado (Coradeghini & Vigna, 2001). Desde esta perspectiva, que busca conocer el grado de trofismo en los tres horizontes de los que consta cada nivel estudiado, que en nuestro caso son los horizontes del perfil edáfico R-18, se observa un claro comportamiento diferencial, aunque no sólo debe asociarse éste a aspectos puramente biológicos. Efectivamente podríamos afirmar —en base a estos datos— que podría plantearse un mayor grado de eutrofización en

el horizonte Bt1 con respecto al inmediatamente superior (Bt2) e inferior (Bw).

En ese horizonte la acumulación de quistes supera en mucho al de diatomeas, mientras que en el nivel más profundo éstos pueden considerarse episódicos. ¿Podemos hipotetizar sólo con estos datos que en la formación del horizonte Bw las condiciones hídricas eran más aptas para las segundas que para las crisofitas?, siendo cuantitativamente tan bajas tales estimaciones. Obviamente lo que ocurre en el horizonte Bt1 debe permitirnos hablar de un proceso de acumulación de factores para la deposición de quistes de crisofitas, quizás de eutrofización por aporte de más nutrientes. Si hablásemos en términos únicamente de procesos edafogénicos, en la formación del horizonte Bt1 intervendrían variables ambientales muy diferentes a las presentes en el horizonte Bw, donde podrían haberse producido aportes hídricos superiores pero con bajas condiciones químicas como para favorecer el desarrollo de microalgas. Quizás las propias de ambientes climáticos más rigurosos en términos de bajas temperaturas y escasez de vegetación. Siguiendo esta hipótesis de trabajo, el horizonte Bt1 estaría marcado en su formación por un aporte hídrico y de nutrientes mayor, e igualmente una superior temperatura.



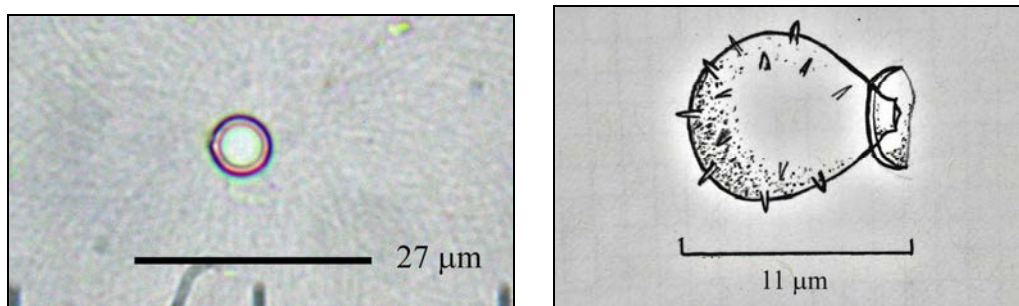
**Gráfico 95**, Aplicación del *Índice de Smol* en el registro de microalgas del Perfil R-18. J.A.

Los palinomorfos son otro grupo representado en el horizonte Bt1, aunque de forma muy aislada y escasa. En concreto se detectaron, especialmente durante el estudio SEM, granos de polen de al menos tres tipos, aunque al no poderse realizar la necesaria, y anterior, observación de microscopio óptico por la escasez de los mismos en las preparaciones— podría tratarse únicamente de tres tipos bien diferenciados. El análisis preliminar<sup>91</sup> permite clasificar al menos uno de ellos dentro del género *Plantago* sp., otro

<sup>91</sup> Realizado por I. La Serna (Dpto. de Botánica, Facultad de Farmacia, ULL).

probablemente perteneciente a la familia *Poaceae* y un tercero de compleja adscripción, por tratarse de morfología y ornamentación muy extendida a nivel palinológico.

En todo caso su presencia en las muestras debe ser tomada con cautela, al no llevarse a cabo el muestreo de estas con la metodología específica para un estudio paleo-palinológico. Incluso podría ser muy posible la contaminación de dichas muestras por pólenes anemófilos actuales, como los de *Plantago* sp., más cuando se trata de un perfil abierto al medioambiente circundante. Por la escasez del conjunto, puede plantearse que la zona del suelo muestreada no funciona como *trampa de polen*, como ocurre con otro tipo de cuencas sedimentarias, donde se constituye como uno de los grupos microfósiles más consistente y numeroso.



**Figura 571** (Izqda.), Microfotografía de quiste esférico y sin ornamentación (600x). **Figura 572** (Drcha.), Propuesta de ilustración para el quiste de mayor complejidad morfológica, que podría adscribirse a los géneros *Outesia* sp. o *Carnegia* sp. J.A.

Un último tipo microfósil podría ser el representado por esferulitas de fauna herbívora, por su forma esférica y comportamiento anisótropo bajo luz polarizada, presentan un tamaño de 13  $\mu\text{m}$ . La aparición puntual de esta morfología no permite inferir ninguna lectura al respecto, salvo el estar relacionada con la presencia, en el suelo, de partículas derivadas de heces fecales de herbívoros, en principio de fauna salvaje local<sup>92</sup>.

### Horizonte Bt2

Presenta una disminución notable de microfósiles con respecto al horizonte anterior, con aumento de la fracción mineral y de posibles morfologías microfósiles que, por su estado de alteración, deben ser clasificados como «indeterminados» o no-identificados (NI). Los grupos silicofitolíticos identificados son prácticamente los mismos que en el caso anterior, siendo únicamente relevantes, a nivel de diagnóstico, grandes células alargadas

<sup>92</sup> Como se sabe Las Cañadas del Teide funcionaron como vasto campo de pastoreo desde época prehistórica, aunque con un desconocimiento casi total del comienzo de dicho tipo de explotación. Ésta se mantuvo, y probablemente intensificó, en época moderna hasta la creación del Parque Nacional del Teide, en 1953, cuando se detuvo la entrada de rebaños en la zona. No puede descartarse la detección de restos de esa actividad en la zona de muestreo, en este caso a través de la de esferulitas de fauna herbívora que, en función de futuros estudios, podría pertenecer a ovicápridos como los que mantuvieron su presencia estacional, con fluctuaciones, hasta bien entrado el siglo XX.

(hasta 121,5  $\mu\text{m}$ ) con posibilidad de poseer ornamentación dendriforme (*elongate dendriform cells*, ICPN 1.0), células largas lisas, células cortas *Pooideae*/festucoides muy aisladas, células cortas trapezoidales, trapezoidales trilobuladas (*polilobulate*, ICPN 1.0), apéndices epidérmicos del tipo *Poaceae* de base ovalada y otros que podrían ser no-*Poaceae*. Se detectan algún ejemplo aislado de célula buliforme cuneiforme como las detectadas en Bt1. El registro de células cortas se completa con ejemplos aislados de tipo *chloridoideae* y *panicoideae* (Twiss *et al.*, 1969; *bilobate*, ICPN 1.0). En este horizonte se detectan dos morfologías no identificadas en Bt1, como las de tipo globular sin ornamentación (*globular psilate*, ICPN 1.0) y los que podrían describirse como grandes formas alargadas, sección cilíndrica o semi-cilíndrica y ornamentación de bandas cruzadas en toda su superficie), y que anatómicamente podrían adscribirse a elementos del xilema no perforados (*cylindric sulcate tracheid*, ICPN 1.0). Tales morfologías estarían asociadas a tejidos propios de leguminosas zonales, aunque se trata de un grupo de fitolitos que no permiten realizar una filiación taxonómica precisa, ya que aparecen tanto en hierbas como en árboles de gran porte.

#### **Análisis cuantitativo parcial del registro microfósil de R-18**

A nivel cuantitativo, y primeramente refiriéndonos a los resultados mostrados en las preparaciones microscópicas, que pueden deben tomarse como relativos del cuantitativo final (absoluto), se observa una desigual distribución, tanto en concentraciones como en grupos microfósiles. Desde esta perspectiva el vacío de éstos en el Horizonte Bw se ve compensado con cierto aumento en Bt1 y Bt2, tanto en el cómputo total de morfologías asociadas a fitolitos como a microalgas.

Con respecto a los resultados y el peso de muestra bruta original (1 gr.) las diferencias entre los registros son igualmente acusadas (**Gráficos 96-97**), observándose un notable incremento de los mismos en el horizonte Bt1 y disminuyendo de nuevo en Bt2, mientras que el horizonte superficial Bw presenta estos a niveles que pueden considerarse de indicios de los mismos. El cómputo en preparación 2x2 cm. indica que el grupo más representado es el de los silicofitolitos (Silicof. Tt.), seguido de lejos por las algas diatomeas (Diatom. Ttl.) y de forma importante por los quistes de resistencia de algas crisófitas (Q-Cr-Ttl.), especialmente en el horizonte Bt1. En este último horizonte se incrementa notablemente el número de formas no-identificadas (NI), aunque aparentemente pudieran corresponder a ejemplares de silicofitolitos muy fragmentados o en estado de alteración muy avanzada. En todo caso en el cómputo reflejado en el **Gráfico 97** no se han tenido en cuenta estos últimos para realizar la estimación de microfósiles totales (MCRF-TTL.)

#### **Discusión: papel explicativo del estudio de microfósiles en suelos aluviales de Las Cañadas.**

Ante el conjunto microfósil identificado en los distintos horizontes del Perfil R-18 se percibe un claro —aunque escaso— componente biológico asociado, con diferencias, a dichos horizontes. La baja concentración de microfósiles en general, y especial en el horizonte superficial Bw, responde sin lugar a dudas a la propia incapacidad del sustrato para retener elementos finos, lo cual viene dado por su propia textura, de clara tendencia a las arenas gruesas.

Pero el depósito, en el horizonte siguiente (Bt1), de la mayor parte de microfósiles detectados en todo el perfil, probablemente se encuentra igualmente relacionado con los procesos de inundación que han afectado a la zona.

Los dos conjuntos microfósiles representados (silicofitolitos y microalgas de esqueleto, o quistes, silicificados) y en especial una parte del primero y la totalidad del segundo, hacia la presencia de agua de forma no-permanente, aunque en algunos casos debe decirse que nos adentramos en procesos naturales que pueden relacionarse con oscilaciones climáticas diferentes a las actuales. Esta afirmación quedaría en parte ratificada por la presencia de microalgas, que podrían tener un desarrollo estacional, cuando las aguas de escorrentías, de lluvias y deshielo, se depositaran con cierta intensidad en las zonas deprimidas del Llano de Ucanca, la fuerte insolación que caracteriza el clima de Las Cañadas aportaría el siguiente requisito indispensable para su desarrollo.

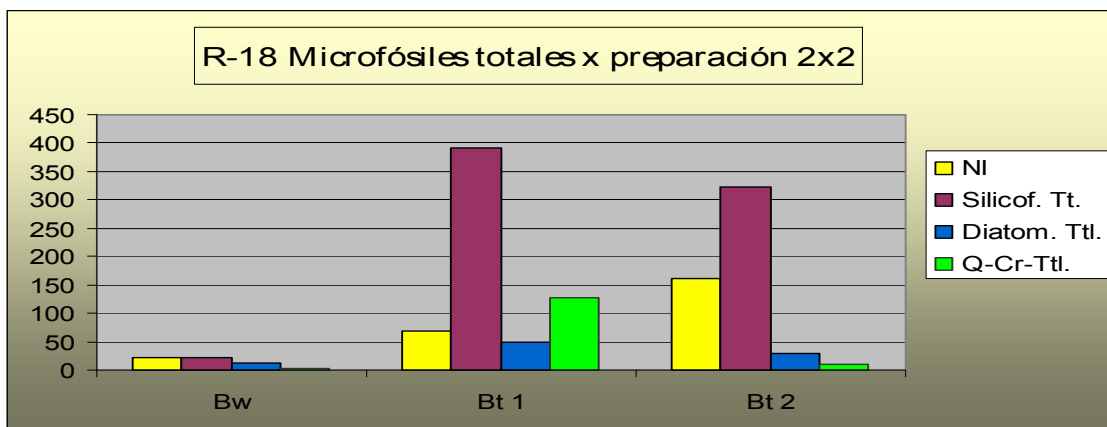


Gráfico 96, Cuantitativo microfósiles por preparación 2x2 cm.

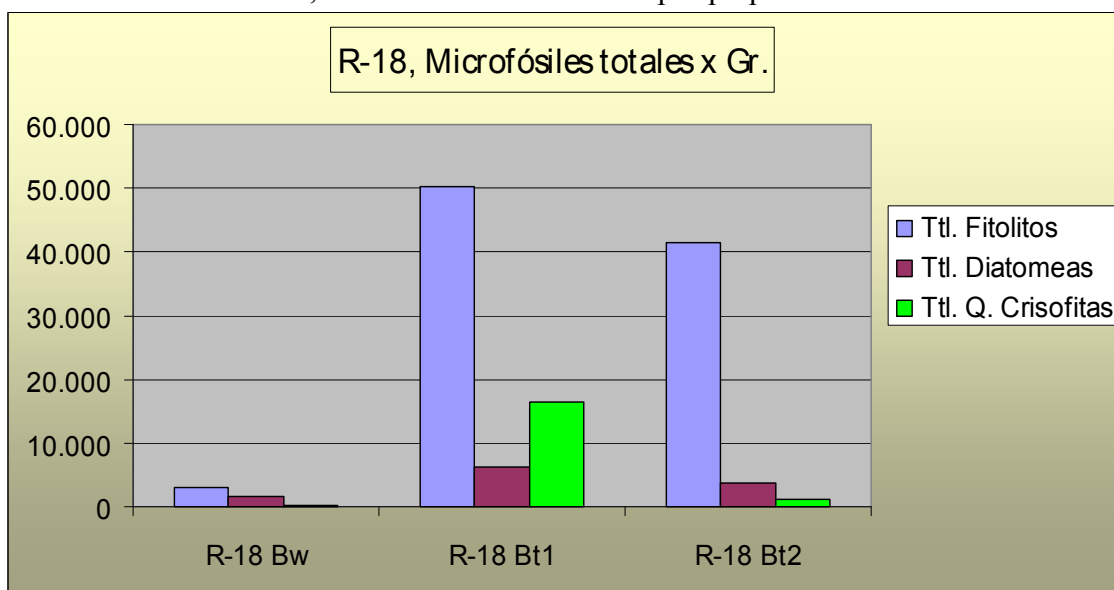


Gráfico 97, R-18, Microfósiles totales por gramo de muestra.

No obstante, la baja concentración de las mismas, con respecto a sedimentos locales con aporte casi continuo del líquido elemento (Barranco del Riachuelo), invita a pensar en condiciones poco propicias para su desarrollo, al menos en momentos más recientes. Y es que el estado general de las microalgas es excelente, al margen de aquellas que aparecen fragmentadas, pero sin ningún otro síntoma de alteración aparente, como sí ocurre con el registro de silicofitolitos. Este conjunto es el que aporta una lectura más compleja, reforzada por la presencia de microalgas, que no aparecen nunca en la concentración de sedimentos donde el agua, en la actualidad, fluye constantemente, aunque sin grandes oscilaciones salvo la que acontece –de no producirse durante el invierno ninguna avenida de consideración– cuando los rigores del verano, lejos ya del posible deshielo, reducen notablemente el caudal.

Por morfologías, la distribución entre horizontes manifiesta igualmente diferencias sustanciales, siendo de nuevo relevante la escasez –con respecto a los horizontes más profundos– del registro en Bw.

Es una parte del conjunto de silicofitolitos la que ofrece la posibilidad de plantear de que tales procesos de inundación, muy ocasionales a nuestra escala temporal actual, podrían haber sido más intensos, tanto como para favorecer y mantener el desarrollo de una vegetación hidrófila de alto porte, como las de ciertas especies de la familia *Poaceae* que solamente se localizan en zonas de aguas remansadas, fluir lento, inundación eventual, y siempre con humedad edáfica alcanzable. Es este punto el que limita la explicación de una llegada de microfósiles semejantes derivados del flujo de corrientes desde zonas más elevadas, lectura que se ve ratificada por la escasa pendiente de la zona del perfil R-18. Por ello, la presencia de fitolitos buliformes parece estar relacionada con el desarrollo cercano de plantas de tipo hidrófilo, como algunos de las especies pertenecientes a la subfamilia *Arundinoideae*, *Eragrostidoideae* descritas por Houyuan *et al.* (1997) u otras que, como *Chloridoideae* y *Panicoideae*, que igualmente presentan géneros con desarrollo de dichas células silicificadas (Twiss, 1992).

Los estudios comparativos entre las especies de referencia (CER Fitoliteca-1) y las células edáficas muestran semejanzas en la configuración morfométrica con dichos tipos de plantas, desde la estimación de los ejes de simetría, identificados en las primeras, así como ciertos paralelismos con las producidas con algunas especies, pero con la importante salvedad de presentar mayores dimensiones de las localizadas en el perfil edáfico. Dichas comparativas han incluido varias especies donde es patente la presencia de dichas células como *Arundo donax*, *Phragmites australis*, *Imperata cylindrica*, *Chloris gayana* y *Cynodon dactylon*, también la de otras especies donde hemos localizado células buliformes, pero no con el esquema *Arc:Triangle* descrito por Bowdery (1998), como *Brachypodium sylvaticum*.

La presencia de tales formas parece hacer referencia expresa a un tipo de vegetación propio de ambientes lagunares, y también en este caso de un ecosistema sin flora arbórea y con bajo aporte de nutrientes a la solución del suelo y/o masa de agua (oligotróficos). En determinados momentos esta situación se invierte, con aumento de nutrientes que modifica la situación del medio acuático, provocando un aumento de la flora algal y consecuente pérdida de diversidad, de ahí la formación de quistes de resistencia de algas

crisófitas. Este hecho podría derivar en dos lecturas preliminares, por una parte la de apertura de un proceso de eutrofización y la pérdida de unas condiciones hídricas oligotróficas —quizás en una somera cubierta de agua—, donde desde un aporte de nutrientes inicialmente bajo se pasaría a otro con aumento significativo y puntual.

Por otro, la existencia de masas de agua eventuales que sufrirían una concentración de nutrientes como causa misma de la desecación, y por tanto el agotamiento de la flora algal existente, hasta provocar la generación de quistes de resistencia en las algas crisófitas, por lo demás microalgas muy comunes en lagos oligotróficos de alta montaña (Pla, 2001).

Estas lecturas aun deben comprobarse con un sondeo estratigráfico de alta resolución (cada 5-10 cm.) para comprobar las variaciones microscópicas y de propiedades edáficas dentro de cada horizonte del perfil R-18.

En definitiva, el estudio de suelos desde una perspectiva microfósil ofrece datos no sólo relacionados con algunas propiedades fundamentales del mismo, sino con los procesos naturales que se han desarrollado durante y después de su formación. El método basado en el tratamiento, concentración y observación de microfósiles silíceos —como silicofitolitos y microalgas—, permite disponer de datos sobre la flora de la zona, en este caso muy orientada hacia las condiciones hídricas del sustrato, relacionadas a su vez con una zona de lenta acumulación de materiales texturales finos.

Dicho método permite además diferenciar, a nivel microscópico, elementos minerales como abundantes vidrios volcánicos, de otros de naturaleza biomineral que en todo caso, tanto los de plantas vasculares como los de microalgas, se han desarrollado aprovechando las especiales condiciones hídricas del sustrato edáfico. No obstante, mientras que las algas diatomeas y crisofíceas parecen hacer mención a una zona de clara inundación temporal como el Llano de Ucanca, los restos de flora son escasos, restringiéndose a morfologías silicofitolíticas propias de gramíneas locales, como podría ser *Arrhenatherum calderae*, que en este caso no aparece vinculado de forma natural a cursos de agua, aunque sí a zonas con cierto desarrollo edáfico. En este sentido no puede descartarse la llegada de sus formas fitolíticas con el resto de partículas texturales finas desde las zonas de mayor pendiente, siguiendo el mismo proceso de arrastre hídrico que éstas. No obstante, la presencia de microfósiles de *Arrhenatherum calderae* en contextos tan antiguos, aporta una lectura paleoambiental asociada a la colonización vegetal del medio endorreico y sedimentario de las formaciones de cañadas, protagonizada por este taxón perteneciente a la subfamilia *Pooideae*, propia de ambientes de la alta montaña tropical (Twiss, 1992).

A nivel explicativo, debe destacarse la ausencia de grupos microfósiles con concentraciones significativas y valores morfométricos consistentes, es decir con capacidad de diagnóstico, derivada de su posible identificación taxonómica. En el caso de los silicofitolitos, esta capacidad puede asumirse en varios grupos como los de tipo polilobulado, las células cortas trapezoidales o las células buliformes cuneiformes. El grupo más representado, los de células largas lisas y dendriformes resultan poco explicativos en el primer caso, al poder pertenecer a un grupo muy amplio de tejidos aéreos de gramíneas. En el segundo caso, la información que proporcionan es mucho más concreta,



dado que representan a un grupo restringido de plantas, al menos desde el estudio de las analizadas como referencia y la bibliografía específica (Houyuan *et al.* 1997; Piperno, 2006; entre otros). Dada la relevancia de localizarlas en horizontes edáficos profundos de Las Cañadas del Teide, dedicamos un apartado final de estas discusiones para su caso concreto.

El desarrollo de microalgas, y su depósito en estas cuencas de sedimentación, confirma que, pese a operarse una acumulación hídrica, no se ha producido —por las características edáficas basadas en una textura arenosa y gravosa en superficie— una colmatación de elementos finos como para permitir el arraigo de una mayor cubierta vegetal. El Llano de Ucanca funciona así como un auténtico drenaje de las zonas altas, pero también como un elemento edáfico complejo que aun se encuentra en periodo de formación. No obstante, su historia es la de buena parte de Las Cañadas, al menos desde la etapa/s en la que se perfila/n las estructuras del escarpe que cierra el conjunto de éstas, que son las que propiciarán —sometidas a un lento proceso de erosión y transporte— la formación del potente paquete sedimentario de Ucanca. Tales procesos no son sólo interpretables en base a los datos geomorfológicos y edáficos disponibles, sino además desde el registro microfósil existente en los horizontes constituyentes de su suelo. En ellos los tres grupos descritos ofrecen nuevos datos como la lógica aparición de microalgas, que hacen referencia a procesos de inundación periódicos, como atestiguan los numerosos quistes de algas crisofitas localizados especialmente en el Horizonte Bt1. Restos de flora de microalgas sobre los que convendría indagar sobre su origen, si es desarrollo durante las propias etapas de formación del horizonte en cuestión, o bien derivan, en parte o totalmente, de un proceso de traslación gravitacional desde el horizonte superior (Bw).

#### **La presencia de fitolitos de células buliformes cuneiformes en el Perfil R-18.**

De haberse producido una observación concreta de este tipo de fitolitos en el contexto analizado, su relevancia no hubiese pasado de la de considerarlos como fruto de un indeseado proceso de contaminación entre muestras<sup>93</sup>. Sin embargo, la más que obligada verificación mediante la repetición y estudio de preparaciones específicas, permitió comprobar que efectivamente, en las muestras correspondientes al horizonte Bt1, se encontraban este tipo de fitolitos. Las pruebas realizadas, mediante la concentración de la fracción

---

<sup>93</sup> En vistas a evitarlo, la descontaminación de todo el material empleado en el tratamiento de muestras de suelos y sedimentos supone un paso fundamental, de obligado cumplimiento y rigor en su ejecución. Para ello tanto el material de vidrio, porcelana y plástico empleado es rigurosamente lavado manualmente con agua y jabón descalcificante, empleando cepillos y utensilios de limpieza habituales. Posteriormente al lavado y aclarado, se realiza un segundo aclarado con agua destilada. Pero la descontaminación total se produce antes del nuevo empleo del material, que es observado a contraluz para detectar cualquier mancha que evidencie restos de muestras anteriores. En la mayoría de los casos, para evitar dudas, se pasa un papel impregnado en alcohol/etanol por aquellas zonas como bordes y esquinas donde se presupone pueden mantenerse incrustaciones de tratamientos anteriores. El material quirúrgico empleado en los muestreos y tratamientos de muestras (pesado, recuperación, etc.), como bisturí, espátula edáfica y demás, es descontaminado después y antes de cada utilización mediante el mismo paso anterior.

correspondiente a las silicificaciones sobrenadantes en polytugstato de sodio, calibrado a 2.4 gr/cm<sup>3</sup>, permitieron igualmente confirmar dicha presencia.

La cuantificación de este tipo de células no llevó a un resultado amplio sino siendo, todo lo más, similar a las detectadas en suelos donde se desarrollan especies como *Arundo donax* y *Phragmites australis*, que es siempre en una concentración mucho más baja que en el caso de otros tipos de fitolitos más abundantes en este tipo de plantas, como son los de células cortas pertenecientes a ambas especies, de tipo bilobulado en el primero y *saddle* en el segundo.

Dos son las interpretaciones que necesariamente debemos ofrecer al respecto de tan singular presencia, aunque quizás ambas tienen una base común, como son los procesos que atañen al depósito de fitolitos en un sustrato dado, que en términos generales son de compleja adscripción a un único mecanismo de formación. Por ello la primera de tales interpretaciones responde a aspectos puramente naturales y la segunda, por obvias razones arqueológicas, a los que involucran actividades antrópicas en la Prehistoria de Canarias.

La primera de ellas tiene como base los cambios ambientales acaecidos desde época postglacial —e incluso durante los eventos Bölling Allerød y Dryas Reciente ( $\pm 14,700$  a  $12,700$  y  $\pm 12,700$  a  $11,500$  respectivamente)— y que prácticamente nos son, como el resto de la secuencia del Cuaternario en el Archipiélago Canario, desconocidas desde el punto de vista paleobotánico, con las salvedades de las dataciones absolutas realizadas sobre materiales carbonizados situados bajo coladas basálticas, como las situadas en la vertiente norte de Tenerife (Carracedo *et. al.*, 2003) que tienen como origen el volcán de Pico Viejo. Dichos restos aluden a la presencia, hace  $17.560 \pm 150$  años, de bosques —posiblemente de coníferas— en esta zona, lo cual nos induce a plantear que se trataba de bosques templados anteriores a ambos y desiguales álgidos climáticos.

Las repercusiones climáticas y biológicas derivadas de ese evento en Canarias nos son poco conocidas y menos en la zona concreta de Las Cañadas del Teide, donde la única posibilidad para conocerlas sería el estudio de secuencias estratigráficas, geológicas y/o edáficas, que permitan reconocer cambios en muchos de los parámetros involucrados en su formación. Entre ellos el registro microfósil. Según recoge Talavera (1997) hace unos 12.000 años (en pleno desarrollo del breve pero riguroso evento Dryas<sup>94</sup>) el Archipiélago Canario estaría sujeto a una fuerte regresión marina, tanto como para que las islas de Lanzarote y Fuerteventura se hallaran unidas en lo que ha venido a denominarse *Isla de Mahan*, con una superficie emergida sumamente superior a la actual. Un aspecto clave para comprobar algunos de las repercusiones, propias de las glaciaciones, en Canarias. A la hipótesis de que en esos momentos existían condiciones climáticas más frías que las actuales, que habrían sucedido a periodos más cálidos anteriores, siguiéndole otra —hacia 9.500 BP— que produce en las Islas una explosión de diversidad biológica, propia de una clara tendencia climática más cálida y húmeda. Evidencias de ello la constituyen la proliferación de nidos de avispa

---

<sup>94</sup> En términos geológicos, ya que se estima en  $1.300 \pm 70$  años su duración.

*Anthophora* en el yacimiento paleontológico de La Pared (Fuerteventura), de abundante malacofauna y restos de la pardela fósil *Puffinus olei*, entre otros aspectos paleontológicos (Sánchez, 2003; entre otros).

Estos serían ejemplos de la secuencia temporal que incluye profundos cambios paleoambientales en Canarias, cuya repercusión a escala biológica sólo conocemos de forma muy limitada. Desde luego que si se opta por esta cuestión paleoambiental, dándose por seguro el registro de fitolitos de células buliformes de algunas especies productoras de las subfamilias *Arundinoideae* y/o *Chloridoideae* —que parece serlo—, estaríamos ante evidencias de una época donde el clima de Las Cañadas fue ostensiblemente diferente al actual, pero en este caso con sustanciales incrementos en temperatura y humedad, aportada ésta última por precipitaciones más habituales. Tanto como para facilitar que zonas endorreicas como el Llano de Ucanca se encharcarán de forma continuada durante el año, hasta tal punto como favorecer el crecimiento de plantas que en la actualidad no prosperarían, tanto por cuestiones de disponibilidad hídrica como de temperaturas invernales.

De tales condiciones, propias no sólo de un atemperamiento del clima sino de todo un periodo interglaciario, quedarían como testigos aspectos como la acumulación de fracciones finas en los horizontes con esta característica (Bt1y Bt2), donde efectivamente existe una paridad del 50% entre éstas y la fracción arenas, al contrario que lo que sucede en el horizonte superficial, Bw. Ya que el Llano de Ucanca se encharcaría muy a menudo, por lo que no es de extrañar que en esos horizontes se localicen microfósiles vegetales, vinculados a organismos con altos requerimientos hídricos/de humedad, como las microalgas y plantas que hoy consideramos hidrófilas.

La siguiente hipótesis, como hemos dicho corresponde a factores antrópicos que modificaron sustancialmente Las Cañadas del Teide desde momentos que desconocemos, pero que con seguridad acontecieron durante, o con posterioridad, la segunda mitad del I Milenio a.C. Y tendrían que ver con el trasiego de ganados desde cotas bajas a la cumbre de Tenerife. Obviamente ésta interpretación recrea la visión de cientos de ovicápridos pastando por llanuras como Ucanca, pero que tropieza con la percepción actual de la zona: ¿pastando qué?. Si el llano era como en la actualidad, si lo eran sus alledaños y escarpes, es en estos dos últimos donde se encontrarían sustitutos de los “pastos de diente” propios de las medianías. Porque en Las Cañadas los elencos vegetales se restringirían a compuestas, gramíneas y leguminosas, y algunas más. Pero en definitiva esos ganados provenientes de las zonas medias y bajas de la Isla irían pastando hasta llegar a la zona donde permanecerían hasta final del verano, mediados del otoño<sup>95</sup>. Y lo que puede

---

<sup>95</sup> Al menos en cuanto al modelo de explotación del medio de Las Cañadas que deriva de las fuentes etnohistóricas y posteriores etnográficas y arqueológicas de Diego (1968), ya que en la actualidad tanto por la relevancia que han cobrado las evidencias de otros recursos del entorno (Hernández, 2006b), como las que involucran el estudio de grandes conjuntos arqueológicos (materiales y espaciales), nos sugieren que es ahora cuando puede comenzar a estructurarse una secuencia diacrónica de la ocupación y explotación aborigen de dicha zona. Dado que pudo haber cambios notables en tales procesos (en forma e intensidad), en función de las distintas

derivar de ello: su llegada desde cotas bajas supondría —a nivel microscópico— la de elementos alóctonos, especialmente vegetales.

**Estudio del perfil BLACH-1 (Barranco de La Arena-Chafarí 1): lahares, *surges*, suelos y microfósiles.**

**Contexto geomorfológico y situación.**

A nivel espacial, y con respecto al yacimiento de Chafarí como principal referente arqueológico de la zona, el perfil se encuentra a menos de 1 km. (0,73 km.) en línea recta de éste, ligeramente al NW y cauce arriba del Barranco de La Arena, en un corte natural producto de la erosión hídrica, en este caso generada por avenidas y deshielos. Situado a una altura aproximada de 2.106 m.s.n.m., parece tratarse de un corte natural, cuyo origen se encuentra en la acción del agua sobre una ligera elevación del terreno, con respecto a la tendencia más baja del resto del paisaje. La cual finalmente resultaría desmontada en su parte central o lateral por la escasa consistencia de los propios materiales geológicos y/o edáficos que la conforman, en su mayoría del tipo *lahar* y *surge*<sup>96</sup>, generados en el transcurso de erupciones freatomagmáticas procedentes de Pico Viejo. En todo caso el perfil constituye solamente uno de los ejemplos de erosión diferencial existentes en el cauce del Barranco de La Arena, donde siempre es visible el nivel de lahar como penúltimo estrato de las formaciones edáficas/geológicas locales. Siendo el último un paquete edáfico de aproximadamente 40 cm. de potencia.

La altura del perfil/corte debe estar en relación con la del propio cauce en un tiempo y unas condiciones ambientales indeterminadas, que propiciaron la existencia de flujos importantes de agua, tal y como se aprecia en la orilla contraria, donde a diferencia del caso que estoy describiendo existe un cierto desnivel, gradual y de suave pendiente que debió ejecutar, igualmente, el agua a su paso, cuando el caudal era muy superior al actual. De tal forma que lo que se observa, es una paleo-ribera alejada de la zona de acción hídrica erosiva actual<sup>97</sup>.

Dentro de la zona del Barranco de La Arena, el perfil se encuentra en su tramo inferior, algo antes de donde se separan dos ramales, uno en dirección

coyunturas de los grupos involucrados en los mismos, durante toda la propia secuencia de ocupación aborigen de Tenerife.

<sup>96</sup> Pese a que la zona afectada por este tipo de erupciones parece localizarse mayormente en la parte alta del conjunto Teide-Pico Viejo, los materiales que conforman el perfil BLANCH-1 parecen responder a dicha naturaleza. En este sentido retomamos la información aportada por Torrado *et al.* (2008), en Los volcanes del Parque Nacional del Teide, donde se identifican diferentes tipos de materiales producto de tales erupciones.

<sup>97</sup> Esta circunstancia ya fue observada con la primera identificación *in situ* del peculiar material de lahar/surge en la zona de Pedro Méndez. El hecho de que se localizara a cierta distancia del cauce actual, pero en relación con éste por la existencia de un desnivel claramente perceptible y ausencia de vegetación, me llevó a pensar en un paleo-cauce, del cual quedaban —de forma relicta— unas orillas ricas en arenas, dejadas por avenidas más caudalosas de las actuales, varios metros más arriba de la zona donde circulan las escorrentías otoñales, invernales o primaverales actuales. La realidad es que quizás el lahar/surge de esta zona es un depósito anterior, que las lluvias y la erosión hídrica han dejado al descubierto.

a la Cañada de Pedro Méndez y Valle de Chafarí, circulando previamente sobre un lecho de lavas cordadas (*Pahoe hoe*), y el otro, que corresponde a la zona del perfil, donde el cauce adquiere cierta profundidad, que el propio perfil ejemplifica con su altura (algo más de 1 metro). La mayoría del resto del cauce es poco perceptible, discurriendo en dirección a Boca de Tauce y dejando gran cantidad de depósitos aluviales en forma de arenales, que resultan reexcavados según la pluviometría anual, dando lugar a diferentes zonas con paquetes aluviales de textura arenosa. En algunas de ellas llegan a aflorar escalones rocosos —a modo de pequeños saltos de agua— de lavas paho-hoe muy pulidas por la acción del agua. La textura de los materiales localizados durante este tramo es diferente, con predominio de cantos gruesos (>20 cm.) al menos en superficie. Esta textura, adquiere un mayor contenido en gravas a medida que profundizamos, volviéndose finalmente arenosa, especialmente en la fracción arenas, cercana o ligeramente inferior a los 2 mm. Tales características relacionan el perfil no sólo con la génesis volcánica de la zona sino con su desmantelamiento, fruto de las especiales condiciones ambientales de la misma.

El Barranco de la Arena, como ocurre en otros cauces similares, se presenta en su tramo alto como una incisión poco apreciable en el terreno. Consta de un depósito torrencial y de un depósito endorreico final (Martínez de Pisón & Quirantes, 1971) y que en este caso da lugar también al Valle o Llano de Chafarí. Probablemente su significado —a nivel geomorfológico— tenga que ver con un proceso de involución similar al mencionado por Martínez & Quirantes (1981) para formas nivales o nivo-periglaciares cuaternarias würmienses, desarrolladas en cotas altas como las de Pico Viejo. Derivado de ese más que probable proceso, dicha incisión sería tanto el resultado del aumento del deshielo primaveral, de masas nevadas/heladas con la atemperación holocénica del clima, como del aumento de precipitaciones asociado al mismo. Tal y como comentan Martínez & Quirantes la mayoría de las incisiones torrenciales de Las Cañadas derivan de torrentes de zonas altas —como también ocurre con el Corredor de La Corbata (Teide) y el depósito creado bajo Montaña Majúa—, por lo que ambos podrían ser el resultado de un proceso de denudación aluvial acelerado en época holocena. Desde esta perspectiva, el estudio del paleoambiente de la zona —mediante herramientas de análisis paleobotánico en un medio litoestratigráfico— involucra el de aquellas formaciones, que como el Barranco de la Arena, pudieron favorecer —mediante especiales condiciones ambientales— su posterior explotación y ocupación humana.

Desde la perspectiva que hemos definido, el cauce que observamos como agente erosivo pero a la vez formador del perfil BLACH-1, comenzaría a cobrar protagonismo en época holocénica<sup>98</sup>, cuando el clima comienza a estar caracterizado —con respecto a la anterior época pleistocénica— por un aumento significativo de la humedad y las temperaturas, que propiciaría estaciones con incremento de las precipitaciones. Como plantean Martínez & Quirantes (1971) también en Las Cañadas este proceso incrementaría escorrentías de mayor intensidad, fruto de la cual la red hidrográfica de la

---

<sup>98</sup> Si nos atenemos a la propuesta de la *International Stratigraphic Chart* (1982) comprendería los últimos 11.784 años, con posterioridad al último periodo glacial.

zona comenzaría a perfilarse hacia un aspecto similar al de la actualidad. Mayores temperaturas y duración de los veranos determinarían procesos de deshielos más intensos y con ello una acción más pronunciada sobre los materiales volcánicos, edáficos y sedimentarios situados ladera abajo de Pico Viejo. El resultado sería un corte en el terreno como el que observamos en BLACH-1, que creemos podría tener —a modo de hipótesis— una cronología del holoceno reciente. Los materiales que ha dejado al descubierto son sin duda más antiguos, por lo que a modo de hipótesis cronológica, podríamos enclavarlos con seguridad en secuencias pleistocénicas<sup>99</sup>.

Como se plantea más adelante, el material con una cronología de sólo varios siglos es sin duda el paquete edáfico donde arraiga la vegetación actual, situado sobre los materiales del perfil. En él se encuentran todas las claves de los procesos edafogénicos de los últimos siglos e incluso milenio, dada la lentitud de formación de suelos en Las Cañadas para un paquete edáfico que ronda los 40 cm. de potencia. Es de suponer —como evidencian los materiales históricos en superficie— que sobre este material también tuvieron lugar parte de las actividades de las poblaciones aborígenes de Tenerife, en su estancia estacional durante los meses de “día largo”<sup>100</sup>.

---

<sup>99</sup> La observación del corte, que hemos denominado BLACH-1 ha generado la hipótesis de que estemos ante materiales pertenecientes al edificio pre-caldera, al menos la parte más baja del mismo, dado que se presentan como cantos de formas angulosas con canales de circulación. Si esta hipótesis fuera acertada, podríamos estar ante materiales de elevada antigüedad (incluso 100.000 años), en opinión del Dr. J.A. Rodríguez Losada, Dpto. de Edafología y Geología, 2008, Com. Pers.

<sup>100</sup> Introducimos este concepto dado el desconocimiento existente sobre la duración real de la estancia en Las Cañadas por las poblaciones aborígenes de Tenerife. Si bien todo apunta hacia que ésta se llevaba a cabo en la temporada estival, con retorno a cotas más bajas hacia el final del verano, desconocemos los pormenores de tal práctica en el tiempo. La información de base etnohistórica, que es la que comúnmente se ha empleado para definir tal periodo de ocupación, se mantendrá vigente en el trabajo de Cuscoy, gran investigador de las pautas ganaderas de época histórica en Tenerife, y que en parte recoge en su obra *Los Guanches* (1968) citando la experiencia directa de Fernández Navarro (1918), que llega a convivir con los pastores que acceden a Las Cañadas a principios del siglo XX. Menciona así que éstos abandonan la zona al final del verano, citando como tal el mes de agosto, cuando aun los pastizales de las lomas del sur presentan un aspecto seco por los rigores estivales. El concepto de meses de día largo podría ser adecuado para definir una estancia que aprovecha precisamente los meses entre mayo y agosto, por contar con más horas de luz solar. La llegada del otoño y con ella la de los meses de día corto, marcaría el abandono de Las Cañadas, aunque desconocemos exactamente cuando se realizaba. Quizá uno de los marcadores ambientales, que inducirían al viaje de regreso, serían los propios rigores vinculados a la bajada de temperaturas y la llegada de los primeros frentes atlánticos, que inciden especialmente en la zona SW. El tipo de estructura habitacional en Las Cañadas, más semejante a estructuras de *vivacs* dotados de cierta complejidad que a refugios consistentes, ante ambas circunstancias, también aconsejaría —con sus limitaciones— el regreso de hombres y ganados a medianías y costas. En todo caso, establecer en la actualidad límites a tal estancia resulta sumamente aventurado, quizá convenga por ello reafirmarnos en que la secuencia diacrónica existieron desiguales formas de ocupación del medio, en forma e intensidad, que aun deben definirse al amparo de la

Geográficamente el perfil BLACH-1 puede relacionarse con la gran zona aluvial que se extiende bajo el flanco suroeste (SO) de Pico Viejo, así como con los distintas coladas lávicas procedentes de este cráter, tanto las de tipo «*pahoehoe*» como «*aa*» traquíticas, que han ocupado gradualmente un espacio que se extendía hasta el escarpe suroeste de Las Cañadas. Las primeras constituyen buena parte del lecho del cauce, especialmente en su zona alta y media, e incluso en el ramal que se separa, hacia el sur, del que discurre hacia la zona del perfil. Conformando ambos el ambiente de la zona aluvial más baja, donde la pendiente se atempera, presentando abundantes materiales aluviales (arenas y gravas), todos procedentes de avenidas actuales y relictas, con acumulación y modificación estacional de depósitos arenosos.

En el tramo alto y medio hemos localizado zonas de roca muy pulida por la acción erosiva del agua y las partículas por ella arrastradas (**Figura 573**). Sin embargo, la zona donde se localiza el perfil BLACH-1 discurre paralela, pero girando gradualmente al oeste, al cauce ocupado por un lecho de dichas coladas.



**Figura 573**, Depresión rocosa modelada por el agua sobre colada basáltica Pahoe-hoe proveniente de Pico Viejo. Este tipo de pequeñas cascadas han sido observadas en repetidas ocasiones durante las prospecciones del Barranco de La Arena y sus alrededores, tanto en su parte baja como alta. El pulido de las zonas más expuestas a la acción del agua llega a ser tan acentuado como para plantear que en su génesis existen procesos erosivos hídricos de gran intensidad. J.A.

---

ingente cantidad de información recuperada en la última década (2000-2010), y que aun sigue obteniéndose.

Podría plantearse que forma parte de la explicación de la génesis del Barranco de La Arena, cuyo cauce desde la zona alta se formaría inmediato al manto de lavas pahoe-hoe, socavando los materiales más ligeros situados más al noroeste. De tal modo que el sentido de la corriente se realizaría circunvalando las coladas más resistentes, tomando por ello esta dirección hasta superar su frente de avance. Un poco antes del Valle de Chafarí el cauce comienza a abrirse hacia el suroeste y finalmente invade una amplia zona del sector sur del barranco. Es aquí donde deben situarse potentes acumulaciones de arena, que pueden resultar parcialmente arrasadas con la reactivación del cauce, con ocasión de abundantes precipitaciones de los frentes introducidos por borrascas atlánticas o bien de bruscos episodios de deshielo, cuando se han producido acumulaciones de manto nival durante el invierno.

Si nos atenemos a las observaciones de la zona más llana del Barranco, donde las acumulaciones de arena cobran protagonismo, también se percibe el efecto demoledor de éste, con acumulaciones de los materiales correspondientes a diversos episodios volcánicos, en concreto con los de las coladas pahoe-hoe. Efectivamente se detectan grandes cantos rodados (**Figura 574**) cuya naturaleza es la típica composición basáltica de las lavas plagioclásicas de Pico Viejo, coladas que han sido desmanteladas por la potente acción del arrastre hídrico del Barranco de La Arena.

Aunque desde una primera impresión, podríamos plantear la antigüedad de estos cantos, cuyo tamaño y concentración —en la zona de mayor acumulación aluvial— parecen indicar su correspondencia con épocas concretas del Cuaternario donde la actividad del cauce pudo ser ostensiblemente mayor, derivada de condiciones de mayor humedad o quizás de mayor acumulación de manto nival en cotas superiores<sup>101</sup>, que provocaría verdaderas avenidas de lodo y piedras, quizás más intensas que las podemos observar en la actualidad. Todo ello, en unión de las grandes acumulaciones de arenas que deposita en dirección a la entalladura de Boca Tauce, parece permitirnos designar al Barranco de La Arena como un auténtico agente modelador del ambiente local, tanto a nivel paisajístico (incluso a cierto nivel geomorfológico) como paleoambiental, ya que ejerce una fuerte acción de remoción de sedimentos y materiales muy antiguos. Y cuya secuencia de depósito final se localiza en su tramo más bajo, donde se observan grandes acumulaciones de arenas<sup>102</sup>. Dicha secuencia deberá ser algún día muestreada y analizada en profundidad si se quiere conocer la génesis completa de la

---

<sup>101</sup> Las indicaciones aportadas por Pérez *et al.* (2008) plantean que las erupciones freatomagmáticas debieron ocurrir en invierno, cuando existía un componente hídrico, pero en estado sólido, en las cotas más altas del Conjunto Teide-Pico Viejo.

<sup>102</sup> Es en esta zona donde habría que comenzar los estudios tendentes al conocimiento de los procesos sedimentarios del Barranco de La Arena, ya que en la misma se produce una atenuación del proceso erosivo frente al de sedimentación, mucho más estable y continuo. Es aquí donde sin duda convendría realizar muestreos en profundidad (sondeos) con el fin de evaluar y obtener columnas inalteradas de sedimentos. Sobre éstos cabría esperar obtener información vinculada a los cambios globales acaecidos desde que el proceso de sedimentación, sobre los materiales parentales existentes, predominan sobre los erosivos.



zona, especialmente en lo que respecta a los fenómenos y mecanismos posteriores a la creación de estructuras y edificios volcánicos locales.

El contexto vegetal del perfil se encuentra en la actualidad representado por matorral de cumbre disperso, siendo la retama (*Spartocytisus supranubius*) y “rosalito” (*Pterocephalus lasiospermus*) las dos especies mayoritarias (Figura 577). En algunas oquedades, como las que conforma el perfil en su parte inferior, también puede observarse “tonática” (*Nepeta teydea*). Sin embargo, existen diferencias entre los dos ramales diferenciados del Barranco de La Arena. Mientras que el que nos ocupa presenta este limitado elenco vegetal, el que circula sobre las lavas cordadas parece permitir mayor desarrollo; especialmente interesante es el de *Nepeta teydea*, que aquí también ocupa las oquedades con relleno aluvial formadas entre la masa rocosa del cauce. Cabe destacar la escasa representación de gramíneas (*Poaceae*), que únicamente aparecen en determinados enclaves, con limitados paquetes edáficos con textura más fina, caso de algunos herbazales formados por *Arrhenatherum calderae* y en menor medida por *Bromus* sp., ambos también localizados en las inmediaciones del yacimiento de Chafarí.

#### Procesos geológicos, edáficos y actividad antrópica.

Hasta disponer de dataciones para los materiales que se localizan en la secuencia del corte BLACH-1, que sin duda poseen una antigüedad muy superior a las primeras ocupaciones antrópicas del Barranco de la Arena, el contexto arqueológico del perfil es claro al menos en su superficie. Ya que en la misma se localizan abundantes evidencias materiales aborígenes, como fragmentos cerámicos y líticos (especialmente obsidiana), que no son sino una parte de los localizados en una amplia extensión de esta zona de Las Cañadas del Teide, donde igualmente se inserta la zona de actividad vinculada al yacimiento aborigen de Chafarí. Pero además son patentes las evidencias de época histórica, con materiales derivados del aprovechamiento económico de la zona (Arnay & González, 2009; entre otros), cuyos restos aislados son completamente perceptibles en superficie. En su mayoría se localizan en las proximidades de antiguos emplazamientos de carboneras y representan industrias de uso cotidiano, como restos de calzado y cerámica esmaltada (Figuras 575-576).

Las actividades económicas históricas en esta zona llegaron a ser muy intensas, como atestigua la documentación municipal al respecto del Ayuntamiento de La Orotava, prolongándose hasta la década de los 60` del siglo XX<sup>103</sup>. Entre ellas la apicultura, el carboneo y la recolección de *cisco de retama*<sup>104</sup> supusieron un constante tránsito de personas por ciertas zonas, que en muchas ocasiones pernoctaban en el interior de Las Cañadas.

<sup>103</sup> Boletín Oficial de La Provincia, 11 de mayo de 1964.

<sup>104</sup> Denominación dada a los tejidos secos de retama, que probablemente incluía tallos fotosintéticos secos y ramas, que se agrupaban en forma de fardos denominados “jaces” para ser transportados, a la espalda, hasta las zonas de donde éstos eran agrupados para su transporte a las zonas bajas, mediante animales de tiro y posteriormente también con vehículos a motor.



**Figura 574**, Efectos de las avenidas invernales del Barranco de La Arena, con eliminación de la cobertura arenosa superficial, depósito de grandes cantos rodados y arrasamiento de la vegetación del cauce (sistemas radiculares al descubierto). J.A.

No obstante, es difícil localizar elementos arqueológicos en el mismo cauce, ya que se trata de una zona altamente dinámica en cuanto a procesos postdeposicionales. Pese a que la circulación de agua sea muy ocasional<sup>105</sup>, ésta puede llegar a ser muy violenta, en forma de avenidas que remodelan los márgenes inmediatos, produciendo cambios especialmente significativos en las zonas centrales del cauce, obligándonos a tener en cuenta dichos procesos en lo referente a la posición original de las mencionadas evidencias. A pesar de ello debe mencionarse el efecto positivo de prospectar en época invernal y en especial cuando acontecen fenómenos de precipitación, ya que la localización de evidencias en superficie se vuelve mucho más fácil, dado que el agua no solamente elimina la capa superficial de suelos y sedimentos — facilitando la percepción del contorno de determinados objetos (lítico,

<sup>105</sup> El seguimiento realizado de esta zona, en la primera década de los 2000', no nos ha permitido presenciar directamente ningún evento de avenidas torrenciales y escorrentías de deshielo de excepción, aunque sí se han observado eventos tormentosos con abundantes precipitaciones en forma de lluvia y nieve. Pero la porosidad del terreno llega a ser tanta que es complejo llegar al punto de saturación como para producir escorrentías de cierto nivel. Aunque sí se han detectado otras de menor entidad suficientemente cuantiosas como para activar diversos cauces secundarios, movilizandolos hasta el tamaño arena. Fruto de dicha activación son paquetes aluviales — mayoritariamente formados por esta fracción— que se observan en recodos de cauces principales y secundarios, así como en las vías de acceso a la zona (pistas forestales). En todo caso existen huellas palpables de avenidas relictas en numerosos parajes cercanos al Barranco de la Arena, donde se observan acumulaciones de troncos y rocas, de tamaño considerable, en algunos casos lejos de lo que es su cauce principal actual. No nos cabe duda de que los procesos erosivos, relacionados con épocas de mayor pluviometría, fueron intensos y diferentes en algunas etapas del pasado con respecto a la situación actual.

cerámico, etc.)— sino que además intensifica los colores de éstos, al producir la hidratación de todos los materiales en superficie.



**Figura 575-576**, Materiales históricos localizados en las cercanías del Perfil BLACH-1, Fragmento de cerámica histórica (Izqda.) y Fragmento de suela de calzado (Drcha.). La intensidad de la ocupación histórica reciente de esta zona estuvo centrada alrededor de la explotación de los recursos vegetales, como la apicultura, la producción de carbón y la extracción de “cisco” (“todo lo viejo” de *Spartocytisus supranubius*). J.A.

No obstante, debe entenderse que la secuencia cronoestratigráfica del perfil —aun por definirse de forma absoluta— es muy superior en antigüedad a la de la ocupación humana de la zona, pudiéndose únicamente relacionar su estrato superior, constituido como un suelo desarrollado por encima de las costras arenosas y carbonatadas de lahar, con la superficie que transitaban los grupos aborígenes que accedían a Las Cañadas en el periodo estival. Dicho estrato superior se configura como un incipiente paquete edáfico, muy diferente en origen a los de desarrollo aluvial, presentes en la mayoría de las formaciones de cañada. Y es aquí donde ha arraigado la vegetación actual, sobre las zonas donde se produjeron depósitos procedentes de erupciones freatomagmáticas. La propuesta que hacemos, a tenor de dichas observaciones, es que el material parental de dicho paquete edáfico serían estas costras o estratos de lahar/*surge*, que en su evolución y junto a los agentes que intervienen en cualquier proceso edafogénico, habrían dado lugar al paquete edáfico que estamos tratando de caracterizar.

Desde una hipótesis de trabajo, la presencia de las costras arenosas y carbonatadas habría sido evidente para los aborígenes, que observarían un tipo de material natural inusual que ocupaba —si se retira la capa de suelo suprayacente— amplias zonas de los llanos del Barranco de la Arena, entre otras, así como el propio Valle de Chafarí. De hecho —como parece atestiguar su disposición en el yacimiento de Chafarí— habrían sido utilizadas como pavimento natural en algunas zonas de la planta de cabaña denominada Chafarí norte 3 (Hernández, 2006).



**Figura 577,** Vista general del perfil BLACH-1.

Son pocos los datos que pueden ofrecerse como resultado del seguimiento llevado a cabo sobre los materiales propuestos como lahar o surge, al respecto de su naturaleza y extensión real por la zona del Barranco de La Arena<sup>106</sup>, pero sin duda la evidencia mostrada por su situación estratigráfica en BLACH-1, lo sitúa como material anterior al desarrollo del sustrato edáfico, cuya superficie es la que observamos en la actualidad. No obstante, la información obtenida permite plantear algunas hipótesis sobre su antigüedad, dado que su naturaleza, y la de los materiales que le preceden, parece no presentar dudas sobre su naturaleza de materiales derivados de erupciones freatomagmáticas. Igualmente desconocemos por el momento los procesos de formación de suelos desde la deposición de las costras arenosas, pero sí que en éstas colaboraron particulares circunstancias naturales que afectaron igualmente a la posterior colonización y desarrollo vegetal.

Y con respecto a la citada distancia cronológica<sup>107</sup> entre la antigüedad de estos materiales y la presencia humana, ésta sin embargo puede acortarse en términos explicativos, al menos si contemplamos que el estudio de los posibles registros microfósiles, insertos en la matriz de los materiales de BLACH-1, guardan algunas de las claves para el conocimiento de una especial naturaleza, aquella donde la vegetación experimentó un proceso de adaptación que aun desconocemos, pero que sin duda explica porque hace

<sup>106</sup> Los datos aportados por Pérez *et al.* (2007) solamente plantean la existencia de estos materiales en la zona alta del Conjunto Teide-Pico Viejo. Habrá que esperar futuros trabajos geológicos, en la zona que hemos estudiado, para comprobar si efectivamente se propone una explicación acorde a su singularidad.

<sup>107</sup> Que no es sino la habitual en términos geológicos con respecto a los procesos antrópicos.

2.000 años allí existían condiciones atractivas para las poblaciones prehistóricas de Tenerife. O al menos para responder a necesidades económico sociales que, con modificaciones, serán incluso mantenidas durante los siglos posteriores como parte de modelos económicos históricos.

#### **Aproximación cronológica y génesis geológica.**

Al tratarse de un perfil no anteriormente estudiado, no existen datos absolutos concretos sobre la cronología del mismo. Por ello las lecturas que aquí esbozamos tienen eminentemente un carácter relativo. Y se basan en varias hipótesis al respecto, configuradas ambas en virtud de la información existente sobre la historia eruptiva y estructural del complejo Teide-Pico Viejo (Carracedo *et al.*, 2007), la especificidad de las erupciones de tipo freatomagmático (Pérez *et al.*, 2008), la geología integral de la zona (Navarro, 2000) y de forma más directa en las observaciones de campo y datos analíticos aportados por el tratamiento de las muestras correspondientes a varios estratos/horizontes del perfil BLACH-1.

No obstante, el propio perfil ya nos muestra aspectos que denotan la antigüedad de los estratos/horizontes que lo componen, especialmente porque sobre los mismos se localiza un nivel edáfico, de aproximadamente 40 cm. En base a la lentitud de los procesos edafogenéticos de la zona y descartando alteraciones tectónicas locales que alterarían su estratigrafía, este hecho confirma que la antigüedad de los materiales observados en BLACH-1 podría ser plio-cuaternaria, estando asociada a las brechas del Volcán Las Cañadas. Razón por la que la erosión hídrica habría configurado el corte erosivo, tras dismantelar progresivamente los materiales –relativamente blandos– que lo componen.

Debe resaltarse que en su mayoría se trata de sustratos de tipo brecha, de grano más o menos grueso y con inclusiones de cantos, que varían ambos a lo largo de la secuencia estudiada. El estrato que presenta una textura más fina es precisamente el de tipo lahar, situado a techo de los de textura más gruesa, con un claro componente arenoso y compacto, muy diferente en textura a los estratos inferiores. Tampoco se observa en la totalidad del perfil la presencia de lavas Pahoehoe, cuyas coladas sí que están presentes en dirección suroeste, a unas escasas decenas de metros, justo al otro lado del ramal del Barranco de La Arena donde se localiza BLACH-1. De haberse producido la afectación de dichas lavas en la zona del perfil, dispondríamos de una completa secuencia de la formación del mismo en relación con la historia más global de Las Cañadas, ya que las lavas Pahoehoe corresponden a procesos volcánicos de época pleistocénica (Carracedo *et al.*, 2007). El hecho de no haberse producido un depósito semejante, sobre la superficie de BLACH-1, ha permitido que los materiales parentales que conforman el mismo generaran un incipiente suelo, que denominados como Estrato 5, siendo en realidad un horizonte edáfico<sup>108</sup>.

En todo caso el origen de los estratos volcánicos analizados debe emplazarse en el cráter de Pico Viejo (3100 m.), sin descartar que en los niveles más antiguos se sitúen materiales correspondientes al Volcán Las

---

<sup>108</sup> Pese a que se aprecia una ligera variación en la zona más baja de dicho paquete edáfico, con un ligero cambio de coloración que puede atestiguar un mayor contenido en arcillas u óxidos de hierro, que podrían evidenciar la presencia de un paleosuelo.

Cañadas. Tanto la dirección de las coladas más antiguas del primero, cuya antigüedad estaría datada en  $27,030 \pm 430$  años BP (basaltos plagioclásicos de lavas pahoe-hoe) como la de las posteriores lavas intermedias evolucionadas ( $20,775 \pm 321$  años BP), seguiría la que presenta el propio Barranco de La Arena, dirección sur hacia la entalladura de Boca de Tauce.

El límite de dichas coladas alcanza el escarpe suroeste y sur de la Caldera de Las Cañadas. Por el contrario estos autores (Carracedo *et al.*, 2007) sitúan los eventos de depósitos tipo *surge* y *lahar* en época holocena, localizándose en la actualidad en el propio cráter de Pico Viejo y en todo caso con una mínima extensión hacia su ladera suroeste.

Sin embargo, tanto durante las prospecciones arqueológicas realizadas entre 2003-2007 en los flancos suroeste y sur de Pico Viejo, como en la del Barranco de La Arena fueron localizados ejemplos claros de lahar, de color gris, grano fino, textura arenosa y disposición en losas o niveles compactados, de entre 10-20 cm. de espesor. Esta evidencia, localizada en aquellas ocasiones hasta  $\pm 2500$  m. de altitud, plantea que la zona de depósito de este tipo de materiales es más amplia de lo que se ha precisado hasta el momento. Y el hecho de localizarlas en buena parte del Barranco de La Arena, como sustrato sobre el que se ha desarrollado un incipiente paquete edáfico, permite afirmar que también esta zona baja ( $\pm 2.000$  metros) fue afectada, en parte, por las episodios de erupciones fratomagmáticas de Pico Viejo. Pese a ello, hemos detectado también zonas donde las lavas tipo pahoe-hoe no permiten conocer si se encuentran sobre materiales tipo *lahar* o *surge*, pero lo cierto es que se trata de un paisaje completamente diferente —situado en el margen este del Barranco de La Arena— al que se observa en la zona donde se localiza BLACH-1.

La siguiente hipótesis es que los estratos de brecha correspondan a una secuencia geológica asociada a los materiales emitidos por Pico Viejo y con una antigüedad  $< 17$  ka (Carracedo *et al.*, 2007). Estaríamos entonces ante parte de la secuencia de diversos episodios de erupciones freatomagmáticas, como atestiguan las diferentes características de los estratos derivados de éstas. Aunque incluso podría plantearse que el corte natural nos estuviese mostrando no sólo materiales procedentes de Pico Viejo, sino los que se encuentran bajos éstos y que corresponderían a los del Teide Antiguo, cuya antigüedad ya es  $> 30$  ka. En todo caso los materiales observados en BLACH-1 son en su totalidad propios de brechas, basados en cantos y bloques de diferentes tallas insertos en una escasa y fina matriz, fundamentalmente de textura arenosa (con predominancia de  $> 200 \mu\text{m}$ ).

Pese a que aquí planteemos que estamos ante una secuencia de materiales derivados de procesos eruptivos, que vinculan los materiales volcánicos con la presencia de agua (freatomagmáticas), cuyo resultado son erupciones de signo muy diferente a cuando dicho elemento no está frecuente, los estudios sobre materiales similares llevados a cabo por el equipo dirigido por J.C. Carracedo no incluyen la zona del perfil BLACH-1. Sin embargo, los materiales que describen en su propuesta para el centro emisor conocido como volcán de las Calvas del Teide, son muy similares a los existentes en la zona analizada del Barranco de La Arena. Materiales que describen como niveles de *debris-flows* o lahares, donde se aprecia una disposición interna de cantos, en una matriz arenosa con un bandeo típico de este tipo de depósitos. Pero si bien esta

similitud se ajusta a los materiales de Las Calvas del Teide, los que localizamos cercanos a la superficie edáfica del perfil BLACH-1 son de matriz más fina y con ausencia de cantos, homogénea en toda su potencia ( $\pm 25$  cm.) y que por toda anomalía presenta varias líneas de discontinuidad. Estas características hacen de este nivel, sin duda techo de la secuencia de componente freatomagmático presente en BLACH-1, se asemeje más a lo que Pérez *et al.* (2008) describen como depósitos de tipo *surge*, de coloración anaranjada y que no se encuentra presente en los materiales por nosotros analizados.

Estamos por tanto ante materiales muy similares, en cuanto a su origen y naturaleza, pero situados bastante más abajo de los centros emisores de la zona alta de Pico Viejo y Teide. Sin duda, pese a la manifiesta complejidad que supone su interpretación en el contexto de esta tesis, estamos ante una clara secuencia de erupciones freatomagmáticas que afectaron a la zona situada en torno a los 2.000 metros bajo las faldas de Pico Viejo. Al menos en lo que respecta a la extensión de buena parte del recorrido bajo del Barranco de La Arena, la presencia de estos materiales indica la acción de un tipo concreto de erupciones que afectaron a una amplia pero indeterminada franja de terreno que alcanzó el Valle de Chafarí. A este último evento corresponde sin duda lo que hemos denominado Estrato 2 y que se encuentra formado por una capa de material arenoso, carbonatado y que por único rasgo de diferenciación en su estructura interna, presenta hasta dos líneas de discontinuidad. Sobre este material parental se localiza un paquete edáfico de aproximadamente 30 cm. que se ha constituido como soporte vital de los organismos de la zona, vegetales y animales.

Dada la lenta tasa de desarrollo de suelos en la zona de Las Cañadas del Teide, es de suponer que dicho paquete edáfico supuso el mismo soporte para las primeras actividades humanas en la zona. Al menos en la zona del Barranco de La Arena, donde su génesis se encuentra vinculada al material parental subyacente: los niveles de *surge* o lahar, materiales derivados de erupciones freatomagmáticas de Pico Viejo, que aunque no han sido descritas para la zona baja de sus laderas, responde a las características descritas para las localizadas e identificadas en varias zona de su cráter somital (Pérez *et al.*, 2008).

### **Características y descripción.**

Aunque se trata de un perfil erosivo (como otros de la zona), mayormente excavado por la acción del agua, también parece modelado por la erosión eólica e igualmente afectado —lo que es evidente por la presencia de numerosas fracturas en sus zonas más frágiles— por procesos de crioclastia<sup>109</sup>. Igualmente se observa afectación por humedad (vegetación hepática) y carbonatación en forma de costras (encalichamiento) en la mayoría de los niveles que lo componen. En las últimas tareas de campo, realizadas sobre el perfil (invierno de 2011), pudo comprobarse como éste había mutado

---

<sup>109</sup> Este proceso, que supone la fragmentación de la roca debida a las tensiones producidas con el ciclo hielo-deshielo nocturno de zonas de alta montaña, también se conoce por gelifración y geliflujión. Martínez de Pisón & Quirantes (1981) los señalan, no sólo para los altos del Teide y Pico Viejo —donde generan mayores consecuencias morfológicas—, sino para toda la zona umbría de la pared de Las Cañadas.

radicalmente su aspecto, siendo especialmente relevante el engrosamiento del paquete aluvial depositado (especialmente en su margen izquierdo) en su base, hasta el punto de haber disminuido notablemente la altura del perfil. Igualmente relevantes son los efectos de la crioclastia, acentuada por los rigores invernales, que han motivado la fragmentación del nivel del lahar (Figura 578).



**Figura 578**, El Perfil BLACH-1 bajo condiciones invernales, con notable incremento del depósito aluvial de componente arenoso y posibles procesos de gelifracción ocasionados por el ciclo hielo-deshielo. J.A.

La sucesión de materiales que pueden observarse hasta los niveles más profundos (1,20 m.) podría permitir afrontar varias lecturas. Por una parte, la presencia en la zona de varios episodios geológicos donde se han intercalado los de tipo volcánico y sedimentario. Existiendo igualmente llegadas de materiales de muy diverso tamaño, con predominio de cantos y de una matriz sedimentaria de componente marcadamente arenosa.

El perfil parece estar constituido por cuatro unidades sedimentarias principales, que a su vez se subdividen y conforman una litoestratigrafía poco compleja, con líneas de discontinuidad horizontales ligeramente marcadas; la transición entre niveles puede seguirse por cambios en las características del color y la textura. Tales líneas pueden apreciarse incluso en el nivel superficial de arenas carbonatadas, por lo que era de suponer la presencia de cambios también en su registro interno (Figura 580).

La profundidad total del perfil queda pendiente de establecer, no localizándose a simple vista el lecho de roca donde se asienta, y que se



encuentra bajo los aluviones del cauce. El corte identificado no se modificó en profundidad y se ajustaron muestreos, analíticas y resultados a las muestras de los niveles que fue posible distinguir. En una lectura cronológica preliminar, se pensó que la antigüedad de los niveles más bajos sobrepasaba las de creación de la caldera de Las Cañadas<sup>110</sup>. Se dejó por ello la definición del corte litoestratigráfico total –en profundidad– para posteriores investigaciones. Hemos entendido además, que los niveles representados en el perfil BLACH-1 ejemplifican la gran mayoría de los que se encuentran situados en torno a la cuenca del Barranco de La Arena y del propio yacimiento arqueológico de Chafarí, y de los cuales solamente detectamos –y sólo en las zonas de desmantelamiento erosivo del sustrato menos compactado– las capas superficiales, que coinciden con las de costra arenosa encalichada, *lahar*<sup>111</sup> o *surge* (Figuras 579-580).

En todo caso, la antigüedad de las unidades analizadas siempre supera el rango cronológico de desarrollo de las culturas aborígenes; no obstante, su estudio se relaciona tanto con este hecho como con el apartado metodológico que lo aborda, cuya razón de ser es también de interés paleoambiental. Ya que la antigüedad de los procesos colonizadores vegetales –llevando nuestro planteamiento de base únicamente a este campo– serán fundamentales para que el aspecto que presenten Las Cañadas, a los primeros aborígenes, sea el de un paisaje forestado<sup>112</sup>, aunque obviamente muy diferente al de cotas más bajas.

Uno de los principales retos del proyecto preliminar de esta tesis consistía en llegar a definir las características de los elementos microscópicos que aparecen en la estratigrafía de Chafarí Norte-3, y éstos en relación con la génesis de un sustrato producto de la actividad antrópica, pero que muy probablemente también nos permitirían abordar el estudio de las condiciones ambientales –climáticas, edáficas y vegetales– zonales, aunque éstas no llegaran tener una cronología tan antigua como el más reciente de los estratos/horizonte del perfil BLACH-1. Dirimir hasta dónde podíamos diferenciar, y discriminar sedimentos naturales de otros antropizados –y estos en que medida– en una zona de activo dinamismo natural, parecía un apartado de obligado cumplimiento pero de muy compleja resolución.

El más masivo de los estratos muestreados parece ser también el más profundo de ellos (Estrato I), integrado por cantos grisáceos, gruesos y angulosos, insertos en una escasa matriz de grano más fino. Le sigue un segundo nivel (Estrato II) formado por escorias, muy endurecidas, finas y de color marrón muy claro que se diferencia claramente del siguiente nivel (Estrato III), formado por cantos de un color similar al anterior pero de textura más gruesa. Y por último, diferenciándose claramente de los más profundos, el que podría ser el nivel subsuperficial (Estrato IV), formado por las capas de *lahar/surge*, sobre el cual se encontraría (ciertamente lo está

---

<sup>110</sup> Dr. J.A. Rodríguez, ULL, Com. Pers.

<sup>111</sup> Término empleado, por primera vez, para definir este material por E. González Reimers (2008) en la zona de Las Cañadas.

<sup>112</sup> Entendiendo como tal la existencia de un matorral de cumbre en extensión donde probablemente también se observaban bosquetes de *Juniperus cedrus* y, así como un nivel disperso de especies herbáceas y arbustivas vinculadas a ambos.

pero más atrás) el nivel superficial (Estrato V), que operaría como soporte edáfico de la flora actual. Aunque es cierta su presencia, se encuentra dismantelado en la zona inmediata del perfil, por los agentes erosivos y especialmente por las precipitaciones.



**Figura 579** (Izqda.), Aspecto de lo que entendimos inicialmente como costras arenosas detectadas en la zona alta de la Cañada de Pedro Méndez. La primera interpretación dada a este material es que se trataba de huellas de cuencas hídricas relictas, ya que aparecían en zonas afectadas por la erosión hídrica. **Figura 580** (Dcha.), la misma costra conformando el nivel superficial actual (Estrato 4) del perfil BLACH-1 y donde pueden apreciarse varias líneas de discontinuidad. Ambos materiales posteriormente han sido clasificados como depósitos de lahares o de tipo *surge*. J.A.

De todos ellos el estrato integrado por el material más fino (Estrato IV) es el que presenta connotaciones arqueológicas, puesto que puede ser similar al descrito por Hernández (2006) como grandes placas de arena encalichada dispuestas, a modo de enlosado artificial en la planta de cabaña CH-N3. Que igualmente fue observada a techo del levantamiento 4 en el transcurso de la excavación de la misma, considerándose entonces una adecuación histórica, estratigráficamente posterior a los niveles aborígenes. Aunque probablemente estamos ante el mismo tipo de material localizado a techo del perfil BLACH-1, antes del horizonte edáfico que lo culmina como conjunto edafolitoestratigráfico, a nivel analítico no pueden extrapolarse los resultados de éste con respecto al de CH-N3. Sin embargo, el estudio de los fragmentos localizados en las inmediaciones del perfil Chafarí-I sí puede servir de nexo entre los resultados de ambos.

#### **Propuesta de estratificación para el perfil BLACH-1.**

La observación del perfil BLACH-1 ha permitido esbozar una propuesta de estratificación donde se observan, dentro de lo que denominamos Unidad BLACH-1, cinco estratos superpuestos, sin mecanismos aparentes de falla ni de pliegues; asumiendo igualmente que conforman una secuencia de depósito donde se han producido fenómenos alternos de deposición natural, con niveles eruptivos y sedimentarios (**Figura 581**). Aunque no se observen parámetros propios de un alto componente de ese último tipo, habría que atender a la exposición de los materiales de brecha (*surge* o lahar) en el tiempo, dado que

como ocurre con otras zonas se trata de superposiciones acaecidas en distintos periodos, y obviamente quizá con la suficiente exposición como para producirse el mencionado efecto, que en todo caso siempre sería muy escueto.

En todo caso los materiales que forman el perfil reflejan de forma vertical la estructura interna de buena parte de la extensión situada bajo el flanco suroeste de Pico Viejo. Una estructura que se relaciona con el agua, porque es éste elemento el que se unirá a los materiales eruptivos emitidos por el conjunto Teide-Pico Viejo, aportándoles un comportamiento más fluido de lo habitual. Efectivamente la presencia de agua ya es planteada por Pérez *et al.* (2008) en su estudio sobre las erupciones freatomagmáticas de dicho conjunto, indicando que –por las propias características estructurales del mismo– dicho elemento debía encontrarse no sólo en cantidades considerables, sino bajo forma sólida (nieve o hielo) en la cumbre de ambos volcanes.

No obstante, el estudio de estos materiales creemos que debe atender, como debiera ocurrir con cualquiera de tipo paleoambiental, tanto el elemento constructivo como destructivo, aspectos ambos inherentes a la propia dinámica geológica local y global. Lo que observamos como un perfil natural, que nos muestra la secuencia completa de la historia eruptiva “reciente” (lo que puedan ofrecernos unos 120 cm. de la misma) de la zona baja de Pico Viejo, no es otra cosa que la acción del ciclo destructivo a la escala de un corte en el terreno. Una incisión producida por la lenta acción del agua, que desmantela una sólida y peculiar estructura de brechas de distinta composición pero una misma naturaleza, la que el líquido elemento también pudo ayudar a construir.

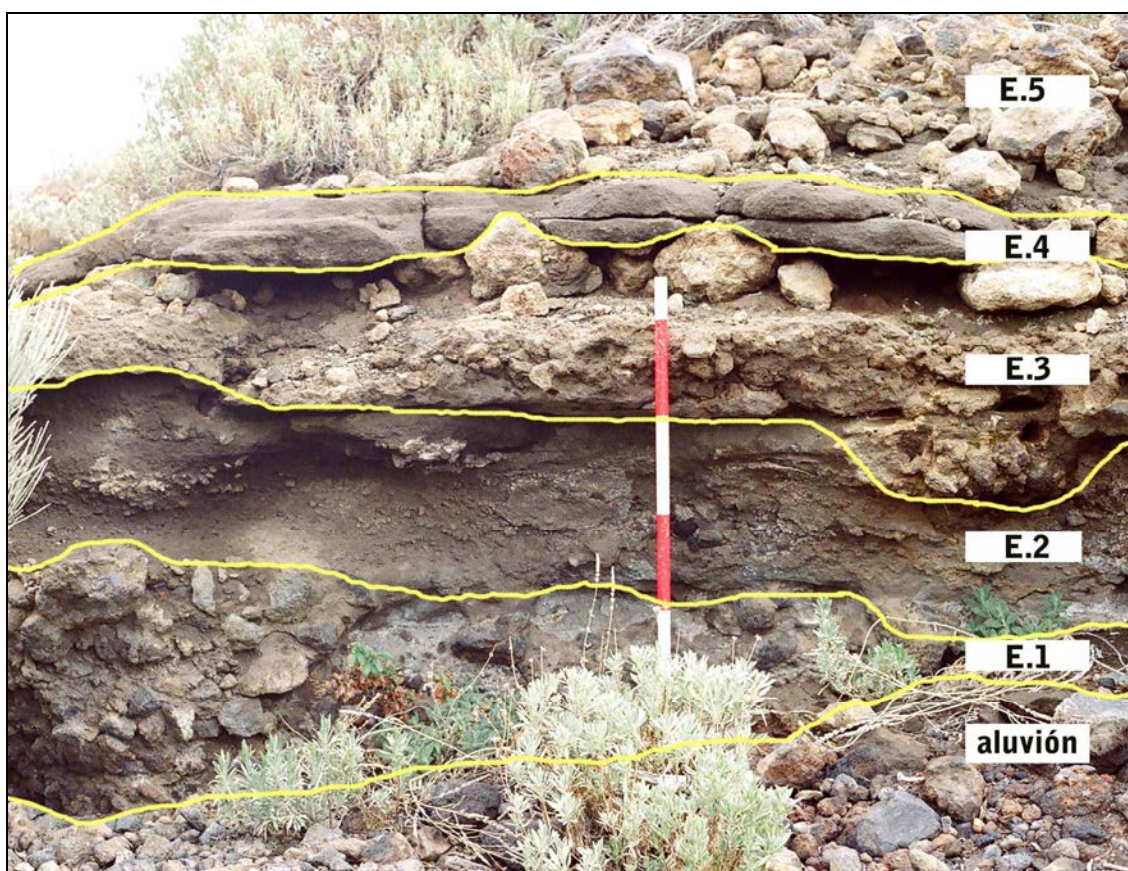
Por ello es de destacar, que también en dichos procesos erosivos siempre intervino el agua, como una fuente de energía mecánica, de fuerte, media y baja intensidad. En este último caso nos encontraríamos ante el modelo que presentan las avenidas estacionales actuales (2000-2010), donde se aprecia una notable disminución del volumen y fuerza del caudal, restringiéndose tales parámetros a episodios de lluvias continuadas y deshielo de innivaciones invernales muy abundantes, por lo general poco frecuentes en esa década. Hasta finales de la misma, el cauce del Barranco de La Arena no ha podido ser observado en ninguna ocasión, tanto en época invernal y primaveral, con episodios significativos semejantes, que permitieran valorar directamente el cauce del barranco ocupado por una de estas avenidas. Todo lo más, se ha observado el relleno por agua de lluvia o deshielo de finas capas de nieve-hielo de los abundantes huecos que se observan en las zonas de coladas pahohoe, fruto de avenidas relictas con seguros episodios de alta energía hídrica.

#### **Estrato 1.**

Formado por un depósito de cantos gruesos y angulosos envueltos en una escasa matriz de grano fino, su potencia puede similar a la de los anteriores pero no puede definirse en su límite inferior. En varias zonas presenta síntoma de carbonatación. Solamente es posible detectar el Estrato 1 hasta una potencia cercana a los 40-50 cm., ya que luego los depósitos aluviales del cauce lo impiden. Parece muy probable que bajo este nivel el Estrato 1

alcance profundidad, e incluso se diversifique en otros niveles que no afloran en el perfil.

A este estrato corresponderían las muestras situadas a 100 y 120 cm. de la superficie, que entre ellas han mostrado diferencias, en especial la primera con respecto a la totalidad de las mismas. La muestra situada a 100 cm. presentó, tras la oxidación de la materia orgánica y descarbonatación, una coloración rojiza muy diferente a las muestras de otras profundidades y estratos. Esta coloración, sin duda asociada a la presencia de arcillas y óxidos de hierro, confirma la existencia de un posible nivel edáfico, de un paleosuelo con incipiente desarrollo que resultaría posteriormente sellado por varios eventos eruptivos de tipo freatomagmático.



**Figura 581**, Propuesta básica de estratificación para la unidad litoestratigráfica BLACH-1. J.A.

### **Estrato 2.**

De grano mucho más fino y coloración más clara que el E.1. Presenta gran afectación por carbonatación, que le genera un proceso de exfoliación importante.

Debe destacarse la posible existencia de varios momentos en la formación de este estrato, apreciables en indicios de discontinuidad en el mismo.

### **Estrato 3**

Se establece una línea de contacto superior con el Estrato 4 muy irregular, basada en grandes cantos angulares o subangulares de hasta 50 cm. Este particular podría indicar fenómenos de arroyada de intensidad decreciente,

que habría dejado estos grandes clastos aislados hasta el sellado completo por el lahar del Estrato 4. El límite inferior no presenta clastos tan grandes sino una matriz dura, fina y de color claro.

En este estrato se localiza un orificio aparentemente artificial, de tendencia circular y notable profundidad, sus paredes aparecen recubiertas de lo que parecen arcillas o costras carbonatadas endurecidas. Hasta comprobar otra lectura, por el momento lo asociamos a pruebas geológicas actuales, aunque no hemos podido fijar su autoría.

#### **Estrato 4**

Constituido por arenas carbonatadas, *encalichadas* o *lahar* como las detectadas superficialmente en zonas alejadas de la unidad BLACH-1, como los Asientos de Pedro Méndez y altos del Volcán de La Corona, que motivó un seguimiento más exhaustivo de sus características. Más si cabe cuando se averiguó su naturaleza, comprobando que aparecía en los niveles arqueológicos del yacimiento de Chafarí-norte<sup>3</sup>, aunque en este caso más asociado a una utilización antrópica que a su posición estratigráfica primaria en la zona (Hernández, 2006). Se trata de un nivel que presenta subniveles en su seno, perceptibles por líneas de discontinuidad, caracterizadas por una distinta coloración y textura. Y que parecen indicar la presencia de un antiguo nivel expuesto a los agentes atmosféricos y finalmente consolidado (pátina superficial) pero que fue rápidamente sellado por un nuevo episodio freatomagmático de similares características.

Este podría ser el estrato con mayor solidez en superficie, y el último relacionado con actividad eruptiva del cráter de Pico Viejo, en concreto con episodios hidro-magmáticos. Sin embargo, se plantea la cuestión de si sobre éste se ha situado otro que ha sido desmantelado en la zona del perfil y que se encuentra ocupando grandes áreas. No obstante, el Estrato 4 podría ser el que presentara unas características micromorfológicas menos alteradas, dada su consistencia y neta separación con ese posible Estrato 5 superficial desmantelado. En todo caso parece ser el de textura más fina, claramente arenosa, sin engrosamientos aislados, lo que confirma una homogeneidad al menos aparente. En todo caso se trata de un depósito de textura arenosa que sella el Estrato 3, aspecto que se ilustra perfectamente en la adecuación de la matriz sedimentaria, formada por materiales finos integrados en una masa licuada derivada de una erupción freatomagmática. En cierto modo el proceso podría asemejarse al de la génesis de un paleosuelo rubefactado (almagre) sin que exista una temperatura semejante que ocasione la oxidación de las arcillas presentes en el mismo. De hecho, no se observan cambios apreciables de coloración más allá de los propios de la textura, diferencial entre ambos estratos.

Los primeros datos aportados por el análisis de este peculiar material, en cuanto a sus elementos cementantes y granulometría (**Gráfico 98**) indicaron que se trataba de un material con escasa materia orgánica y algo más de carbonatos, cuyos valores son más bajos en aquellas zonas donde no se encuentra cubierto de vegetación. Su granulometría es eminentemente arenosa, con predominio de la fracción arenas  $>200 \mu\text{m}$  (46,75 %) y en menor medida de las arenas  $200-50 \mu\text{m}$  (32,84 %) y cuyo total ocupa algo menos del 80 % de la muestra. Lógicamente las fracciones finas quedan reducidas a algo

más del 20 % restante. En este caso es la fracción de los limos (50-2  $\mu\text{m}$ ) la que supera a las arcillas, con 12,92 % frente al escaso 7,49 % de éstas.

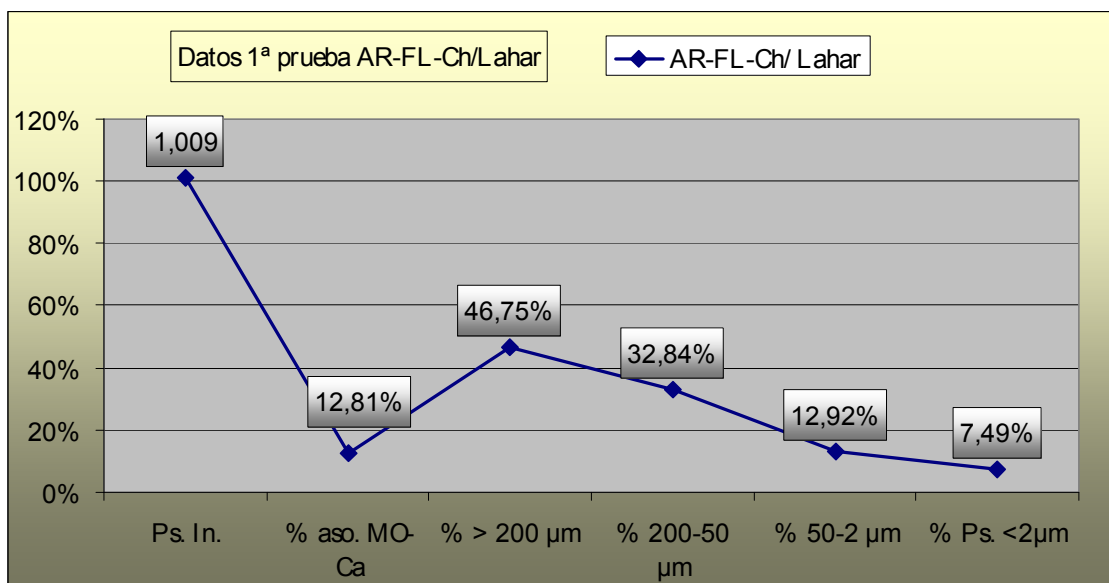
Las reflexiones al respecto de la naturaleza y comportamiento de este material son claras, al menos desde su componente altamente arenoso, que orienta su origen –dado que asumimos que se trata de un material no erosionado en su matriz menos superficial– hacia zonas de acumulación de arenas, que fueron captadas por los dinámicos mecanismos de una erupción freatomagmática (Pérez *et al.*, 2008; Carracedo *et al.*, 2007; entre otros). Ese alto componente arenoso sería el mismo que el de un sustrato resultante de acumulación de transporte eólico y por tanto de procesos erosivos pero ¿a qué altura se situaban tales depósitos?, y ¿dónde podían haberse generado previamente?; porque este material es el resultado de una deposición de material caliente y altamente licuado, que se depositó en amplias zonas de las laderas, llanuras y depresiones de la vertiente SW de Pico Viejo. En la zona que nos ocupa –Barranco de La Arena y parte de el Valle de Chafarí– selló en cierto modo suelos y coladas preexistentes como una losa estéril, que a su vez debió servir de sustrato para la formación de paquetes edáficos y que serán donde arraigue la vegetación que en parte se conocerá desde época aborígen.

Desde una hipótesis lógica, las características de este material, con escasez de fracción fina, altamente arenoso y más que posible compactación, no sería precisamente el más adecuado para el desarrollo vegetal. Como sí lo será el sustrato edáfico desarrollado sobre él, cuyo proceso de formación –ateniéndonos a la lentitud de los mismos en el ámbito de la alta montaña de Tenerife– ofrece ya un punto de partida, cronológicamente relativo, de la antigüedad del lahar/*surge* que conforma las capas o placas de matriz arenosa y carbonatada.

Posteriores analíticas, realizadas con mayor cantidad de muestra, para afianzar especialmente las lecturas granulométricas, aportaron de nuevo valores muy bajos en materia orgánica, aunque bastante más que en las primeras analíticas, realizadas con un material muy semejante, pero localizado en una zona con vegetación, no tan desmantelada como ocurre en la zona del perfil BLACH-1. La exposición de la zona de éste a la intemperie ha producido que dicha costra arenosa se encontrara completamente denudada de suelo y vegetación, siendo claramente visible su alto grado de fragmentación y afectación por los procesos mecánicos, químicos y erosivos de los agentes atmosféricos locales.

No obstante, la detección de varias líneas de discontinuidad en este material ha permitido intuir la existencia de al menos dos momentos en el depósito de similar material freatomagmático. En uno de los casos puede apreciarse una superficie más lisa de la que presenta la costra una vez expuesta a los agentes atmosféricos, tal y como se presenta en zonas donde la erosión ha eliminado el paquete edáfico desarrollado con posterioridad al depósito volcánico. En la misma es patente además la presencia de una matriz mas fina, que tamiza los poros propios de un material geológico arenoso y que podrían ser arcillas y limos depositados por corrientes hídricas de baja energía. Sin embargo, se trata de una secuencia de muy corta duración que es sellada por un nuevo aporte de material arenoso, procedente de otro episodio volcánico de similares características. En todo caso cabría

proponer, además de estudios microfósiles de alta definición estratigráfica<sup>113</sup>, otro de naturaleza micromorfológica que intentará responder a las variaciones existentes en la estructura del material que forma el denominado Estrato 4.



**Gráfico 98**, Curva analítica (materia orgánica + carbonatos y fracciones granulométricas) de la primera muestra de nivel de lahar tratado en laboratorio. J.A.

### Estrato 5

Este estrato constituye en realidad un paquete edáfico, que ha resultado desmantelado en la zona inmediata del perfil por su cercanía al borde del mismo, presentando –con respecto a éste– un apreciable retranqueo de algo más de un metro. Lugar donde fue llevado a cabo un nuevo perfil –situado sobre los niveles no-edáficos de BLACH-1– de algo más de 30 cm., comprobándose la existencia de materiales muy alterados, como consecuencia de la meteorización directa, así como por la acción de los sistemas radiculares de la vegetación potencial zonal. Procesos que habrían operado también, junto con otros, como parte de la génesis del suelo actual situado en zonas más alejadas del perfil y al menos en la zona por la que se extienden las capas laháricas del Estrato 4.

En concreto las muestras se tomaron entre la vegetación y el sustrato rocoso existente, para comprobar, mediante sus características texturales y de microfósiles, similitudes o diferencias con el Estrato 4. El perfil edáfico se realizó en vertical hasta localizar el nivel de lahar, que se encontraba a más de 30 cm. de la superficie, percibiendo cierta homogeneidad en el suelo hasta dicha profundidad (**Figuras 582-583**).

<sup>113</sup> Entendiendo por tales los que abordan muestreos estratigráficos sistemáticos realizados en vertical y a muy escasa distancia uno de otro.

La observación *de visu* permite observar la homogeneidad del sustrato, variando éste únicamente en la zona más baja, quizá atestiguando —en base a su coloración más amarillenta— la presencia de mayor contenido en arcillas.



**Figura 582-583**, Horizonte edáfico situado inmediatamente por encima de las costras de lahar del perfil BLACH-1, cuyo límite superior se encuentra bajo una mezcla de grandes rocas y suelo arrastrado por las escorrentías en dirección al perfil. J.A.

#### Características del muestreo.

Las labores de muestreo se realizaron después de comprobar que el perfil presentaba, —en sus unidades integrantes— una matriz sedimentaria similar, formada por grano fino, arenoso, lo cual podría permitir identificar microfósiles en su interior; algo complejo y probablemente imposible en el seno de los cantos rocosos de los niveles más bajos. La identificación de cambios en las unidades litoestratigráficas que lo conforman debía propiciar lecturas paleobotánicas de la zona desde el estudio de posibles cambios en el registro microfósil.

Dado que se contaba con muestras analizadas, similares en naturaleza a la que englobaba el Estrato 4 (lahar) procedentes de la zona media (Volcán de La Corona) y baja (Asientos de Pedro Méndez) de Pico Viejo, se compararon los resultados obtenidos con este nivel.

El muestreo se realizó de abajo a arriba, llevando a cabo finalmente perforaciones correspondientes a las profundidades de 1-2, 15, 20, 25, 30, 50, 70, 100 y 120 cm., allí donde era posible en función de la existencia o no de matriz fina. Particular que debe ser tenido en cuenta, es decir que se ha analizado la matriz que engloba —en varias zonas— fragmentos rocosos de tamaño incluso superior a la grava. El análisis granulométrico por tanto no se realiza sobre la totalidad de un material sino sobre parte del mismo. Por ello finalmente se ha optado por presentar los resultados atendiendo primeramente a las profundidades de donde fueron tomadas las muestras, aplicando posteriores criterios de discusión acordes a su situación, en la secuencia litoestratigráfica de BLACH-1.

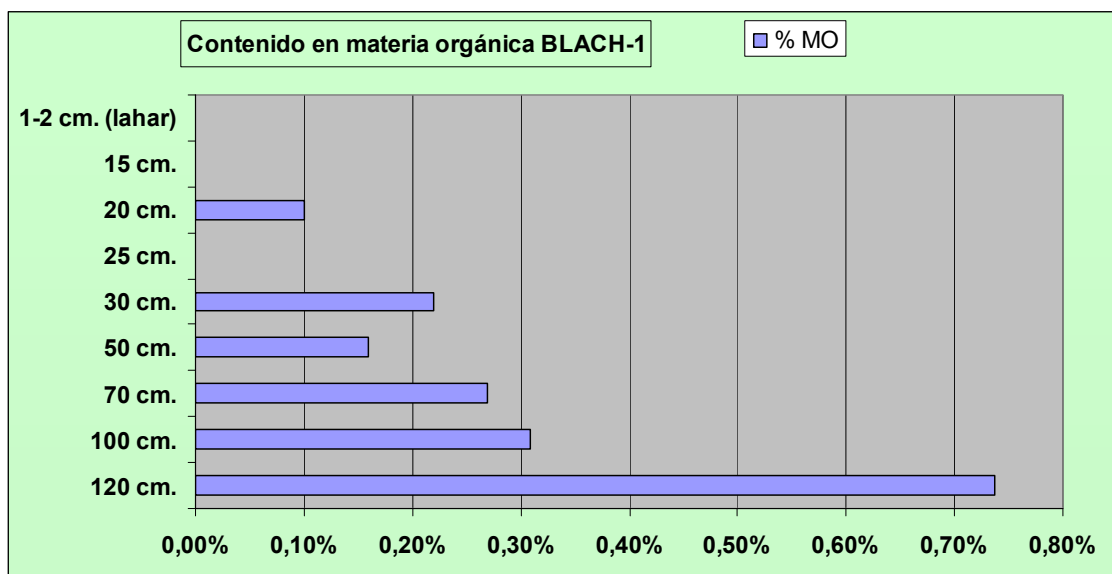
#### Resultados analíticos: materia orgánica oxidable.

Las pruebas indicaron que los contenidos en materia orgánica oxidable son muy bajos (<1%), resultando sintomático que el mayor porcentaje se localice en la profundidad más baja del perfil (120 cm.) con 0,74%, distanciándose



dicho valor de los obtenidos en el resto de profundidades, donde no obstante no se supera por lo general un 0,30%. Por su baja significación, el posterior análisis, con mayor cantidad de muestra, no contempló su valoración, entendiendo que en la posterior prueba –correspondiente a la eliminación de carbonatos– podría estimarse el contenido en materia orgánica restando, a los valores obtenidos, un 1% correspondiente a ese concepto (**Gráfico 99**).

La única salvedad, con respecto a los valores de materia orgánica, la presenta la muestra correspondiente al nivel edáfico, que alcanza 2,66%, indicando obviamente su nítida diferencia con los materiales situados por debajo de éste.



**Gráfico 99**, Contenidos en materia orgánica determinados por oxidación en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>. Los datos no expresados lo son por poco significativos, hay que entender que el material descrito a 1-2 cm. se entiende como límite de la secuencia litoestratigráfica, sobre la cual aun se sitúan unos 40 cm. de suelo actual. J.A.

Los bajos contenidos en materia orgánica se relacionan directamente con las características de los materiales presentes en el Perfil, en su mayoría procedentes de erupciones freatomagmáticas y donde aun no se ha producido un proceso significativo de edafogénesis. De constituir como los propios de un paquete edáfico<sup>114</sup>, los existentes y sus ínfimos contenidos en materia orgánica obligan que plantear que estamos ante sustratos donde no ha existido depósito de ésta. Y donde, por causas ambientales, no hubo vegetación significativamente activa como para generar contenidos más abundantes en carbono orgánico<sup>115</sup>.

<sup>114</sup> Que a todas luces no lo son, sino materiales que han dado lugar en el tiempo al limitado paquete edáfico que constituye el Estrato 5.

<sup>115</sup> Tales inferencias considerarían condiciones propias de un clima más riguroso que el actual, en especial más frío y menos húmedo, con condiciones de aridez como para eliminar las posibles fracciones finas (limos y arcillas) y solamente permitir la estabilidad de la fracción arena. Sin embargo, por ahora únicamente planteamos dicha

La situación se invertiría cuando los procesos edafogénicos comenzaran sobre las costras de lahar/surge, que determinarían la creación de un suelo, cuya superficie actual ya presenta cierto componente biológico. En este sentido disponemos de un referente comparativo en el perfil Chafarí-I, cuyos valores en materia orgánica oxidable, a una profundidad entre 0-3 cm. aporta igualmente un valor de 2,05% que se mantiene, con un ligero incremento, hasta alcanzar 25 cm. de profundidad<sup>116</sup>.

### **Carbonatos.**

Al contrario que los contenidos en materia orgánica, los vinculados a carbonatos se plantean como relativamente significativos, dado que el promedio de su contenido se sitúa en 12,36%, con un máximo de 16,50% a 25 cm. de profundidad y un mínimo de 7,39% a 100 cm.. Aunque las analíticas se llevaron a cabo tratando previamente las muestras para la oxidación de materia orgánica, los valores tan bajos de ésta matizan las lecturas obtenidas tras neutralizar los carbonatos, pero atendiendo que el error no puede ir más allá de 1% (**Gráfico 100**).

La pérdida de peso de las muestras por tales conceptos puede por tanto considerarse de algo más de un 10%, lo que traducido a gramos indica menos de 1 gr. de muestra para todas las muestras, de todas las profundidades, con un máximo de 0,8252 grs. y mínimo de 0,3695 grs.

Efectivamente, tras la estimación de los pesos resultantes, se observa que la fracción insoluble al ácido sigue siendo alta (>4 grs.), indicándonos que el contenido en elementos cementantes sólo representa una mínima parte de la fracción total. Siendo en concreto los carbonatos los que constituyen buena parte de aquellos.

### **Granulometría y datos analíticos del perfil litoestratigráfico BLACH-1.**

Los datos observados tras el fraccionamiento de la muestra resultante de los tratamientos químicos confirman discontinuidades en la tendencia granulométrica del perfil, observándose ciertos parámetros destacables (**Gráfico 101**). El primero de ellos que la fracción dominante siempre corresponde a las arenas >200 µm, que oscilan entre algo más del 40% (30 cm.) y un máximo cercano al 80% (70 cm.), suponiendo en todo caso siempre más del 40% de cada muestra.

Las arenas 200-50 µm constituyen la siguiente fracción más representativa, oscilando entre algo más del 10% y 30%, mientras que los limos no representan más del 15% y las arcillas no alcanzan siquiera dicho valor. Con dichos resultados la primera lectura confirma el alto porcentaje de la fracción arena (>200 µm + 200-50 µm), que alcanza un máximo de 90,57% y un mínimo de 77,68%. Estamos por tanto ante sustratos arenosos cuyo comportamiento va aparejado a ese nítido componente.

Pero si bien las fracciones finas (limos+arcillas) muestran cierta estabilidad, especialmente la fracción <2 µm —que no supera nunca el 10%—, los contenidos en arenas, tanto las situadas en el intervalo 200-50 µm como las >200 µm muestran cambios claros en la secuencia estratigráfica situada

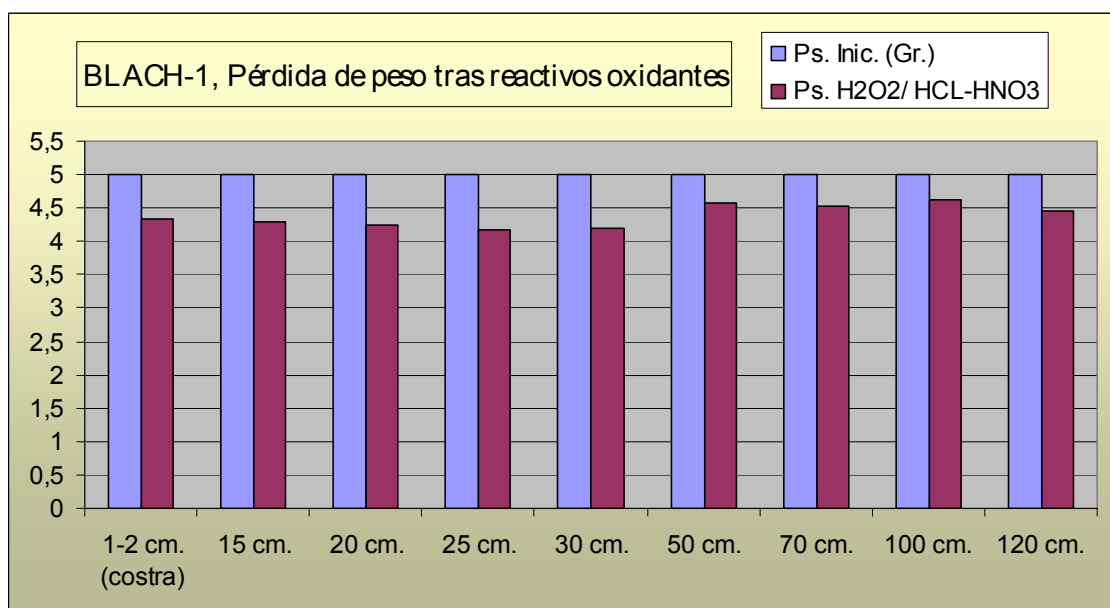
---

lectura como hipótesis por refutar, o en todo caso contrastar con las emanadas del registro microfósil y posteriores estudios al respecto.

<sup>116</sup> Ver Análisis del Perfil Chafarí-I.

entre 1-2 cm. y 120 cm. de profundidad. Ciertamente —si nos atenemos a los datos observados en las arenas— los cambios en su contenido reflejan varios momentos en la formación del sustrato volcánico total.

En ese sentido, las arenas 200-50  $\mu\text{m}$  pasan de presentar  $\pm 20\%$  en los niveles superficiales para situarse en 30%, superando algo este último valor entre 20-30 cm. de profundidad, intervalo donde las arenas  $>200 \mu\text{m}$  presentan sus niveles más bajos. A 50 cm. de profundidad son las arenas  $>200 \mu\text{m}$  las que cobran protagonismo (alcanzan algo menos del 80% a 70 cm.), lo cual obviamente se traduce en una drástica disminución del resto de las fracciones, causando especialmente una reducción muy significativa en las arenas 200-50  $\mu\text{m}$ .

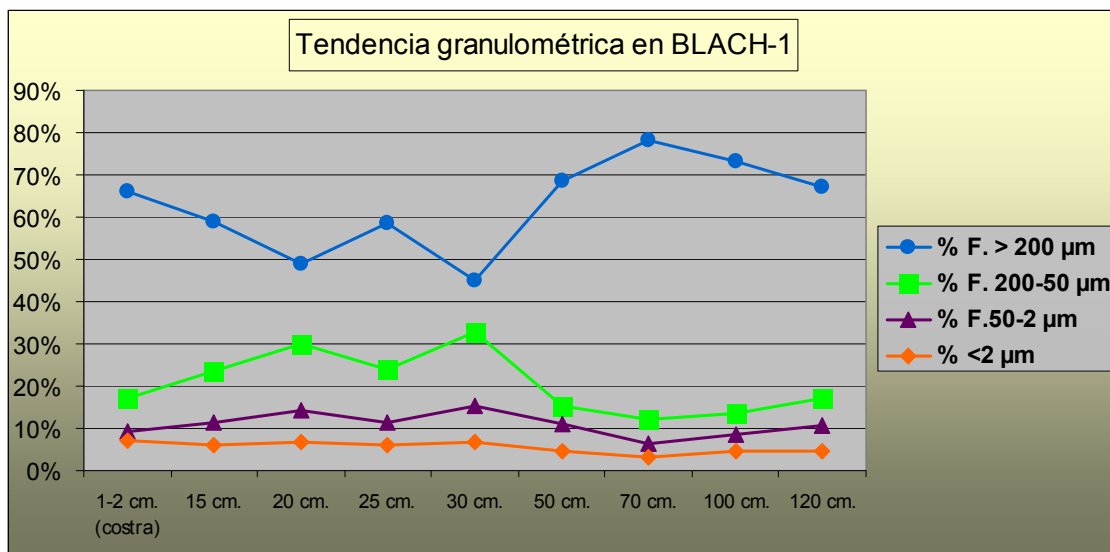


**Gráfico 100**, Pérdida de peso asociada a la eliminación de materia orgánica y carbonatos tras la aplicación de reactivos químicos. Como puede apreciarse, el componente mineral (fracción insoluble al ácido) es muy elevado tras los tratamientos oxidantes ( $> 4$  gr. sobre 5 gr.). J.A.

Planteando un ejercicio interpretativo, donde los materiales analizados se tomaran como diferentes niveles de un sustrato edáfico y los cambios granulométricos propios de diferentes condiciones formativas, podrían emitirse varias inferencias, al menos en dos direcciones: la que entiende el depósito como fruto de las condiciones ambientales y otra exclusivamente atendiendo a la naturaleza de los materiales eruptivos. Desde la primera al menos entonces podrían definirse tres momentos en los procesos formadores de los sustratos de BLACH-1. Quizás el más relevante es el que acontece entre 20-30 cm., cuando las fracciones finas son tímidamente más evidentes, pudiendo relacionarse con condiciones meteorizantes más acusadas, quizás con menores temperaturas y procesos de erosión eólica, dado que se produce un ligero incremento de la fracción limo y arenas 200-50  $\mu\text{m}$ .

A profundidades  $>30$  cm. esta tendencia se invierte, como consecuencia del cambio de las propiedades del material, produciéndose un incremento de la fracción gruesa ( $>200\text{--}\mu\text{m}$ ) que sin duda va asociado a que se trata de una zona

donde los materiales llevan inclusiones de grandes cantos, por lo que se trata de la matriz más fina del mismo<sup>117</sup>.



**Gráfico 101,** Curva de tendencia granulométrica de BLACH-1.

Sin embargo, esa primera lectura debe matizarse puesto que no todos los materiales presentes en el corte BLACH-1 poseen un componente totalmente arenoso, de hecho en algunos de ellos sólo supone parte de la matriz que también aglutina cantos y gravas. Dado que conocemos la existencia en la zona alta de Pico Viejo y Teide de materiales derivados de erupciones freatomagmáticas, podemos estar ante un depósito diferencial de las mismas en el tiempo. Pese a que parezca existir un nivel de paleosuelo a 100 cm. de profundidad de la superficie edáfica actual<sup>118</sup>, con la presencia de una coloración que indica la presencia de óxidos de hierro, lo cierto es que aquí lo más relevante sigue siendo ese aumento acusado de la fracción gruesa frente a la fina. Los valores más bajos de las arenas 200-50 µm, limos y arcillas se localizan a esta profundidad. Desde una perspectiva que atienda a los procesos erosivos y estos en función del componente climático, se trataría del

<sup>117</sup> Aunque resulte complejo aquí abstraerse de formular inferencias paleoambientales, ya que tales cambios en la granulometría podrían estar asociados a cambios en las condiciones ambientales, bien con aumento del arrastre hídrico y la temperatura, o bien con el de la erosión eólica en un clima más frío. Sin embargo, estamos ante materiales eruptivos, no ante suelos. La única evidencia que podríamos emplear para abordar ese campo sería de nuevo el registro microfósil inserto en la matriz de tales materiales. Entendiéndolos en este caso como indicadores biológicos de los organismos vegetales que se desarrollaban en la zona, que resultaron destruidos y depositados sus elementos más resistentes dentro de cada oleada (capa) de material freatomagmático o brecha volcánica producidos por el conjunto Teide-Pico Viejo.

<sup>118</sup> Esta lectura viene dada por la observación de una coloración rojiza —frente a la gris de la mayoría de las muestras— en la correspondiente a esta profundidad, entre los estratos 4 y 5. Sin embargo, no se detecta en la misma un aumento significativo de la fracción arcilla, pero dicho rasgo denota la presencia de óxidos de hierro, no presentes en el resto de muestras.

sustrato más sometido a los mismos, en concreto a la acción de fuertes vientos. Fruto de los cuales quedarían eliminadas las fracciones finas, aumentando el componente de arenas >200  $\mu\text{m}$ . En este caso estaríamos ante un periodo más frío que el que representa al resto de las muestras, un periodo donde las corrientes atmosféricas se unirían para generar un terreno pedregoso, falta de materia orgánica y fracciones finas, que sólo permitiría el desarrollo de una vegetación herbácea muy poco exigente.

Si la segunda inferencia, que puede realizarse, debe atenerse a las características del sustrato en relación con su origen eruptivo, éstos fueron los que arrastraron una mayor cantidad de arenas >200  $\mu\text{m}$  y muchas menos fracciones finas. Por ello la pregunta aquí estaría vinculada a las propias características de dichas erupciones, y en especial su contenido en agua. Deben introducirse aquí los parámetros señalados en el conocimiento de las erupciones de este tipo en el conjunto Teide-Viejo por Pérez *et al.* (2008; entre otros).

### Registro microfósil del perfil BLACH-1: análisis por profundidades.

#### Estratos 1 y 2

Las muestras tomadas entre 120-100 cm. corresponden a 160-140 cm. de la superficie del suelo actual<sup>119</sup>, constituyéndose como los niveles más interesantes a nivel microfósil, dentro de la tónica de esterilidad biogénica de las muestras pertenecientes al resto de estratos. Los fitolitos detectados lo son únicamente a nivel de indicios, pero con profunda significación paleoambiental. En su gran mayoría se trata de fragmentos silicificados que podrían pertenecer a silicofitolitos, pero de casi imposible identificación dada su alta fragmentación.

Dentro de los que pueden ser concretadas algunas morfologías, corresponden —en el primer caso— a células cortas bilobuladas o similares a las presentes en la subfamilia *Panicoideae* de la familia *Poaceae*. También células cortas trapezoidales (**Figura 585**) y células largas trapezoidales sinuosas (**Figura 584**).

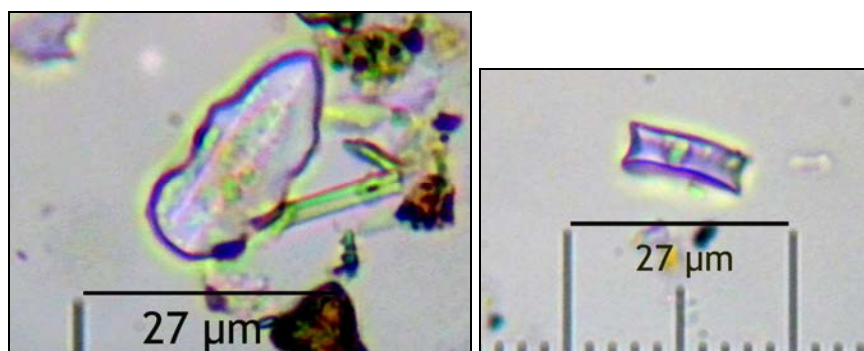
Células largas de sección elíptica, de ornamentación dendriforme (en origen) que presenta en la actualidad salientes apuntados (equinados) no-dendriformes<sup>120</sup>, su sección aparentemente es elíptica, tratándose de los fitolitos de mayor tamaño detectados en BLACH-1.

Y un tercer posible morfotipo, localizado a la profundidad de 100 cm. estaría constituido por varios ejemplos de células buliformes cuneiformes

<sup>119</sup> Tomando en consideración que aunque en el mismo corte del perfil el estrato correspondiente al lahar/*surge* se observa a techo de la estratigrafía, se encontraba un paquete edáfico que ha resultado erosionado antes que éste, encontrándose presente escasos metros más atrás del borde del corte.

<sup>120</sup> Matización realizada —mediante constatación microscópica— de que una misma tipología de fitolitos que en origen (muestras vegetales patrones) presentan ornamentación dendriforme, en su localización en suelos y sedimentos lo hacen con únicamente equinada. Pudiendo tener una causa tafonómica, ya que los procesos post-deposicionales incidirían negativamente sobre las delicadas estructuras síliceas que constituyen la ornamentación que denominamos dendriforme (*dendritic* según la terminología propuesta en el ICPN 1.0, Madella *et al.*, 2005), ocasionando su pronta fragmentación.

(*cuneiform bulliform cells*, ICPN 1.0) o de simetría *Arc:Triangle* como la designada por Bowdery (1998). Las particularidades características de estas últimas y en especial su coloración en tono verdoso hace albergar dudas sobre su verdadera naturaleza, que podría ser mineral (**Figura 588**). Pero la detección de otros morfotipos similares –aunque en contextos arqueológicos– donde se ha operado un choque térmico elevado (estructuras de combustión) y que tampoco presentan la tonalidad habitual en morfotipos fitolíticos<sup>121</sup>, parece permitirnos afirmar que podría tratarse de este tipo de fitolitos, aunque en proceso de perder su componente altamente silicificado original, por causas que aun deben ser estudiadas de forma específica (**Figura 588**). Una hipótesis plausible sería la afectación al registro microfósil existente por las altas temperaturas generadas, sobre el terreno, por oleadas de material eruptivo moderadamente licuado.



**Figura 584** (Izqda.), Célula larga trapezoidal sinuosa, **Figura 585** (Drcha.), Célula corta trapezoidal. Ambas detectadas a la profundidad de 120 cm. y fotografiadas a 600x.

La adscripción de los grupos microfósiles más relevantes se orienta claramente aquí hacia las gramíneas, que al menos en el caso de las muestras correspondientes a 120 cm. y parte de 100 cm. pertenecen a fitolitos de células propias de la subfamilia *Pooideae* y aisladamente a *Panicoideae*.

Un último grupo microfósil detectado está constituido por fragmentos amorfos o angulares, opacos o ligeramente traslúcidos que parecen definir microfragmentos de carbón y tejidos vegetales parcialmente carbonizados. Una posible evidencia de las consecuencias producidas por la acción de los materiales que constituyen el Estrato I, que probablemente se encontraban a

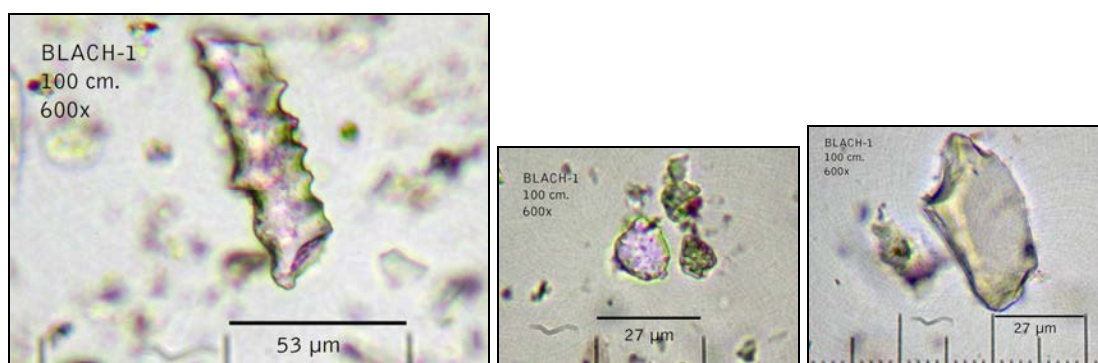
<sup>121</sup> Efectivamente en los niveles arqueológicos de La Cerera (Arucas, Gran Canaria) se han detectado lo que aparentemente eran fitolitos globulares equinados propios de palmáceas, pero sin algunas de las características que estos presentan bajo el microscopio óptico, como la que atañe a su coloración, que en los primeros es ligeramente malva (*fucsia*) y en los segundos, también ligeramente, verde (*green*). Ante el desconocimiento sobre el tema y descartando que se trate de otro tipo de microfósil (como palinomorfos directamente vinculados a una estructura de combustión), únicamente puede plantearse aquí la existencia de procesos posdeposicionales (vinculados al choque térmico y otros parámetros que no es posible definir) que afectan a los fitolitos de sílice y que pueden producir tal diferenciación cromática. Entendiendo siempre que el resto de características micro-morfométricas, de las morfologías de fitolitos citados coinciden en un grado aceptable de similitud.

temperatura moderada, o al menos suficientemente alta como para combustionar violentamente la vegetación existente. La cual no presentaba, en base al escaso contenido de biomineralizaciones silicificadas, un componente propio de especies con alto o moderado desarrollo de las mismas, como gramíneas, ciperáceas o compuestas, por citar algunas del elenco florístico de las Cañadas del Teide.

### Estrato 3

Correspondería aproximadamente con las muestras tomadas a 70, 50 y 30 cm. de profundidad hasta la capa de lahar, que en el propio perfil es la superficial, luego habría que sumar el paquete edáfico desaparecido del borde del mismo.

Vinculados a ese escaso pero relevante registro microfósil cabe mencionar cierto cambio en la matriz mineral restante, que volviéndonos hacia las fracciones granulométricas que la componen, se detecta cierta disminución del componente arenoso observado a 70 cm. y un aumento de las fracciones finas, hecho perceptible a nivel microscópico. Sin embargo, ello no se traduce en una mayor presencia de microfósiles, aunque las silicificaciones (no necesariamente biominerales) forman parte de las partículas finas.



**Figura 586** (Izqda.), Célula larga, sección elíptica y ornamentación dendriforme en origen (300x). **Figura 587** (Centro), Célula globular con posible ornamentación verrugada, o restos de tricoma (600x). **Figura 588** (Drcha.), Partícula microscópica con morfología muy semejante a una célula buliforme cuneiforme (600x). Detectadas a 100 cm.

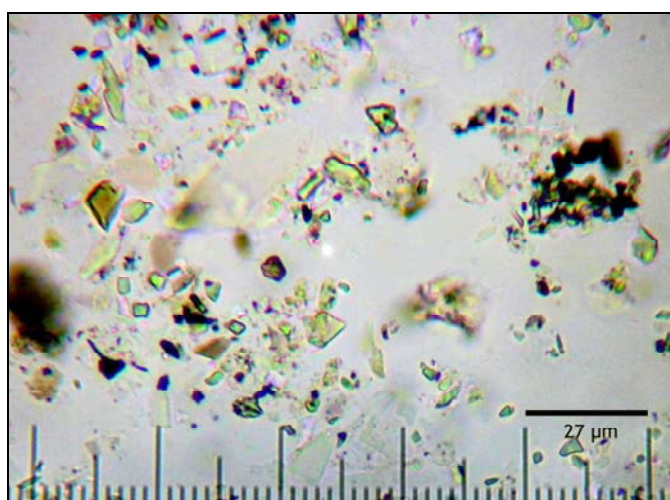
El único tipo microfósil claramente perceptible es de carbón microscópico, que obviamente alude a la llegada de tejidos vegetales carbonizados a la matriz del material<sup>122</sup>. Pero las concentraciones están lejos de ser significativas, aspecto que puede asociarse a la escasez de vegetación en la zona<sup>123</sup>. Se trata de muestras con muy bajo contenido en microfósiles.

<sup>122</sup> Posiblemente vinculado a incendios ocasionados en las zonas afectadas por la erupción.

<sup>123</sup> Tal y como se ha observado en los suelos de laurisilva actuales, en la zona de Anaga (Tenerife), las concentraciones de carbón microscópico —y en algunos casos también macroscópico— son muy elevadas, en este caso como consecuencia de una práctica antrópica intensiva orientada a la obtención de carbón. Sin embargo, similares concentraciones fueron localizadas durante el estudio microscópico de los suelos situados cercanos a la localidad de Los Rodeos, en el Perfil Coromoto, en niveles

#### Estrato 4

Incluye los niveles de lahar y a las muestras tomadas a 25 y 20 cm. y hasta 1-2 cm. Estas primeras muestras, una vez analizadas, permitieron contar con las primeras informaciones microscópicas al respecto de este peculiar material, muy abundante en las laderas de Pico Viejo y en las zonas aluviales más bajas, cercanas al Llano de Ucanca. Su contenido en microfósiles dista mucho de ser abundante pero no por ello menos emblemático, por el contrario la presencia, —junto a otras silicificaciones vegetales—, de morfotipos de gran tamaño con apariencia angulosa y ornamentación poligonal, con mínimos resaltes, introdujo un notable factor de incertidumbre en las observaciones microscópicas: la morfología, y especialmente dicha ornamentación de la superficie del morfotipo, no respondía a ninguna silicofitolítica de las estudiadas en la colección de referencia, por otro lado específica de Las Cañadas del Teide.



**Figura 589**, Aspecto de la preparación confeccionada con la muestra correspondiente a 50 cm., limos finos y microcarbones. 600x.

El contenido en microfósiles es muy bajo, incluso menor que la también escasa concentración de fracciones finas, en especial limos. Destaca la presencia de fitolitos *Poaceae* de células cortas bilobuladas (*bilobate cells*, ICPN 1.0) en estado completo o fragmentados (uno de los lóbulos más parte de zona central de morfotipo).

Células largas lisas (*elongate psilate cells*, ICPN 1.0) y quistes de crisofitas, lisos con poro simple y sin collar.

Sin duda el microfósil más abundante es el formado por microfragmentos de carbón, amorfos y de color negro oscuro, que en virtud de los tratamientos

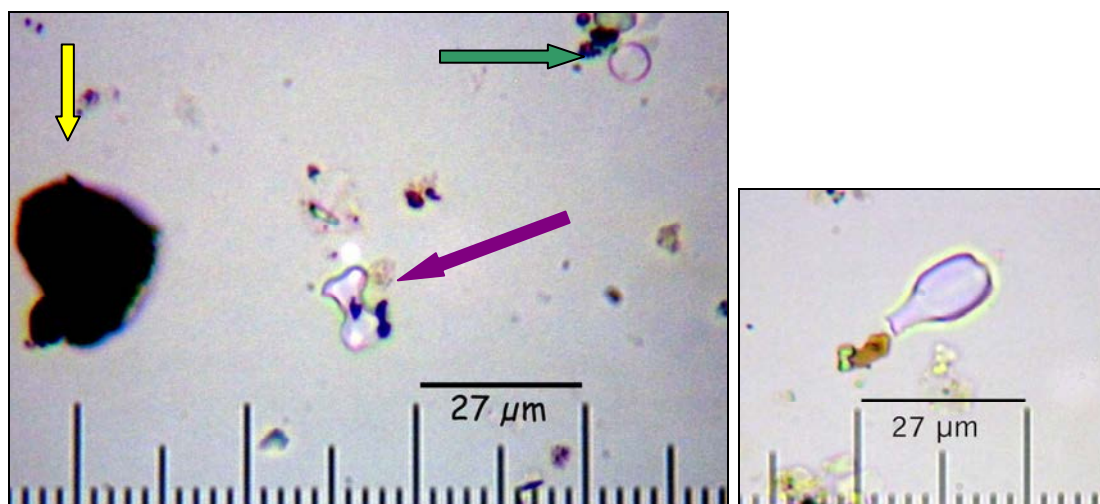
---

edáficos —con respecto a la superficie actual— donde aun no puede plantearse procesos con intervención humana. Se trata, como en el caso de BLACH-1, de consecuencias de incendios naturales que pudieran tener, entre otras, causas volcánicas. Pero las concentraciones localizadas en este perfil de Las Cañadas distan mucho de las anteriores, de ahí la lectura sobre la baja concentración de flora en la zona de la erupción.



realizados (oxidación de materia orgánica) solamente pueden adscribirse a esta naturaleza. Su presencia obviamente alude a procesos térmicos fuertes sobre tejidos vegetales, en este caso ocasionados de forma natural y probablemente asociados a las propias erupciones volcánicas que generaron las capas arenosas y carbonatadas (lahar). Este tipo de microfósil supone la única evidencia de carbón, ya que no se han detectado a nivel macroscópico restos del mismo.

La adscripción botánica de las células cortas bilobuladas es clara y aunque primeramente puede hacerse a la subfamilia de gramíneas *Panicoideae*, no puede descartarse que también lo sea a *Arundinoideae*. En todo caso se detectan dos grupos de células de este tipo que bien responderían a dos especies o géneros diferentes, pertenecientes a ambas subfamilias. Así el primero de los morfotipos bilobulados (**Figuras 590-591**) respondería al modelo descrito por Gallego & Distel (2004) como mancuernas (*Dumb-bells*) o bilobulado (*bilobate*, ICPN 1.0), de vástago corto y extremos rectos (*short shank and straight end*) o ligeramente cóncavos, según nuestras observaciones.



**Figura 590** (Izqda.), Conjunto microfósil en BLACH-1 correspondiente al nivel de lahar y Estrato 4, (amarillo: microcarbón, malva: fitolito bilobulado; verde: quiste de crisofita). **Figura 591** (Drcha.), Fragmento de fitolito bilobulado en la misma muestra. Pese a las bajas concentraciones generales de microfósiles en este tipo de material, la presencia de al menos dos morfologías de fitolito bilobulado de células cortas confirma la presencia de gramíneas de la subfamilia *Panicoideae* en algunos niveles. 600x.

El segundo morfotipo, del que únicamente observamos fragmentos, respondería a otro modelo bilobulado, con vástago más largo y extremos de los lóbulos convexos (*long shank and convex end*). En todo caso entre ambos se atestigua la presencia de fitolitos clasificables dentro del complejo panicoide y que pueden hacer referencia expresa a la subfamilia *Panicoideae*. En otros casos, como cita Twiss (1992), existen otras subfamilias *Poaceae* que también las desarrollan —además de *Chloridoideae*— como *Arundinoideae*, cuya presencia en la zona de actuación es aun más compleja de admitir que *Panicoideae*.

En todo caso, tanto aun si estamos ante una evidencia de restos de flora herbácea del tipo *Panicoideae*, sus repercusiones paleobotánicas son claras: pertenecen a gramíneas que en la actualidad se encuentran escasamente representadas en el primer caso, o ausentes, en las Cañadas del Teide, en la zona de alta montaña de Tenerife. Dada la complejidad, y relevancia, de la presencia de este tipo de células fitolíticas, en contextos que debemos considerar al menos más antiguos que la ocupación humana de la zona, se ofrece, a modo de discusión preliminar, —en el inmediato apartado de Conclusiones— alguna reflexión al respecto.

La complejidad de las inferencias basadas en la evidencia de gramíneas *Panicoideae* en materiales volcánicos antiguos de Las Cañadas obliga no obstante a plantear —en espera de estudios más amplios— la existencia de condiciones ambientales diferentes —con tendencia a mayor humedad y temperatura— a las actuales. Lo cual no hace sino introducir un incentivo a la discusión sobre las variaciones paleoclimáticas —con sucesión de periodos fríos y cálidos— también en Las Cañadas del Teide, como ocurre en todos los ámbitos geográficos no-canarios. Y donde, salvo algunos aspectos referidos a posibles condiciones de mayor frío (periglaciares), como las propuestas por Martínez & Quirantes (1981), Criado *et al.* (2010) o Carracedo *et al.* (2003), se echan en falta estudios que asuman las oscilaciones en ambos sentidos, como bien se conocen existieron en el próximo continente africano (Mejía-Molina *et al.* 2006; Criado, 1990; entre otros).

#### **Estrato 5: paquete edáfico suprayacente.**

Se trata del primer sustrato eminentemente edáfico del perfil, constituyéndose como un paquete de escasa potencia (<30 cm.) pero netamente diferenciado de los niveles/estratos situados más abajo. Su tendencia granulométrica y color son aparentemente homogéneos en toda la columna. A lo largo de la misma no se detecta ningún tipo de restos antracológicos ni arqueológicos (industrias), aunque éstos si que son perfectamente visibles, en superficie, en las inmediaciones del perfil llevado a cabo.

Los principales datos sobre su tratamiento previo, antes del análisis microfósil indican un contenido en materia orgánica oxidable de 2,66% y carbonatos de 1,88%. Lo cual mantiene la tendencia local, aunque algo más a la alza en el primer parámetro.

Pese a que la matriz de este estrato, que debe considerarse en realidad un suelo, es completamente disímil a los situados en las zonas más bajas del perfil, su contenido en microfósiles sigue siendo bajo<sup>124</sup>, no apreciándose ninguna tipología de fitolitos que permita evidenciar grupos vegetales diferentes a los ya mencionados.

---

<sup>124</sup> Pese a haberse analizado mayor cantidad de muestra de lo habitual y realizarse, una parte de las inspecciones microscópicas, sobre la fracción limo, como medida de concentrar aun más la fracción con mayor probabilidad de albergar el conjunto microfósil de rango más habitual (50-2 µm).

### Aspectos formativos y de aproximación cronológica desde el estudio de BLACH-1.

Primeramente se debe destacar la posibilidad real de responder a preguntas concretas sobre el paleoambiente de una zona en base al análisis dirigido de microfósiles y su contexto edáfico/geológico inmediato. La obtención de datos sobre ambos aspectos confirma ya tal posibilidad, pese a que su complejidad –como ocurre con el escaso registro microfósil vegetal– y de interpretación de parámetros contextuales a los mismos, como las fracciones granulométricas que componen sustratos, si cabe más geológicos que edáficos, asociados a procesos que modelaron el paisaje de Las Cañadas de forma radical. E incluso, como ocurre con los materiales de erupciones freatomagmáticas, también probablemente arrasaron toda forma de vida a su paso. Y atestiguando ese ciclo constructivo-destructivo, en incontables secuencias a escala geológica, la formación de un incipiente pero fundamental paquete edáfico sobre las capas de lahar es el que ha propiciado –sobre la superficie arenosa y yerma de dicho material–, el sostenimiento de la diversidad vegetal propia de las Series de Vegetación Climatófilas, que se encontrarán –como hipótesis básica– completamente desarrolladas, en algunos casos quizás más que en la actualidad, cuando lleguen los primeros grupos humanos a las que hoy denominamos Cañadas del Teide.

A juzgar por la potencia observada en la parte superior del perfil BLACH-1 (Estrato 5, Horizonte superficial), probablemente inferior a los 30 cm., la génesis de dicho suelo deriva obviamente de todos los parámetros insertos en la ecuación que los valora en sus respectivas proporciones, teniendo –a diferencia de otros sustratos de la zona– como material parental los niveles de lahares, al menos en aquellas donde éstos se depositaron tras diferentes episodios eruptivos.

No es fácil aportar una edad a este tipo de material, aunque quizás –dado el desarrollo de un paquete edáfico como el que hemos descrito someramente– sea muy anterior a los últimos episodios volcánicos similares, acaecidos en Pico Viejo, y que han sido datados en torno a 1790 Bp, al ser asociados –según Pérez *et al.*, (2006)– a la erupción de Roques Blancos (Ablay y Martí, 2000), entendiéndose entonces como episodios muy recientes. Pero los niveles superiores de lahares del Barranco de La Arena son sin duda más antiguos que los casi 2.000 años que tendrían los localizados en varias zonas del cráter de Pico Viejo, conclusión a la que se llega solamente considerando la disposición estratigráfica del último nivel de lahar del Barranco de La Arena, situado inmediatamente debajo del sustrato edáfico actual. Con lo cual la ruta explicativa que los vincularía con episodios de erupciones freatomagmáticas muy recientes, no nos aporta una cronología, siquiera relativa, a la del mencionado último (*por ahora*) nivel de lahar del citado barranco.

Por toda respuesta, siempre en el plano relativo, la situación del lahar que formaría el Estrato 4, confirma su moderada antigüedad, dado que el suelo desarrollado sobre él no responde al propio de unas características edafogénicas de elevado desarrollo. Lo cual, atendiendo a que la tasa de formación de suelo en esta zona es muy baja, característica directamente relacionada con aspectos como el régimen de precipitaciones, la temperatura y los materiales parentales, comienza a proponer, por sí solo, que los niveles

de lahar —situados a techo de otros materiales semejantes— son en realidad muy antiguos. Ya que en la génesis del sustrato que conforma lo que hemos denominado Estrato 5, primarían las propiedades asociadas a la meteorización, con una tasa de formación muy lenta, que el caso de los horizontes de alteración, como los Bw cámbicos detectados en la zona del Llano de Ucanca, podrían tener una tasa  $>1000$  años. En este caso, pese a que podríamos también hablar de que el material parental funcionase como cenizas volcánicas —que el lahar no lo es— el clima tendría que ser muy húmedo para haber agilizado la tasa de formación.

Entendiendo que este peculiar material formó parte de un proceso volcánico donde intervinieron factores ambientales diferentes a los actuales, con una notable diferencia en cuanto a cantidades disponibles de agua en estado sólido, se llevó a cabo un estudio comparativo con los únicos materiales que podrían tener una génesis diferente pero similar características físicas: los generados por la acción glacial. A modo de estudio experimental, aprovechando la doble vertiente de nuestro trabajo (microfósiles y contexto material englobante) se presentan, en el apartado de Resultados 5-V, los resultados obtenidos con materiales procedentes de ambiente glacial y periglacial. Lo cual, a mi parecer, supone una aproximación directa a la fuente de información, por más que ésta se aborde de forma preliminar, aunque asumiendo todos los parámetros que pueden resultar de interés para un estudio de microfósiles de la Prehistoria, en este caso concreto de secuencias de clima desigual al actual, con condiciones que pudieron propiciar formaciones vegetales también desiguales. En definitiva una base conocimiento experimental con clara vocación de herramienta metodológica y explicativa.

#### **A nivel microfósil y general.**

La parquedad de datos del registro microfósil, y en especial de fitolitos, no hace sino confirmar la propia antigüedad del perfil, pero introduciendo un parámetro claro de proceso de incipiente colonización o incorporación vegetal. Afirmación que creemos se encuentra respaldada por los resultados obtenidos con el análisis de paleosuelos y suelos ocupados por una u otra formación vegetal.

Con todo ello, la relevancia de un estudio vinculado al análisis microfósil de los niveles de materiales como los denominados de tipo lahar o *surge*, trasciende al mismo, dado que su naturaleza es muy diferente a la de otros materiales volcánicos emitidos en la zona de Las Cañadas. No sólo porque la tipología de las erupciones que los produjeron es muy diferente a otras sin componente freatomagmático —y que incumbe a la paleoclimatología (haciendo referencia al componente hídrico de las mismas)—, sino porque la repercusión biológica y paisajística difiere en mucho de otras sin tal componente.

Indudablemente a nivel microfósil la relevancia de los materiales denominados tipo lahar o *surge* es más que patente, dado que funcionaron como auténticas masas licuadas —pero consistentes— de materiales que arrasaron y sellaron todo rastro de los organismos existentes en la zona por donde transcurrieron y finalmente se asentaron. Funcionaron —a mi modo de ver— como auténticos mecanismos complejos que produjeron la muerte inmediata de la flora y la fauna de esos momentos en Las Cañadas del Teide

produciendo, además, el sellado de sus restos, una vez la descomposición actuó sobre ellos. En ese sentido, un aspecto fundamental de la flora afectada por tales tipos de materiales en movimiento, sería que la que poseyera mecanismos de producción biomineral silícea —con características de diagnóstico— que dejaran un rastro indeleble de su presencia, bajo la forma de fitolitos de formas consistentes, esto es...que nos permitieran una aproximación a su filiación biológica.

**Caracterización parcial de los suelos del Valle de Chafarí desde su matriz edáfica y registro microfósil.**

#### **Antecedentes y Características generales**

No existiendo hasta este momento trabajos concretos al respecto de los suelos desarrollados en esta zona de Las Cañadas del Teide, parecía razonable emplear —como aproximación a los mismos— aquellos estudios de tipo geomorfológico y arqueológico que describen la naturaleza y parámetros de algunos de sus componentes edáficos y sedimentológicos (Criado *et al.*, 2010; Machado & Galván, 1997; Hernández, 2006). Desde su conjunción puede caracterizarse esta zona como una llanura endorreica, afectadas por la constante circulación del viento, donde predominan las escorias basálticas en superficie y potentes paquetes arenosos situados bajo ellas. El componente textural, así como las lecturas asociadas al comportamiento del mismo, plantean precisamente ese alto contenido en la fracción arenas. Pero como se verá, existen diferencias en la configuración edáfica por zonas, que creemos no responde a todos los casos a las características de sustratos aluviales, una de ellas podría ser donde se realizó el perfil Chafarí-I.

En ese mismo sentido, las analíticas realizadas para el desarrollo de esta Tesis, sobre los sedimentos arqueológicos de la estructura de combustión de CH-N3, aportan algunos aspectos sobre las características de los sustratos edáficos de la zona. Entendiendo que en su formación existe un componente que la vincula a la de éstos, aspecto que creemos en parte haber corroborado mediante el estudio parcial de dichos sedimentos. Y es que a pesar de que se trata de sedimentos arqueológicos y por tanto antropizados, su elevado componente mineral, confirmado por el alto porcentaje de la fracción insoluble al ácido, permiten evaluar —de forma indirecta— el componente edáfico contextual que ha participado en la creación de parte de su formación, que en este caso corresponde a una estructura de combustión.

En todo caso, algunas características —a nivel geográfico y geológico— pueden ser seguidas también mediante las descripciones geomorfológicas existentes (Quirantes & Martínez, 1971; Criado *et al.*, 2009) en el caso concreto de Las Cañadas, aunque no tanto para la zona del Barranco de La Arena y Valle de Chafarí. También resulta clarificador el estudio de los suelos enclavados en el proyecto de Cartografía de Suelos del Parque Nacional del Teide, que supuso el estudio selectivo de suelos de zonas concretas, como el Llano de Ucanca y otras dependencias de Las Cañadas del Teide (Arbelo *et al.*, 2009).

Como derivación de ese estudio, en la Tesis doctoral de A. Guerra (2006) se asume el de varios perfiles edáficos en Las Cañadas del Teide, que han permitido caracterizar algunos de los tipos de suelos que pueden encontrarse en varias de las dependencias internas de esta zona, como los fondos de

cañada y llanuras aluviales. Una de las primeras conclusiones a la que puede llegarse, es la cierta diversidad existente en el interior de las mismas, pese a que podría observarse similitud cuando los suelos que ocupan las formaciones de cañada, pero ésta es sólo aparente. El perfil de suelo más cercano al Valle de Chafarí, realizado por Guerra, se llevó a cabo en el Llano de Ucanca. Este perfil, denominado R-18, constituye por ahora el único ejemplo de análisis de suelos en el circo sur occidental de Las Cañadas. Su realización permitió comprobar una gran potencia edáfica, cuya profundidad real superaba los 150 cm, así como una serie de parámetros edáficos que en parte mencionamos en esta Tesis<sup>125</sup>.

#### Observaciones de campo y apreciaciones preliminares.

Además de las indicaciones aportadas en el capítulo referente al estudio de los sedimentos de CH-N3, cabe destacar algunas observaciones generales, llevadas a cabo en el transcurso de prospecciones en el Valle de Chafarí. Primeramente que las zonas del Valle donde se desarrolla vegetación son principalmente sus márgenes laterales, con mayor profusión en el noroeste. Por lo demás, la mayor parte del mismo se encuentra desprovista de cualquier tipo de vegetación (**Figura 592**), presentando el aspecto de una llanura con materiales gruesos en superficie, la cual se encuentra a menudo barrida por vientos de baja a moderada intensidad.



**Figura 592**, Zona del Llano/Valle de Chafarí donde se realizó el Perfil Chafarí-I.

En esas zonas la cobertura vegetal es prácticamente monoespecífica, basada en retamar de cumbre con claro predominio de *Spartocytisus supranubius*, única especie observada que comienza a colonizar parte de la zona central del Valle. Mientras que en sus márgenes y en la confluencia del mismo con el Barranco de La Arena, es donde se observa mayor diversificación florística, con la presencia de la gramínea *Arrhenatherum calderae* y la compuesta *Pterocephalus lasiospermus*, entre otras.

<sup>125</sup> Ver Capítulo Resultados, Registros Microfósiles de suelos de Cuencas Sedimentarias de Alta Montaña de Tenerife, Perfil R-18.

La presencia de gramíneas (*Poaceae*) es prácticamente inexistente en la superficie central del Valle, siendo solamente apreciables en su zona de desagüe, en dirección Boca Tauce, y hacia el Barranco de La Arena, donde *Arrhenatherum calderae* presenta gran desarrollo, incluso al amparo de *Spartocytisus supranubius*. Para localizar otros géneros —como podría ser *Bromus*— deben observarse las coladas situadas a ambos lados del Valle, donde se desarrollan también al amparo de las especies de mayor porte, caso de la retama.

Con respecto al mencionado aspecto de la ausencia de vegetación en la zona central, pese a tratarse de una tónica también observada en otras llanuras similares de la cota que ronda los 2.000 m. de altitud, como el Llano de Ucanca o el de Maja (bastante más al SE), se trata de un hecho que no deja de sorprender, dado que es aquí donde probablemente se encuentren los paquetes edáficos más potentes de Las Cañadas. Sin embargo, aunque deben existir circunstancias que explican tal ausencia, éstas nos son del todo desconocidas. Es cierto que las zonas centrales, con respecto a las laterales, parecen encontrarse en desventaja a la hora de mantener humedad, cuando ésta se hace patente. Pero sin duda existe un componente edáfico diferencial, asociado al propio funcionamiento global de la llanura denominada Valle de Chafarí, que se escapa aun a nuestra comprensión. Componente que podría involucrar su propia génesis, donde intervendrían procesos como los cambios climáticos y asociados a ellos los de tipo geológico, edáfico y biológico.

Desde una hipótesis de partida, basada conscientemente en algunos resultados obtenidos durante la redacción de estas líneas, podría plantearse que los suelos del Valle de Chafarí son más peculiares que lo que cabría esperar en un principio, dado que se los tomó como propios de un fondo de cañada, por tanto con un elevado componente aluvial, fruto conjunto de la llegada de materiales arrastrados, por flujos hídricos, desde cotas altas (Edificio de Pico Viejo y volcanes menores como La Corona) y de la transformación de los existentes en profundidad. En todo caso, parece aconsejable también aquí hablar de los suelos del Valle de Chafarí, porque sin duda parecen existir variaciones en toda su extensión<sup>126</sup> que, como veremos, confirman la existencia de diferentes tipos de los mismos.

### **Materiales en superficie.**

Uno de los aspectos que deben reseñarse, por estar vinculados con la génesis geológica, edáfica y biológica en general del Valle de Chafarí, son los materiales —de diferente naturaleza— que pueden detectarse en superficie. Las características del lugar, un llano aparentemente de origen endorreico, claramente lo describen como una llanura de deflación eólica carente de vegetación y elementos minerales finos.

Este particular permite identificar todos los elementos y materiales de tamaño grava y superior que presenta las característica de lo que por Porta *et al.* (1999) entienden como pavimento desértico (*stone pavements*), una superficie de erosión, con predominio de grava y gravilla que representa a la de una llanura donde el viento ha realizado una clasificación granulométrica

---

<sup>126</sup> Como ocurre en otras zonas de Las Cañadas, caso del Llano de Ucanca, los muestreos y análisis edáficos llevados a cabo en ellos solamente deben considerarse un ejemplo de lo que puede existir en toda su extensión (J. Notario, 2011, Com. Pers.).

de los materiales, haciendo permanecer los más gruesos y aumentando gradualmente su presencia (**Figura 593**).

Las connotaciones derivadas de ello deben asociarse a la acción erosiva de los agentes atmosféricos y la existencia de un estadio final donde la superficie edáfica ya queda protegida de los mismos, ofreciendo menor superficie de deflación y mayor cobertura de elementos gruesos, que dada la escasa inclinación del terreno resulta muy eficaz contra el impacto de las gotas de lluvia.

Es posible que esta zona, como en otras de Las Cañadas, que el desarrollo de pavimentos desérticos halla sido tan completo como para que la deflación haya dejado de actuar hace tiempo (Criado *et al.*, 2009). Circunstancia que permite la protección del suelo, tal y como ya se ha planteado, frente a la acción erosiva de los agentes atmosféricos. Efectivamente, durante el proceso de realización del Perfil Chafarí-I, se detectó un nivel superficial muy escueto de arenas, situadas inmediatamente por debajo de las gravas de superficie. Esa capa superficial, de color netamente más oscuro que las siguientes (grisáceo frente a amarillentos) presenta además pocos centímetros de espesor, además de otras diferencias edáficas, como su textura, porosidad y compactación. Todo lo cual permite evidenciar que efectivamente esos pocos centímetros funcionan como capa protectora, ya desprovista de fracciones finas, de las situadas unos pocos centímetros más abajo.



**Figura 593**, Aspecto de la superficie del Valle de Chafarí, conformada como lo que podría ser un pavimento desértico, con ausencia de fracciones finas y predominio de elemento gruesos (>2 mm.). Escala: 10 cm.

En superficie deben diferenciarse dos tipos de tales materiales, ambos claramente asociados a una zona de escasa pendiente, donde no cabe esperar apenas elementos acarreados por flujos hídricos, ya que éstos aunque presentes responden a escorrentías de baja energía, al menos en lo que atañe a la amplia zona central del Llano/Valle de Chafarí. En este sentido cabe destacar que el efecto de avenidas, y escorrentías estacionales, afecta en mayor medida a los laterales del Valle, en concreto en su margen sureste, donde parece existir un canal —aparentemente colmatado por arenas— que se reactiva con ocasión de tales episodios. La circulación de este canal se orienta hacia el Barranco de La Arena, en dirección Boca de Tauce, funcionando como



desagüe actual del Valle de Chafarí. De esta especial zona se tomaron muestras hasta unos 30 cm. de la superficie, en lo que denominamos CH-ME-1.

Atendiendo a este particular, los materiales existentes en superficie responden tanto a los procesos naturales como antrópicos, estos últimos vinculados a una larga secuencia de ocupación y actividades que arranca, en momentos imprecisos aun para la ciencia arqueológica, enclavados en la de la propia ocupación humana de la isla de Tenerife. Por ello diferenciamos entre materiales de naturaleza geológica y edáfica de los asociados a dicha ocupación humana, aunque introduciendo de forma cautelosa un vínculo entre ambos, ya que probablemente los suelos de Chafarí —como ocurre a la inversa con los sedimentos arqueológicos de la zona— funcionaron como impreciso soporte de las diversas actividades antrópicas allí desplegadas. Desde esta perspectiva creemos que suelos y actividades antrópicas estuvieron muy vinculados, pese a que en la actualidad solamente podamos ejemplificarla mediante aisladas —aunque muy numerosas— evidencias arqueológicas.

Aclarado ese punto, donde obviamente se introduce el parámetro antrópico pese a que éste no tenga el componente de manejo del sustrato que sí tienen suelos sometidos a cultivos o ganadería intensiva, los materiales en superficie detectados, ya desde una perspectiva edafológica, responden a unas condiciones climáticas específicas, donde prevalece la constante acción del viento sobre la de la lluvia, más vinculada a episodios estacionales cuya intensidad, año por año, es en la actualidad muy variable. La observación de la superficie delata que se trata de una parte del suelo no-afectada gravemente por la erosión hídrica, como sí ocurre a escasas decenas de metros, en la zona de contacto con las coladas orientadas al sur. En esas zonas, moderadamente más deprimidas del terreno, se observan menos componentes en superficie, donde lo que predomina son acumulaciones de arenas y limos, pero una cobertura vegetal igualmente escasa. Para detectar procesos erosivos hídricos, a parte de los de tipo incipiente (regueros) detectados en la zona del perfil CH-1, hay que desplazarse hacia el extremo suroeste del Valle y que coincide con la zona más deprimida del mismo, lo cual hace que funcione como desagüe. Aquí pueden observarse los efectos de la circulación hídrica que en determinados momentos, muy puntuales, puede ser de alta energía. La naturaleza del terreno (muy poroso por su alto componente arenoso) no parece propiciar en este caso una erosión hídrica de tipo laminar, pero se trata de un punto a debatir puesto que sí existe a nivel de regueros en otras zonas del valle.

#### **De naturaleza geológica y edáfica.**

Vinculados tanto a la génesis geológica como edáfica posterior, los fragmentos de costras arenosas compactadas, de origen freatomagmático, se localizan en superficie de forma ocasional, también en las inmediaciones del perfil Chafarí-I. Se trata también en este caso de fragmentos de entre 5-6 cm. de espesor, color gris, textura arenosa que aparentemente carecen de vesiculación y poseen cierta dureza al impacto<sup>127</sup> (**Figura 594**). Las

---

<sup>127</sup> Con el objetivo de aplicar el tratamiento habitual para suelos y sedimentos, se procedió a molturar este material en mortero de ágata, comprobando su moderada dureza inicial, la cual finalmente cedía —bajo presión— hasta presentar una textura arenosa fina.

características de este material se corresponden con los existentes en el Perfil BLACH-1, al menos de aquellos situados por debajo de los 30-40 cm. de profundidad (bajo paquete edáfico superior) y que podrían pertenecer a los de tipo *surge* o lahar, localizados también en el Barranco de La Arena e incluso en las cercanías del Valle de Chafarí, así como en amplias zonas de las laderas inferiores de Pico Viejo y Barranco de La Arena.



**Figura 594.** Muestras fragmentadas de *Lahar/surge* existentes en la zona del perfil Chafarí I. Escala: 10 cm.

En la zona del Perfil Chafarí-I los fragmentos de *lahar/surge* se detectan de forma aislada, siendo su probable origen el cercano margen noroeste, donde comienzan las elevaciones del terreno de naturaleza volcánica, con características propias de coladas pahoe-hoe. Como hipótesis recurrente de partida, basada en la observación tanto del perfil BLACH-1 como los propios sustratos situados en el extremo suroeste del Valle de Chafarí, creemos que este tipo de materiales podrían suponer el material parental de los suelos del Valle, como ocurre en la zona del Barranco de La Arena donde se localiza el perfil BLACH-1, es decir que funcionarían como material parental en la edafogénesis de esta zona de Las Cañadas. Siendo por tanto, dicha génesis, muy diferente por ejemplo con la que se propone para el Llano de Uanca (Perfil R-18); con respecto a niveles más profundos de los de naturaleza freatomagmática, tal y como se observa, aunque con la diferencia de presentar en él un nivel edáfico superior, en el Perfil BLACH-1.

También se aprecian múltiples fragmentos de lavas oscuras (negras a marrones), que constituyen los elementos de mayor tamaño en toda la superficie que ocupa la extensión del Valle (**Figura 595**). Se trata de los únicos elementos del medio que sobresalen de la superficie arenosa y que sin duda pertenecen a las coladas situadas a ambos lados del mismo. Su aspecto es el propio de materiales afectados en todo caso por crioclastia, pero no de procesos de erosión hídrica. Algo que sí se observa en varias zonas del Barranco de La Arena, donde materiales lávicos similares presentan el aspecto redondeado y romo de cantos rodados, en algunos casos de considerable tamaño (>30 cm.). Sin embargo, la superficie de Chafarí parece más propia de

una llanura gradualmente formada al amparo de una muy lenta deposición de materiales y de su gradual transformación en suelos. Salvo en algunos casos, la escasa pendiente acusa una mayor incidencia de pequeños regueros, pero por lo general se trata de una superficie homogénea, sin depresiones.



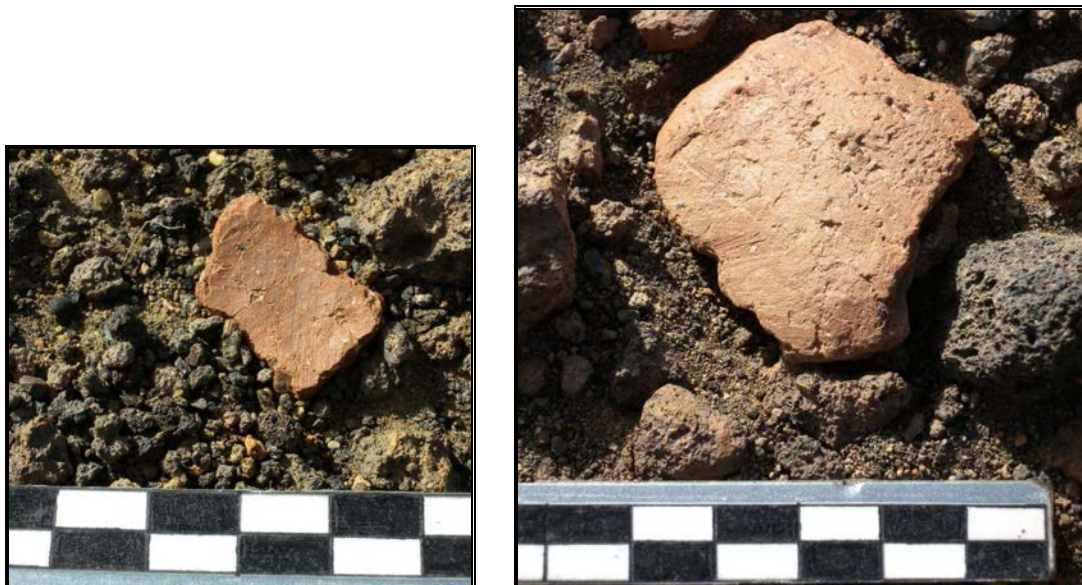
**Figura 595**, Zona central del Valle de Chafarí (hacia el SE) tras el sellado del Perfil Chafarí-I.

#### De naturaleza antrópica.

Como una constante, suficientemente documentada en amplias zonas de Las Cañadas (Arnay & González, 2009; entre otros), aquí también se detectan abundantes evidencias arqueológicas en superficie, tanto de factura aborígen como histórica y reciente. En especial se observan fragmentos cerámicos (**Figuras 596-597**) y líticos (obsidiana) pero también restos de calzado y sobre todo fragmentos de carbón, provenientes éstos en su mayoría de carboneras históricas, situadas en zonas del valle que presentan determinadas características, entre ellas la existencia cercana de paquetes arenosos (**Figura 598**).

Las evidencias en superficie detectadas no hacen sino confirmar la antigüedad y continuidad de las actividades antrópicas sobre los suelos del Valle de Chafarí. Y lo es hasta el punto de sugerirnos la necesidad de ampliar el rango de los materiales que han sido afectados por ese tipo de actividades en el pasado, en este caso a los suelos de la zona. Por más que su estudio, el de su componente antrópico, deba aun estructurarse en torno a concretos protocolos de actuación microarqueológica, ya que creemos que los suelos de esta llanura guardan muchas respuestas sobre la Historia de la zona, tanto en lo que atañe a la detección de los procesos constructivos (vulcanismo) frente a los destructivos (erosión y formación de paquetes edáficos/sedimentarios). Por su parte las actividades antrópicas allí desarrolladas se encuentran

vinculadas a la captación humana/animal de recursos vegetales, con la repercusión propia sobre sustratos no ajenos a su impacto<sup>128</sup>.



**Figuras 596-597**, Fragmentos de cerámica aborigen en superficie, en las inmediaciones del perfil Chafarí-I.



**Figura 598**, Concentraciones de carbones históricos, expuestos y arrastrados por escorrentías en los márgenes del valle.

#### **Muestreos: catas y perfiles.**

Se llevaron a cabo varios muestreos de materiales edáficos superficiales, el primero de ellos cercanos a la zona arqueológica de Chafarí (**Figura 600**). Seleccionando para ello la zona lateral del valle, en lo que creemos se trata de un cauce arenoso, situado al suroeste (Sondeo CH-ME-1) y finalmente un perfil en el centro del mismo, donde se detectó la presencia de un paquete edáfico netamente diferente al existente en la zona anterior. A este perfil se le denominó, por su carácter preliminar, Chafarí-I. Anteriormente también se había llevado a cabo un muestreo en superficie en la zona de acceso al Valle

<sup>128</sup> Sin duda posteriores estudios, en extensión y profundidad, aportarán mayor información sobre tales procesos.

desde el Barranco de La Arena, el cual permitió definir los contenidos en CaCO<sub>3</sub>, materia orgánica y fracciones granulométricas de la superficie edáfica actual. Los resultados de ese muestreo han sido la base comparativa que hemos utilizado para contrastar las características del sustrato edáfico –de bajo impacto antrópico actual– con los propios de un sedimento arqueológico como el de CH-N3.

### **Incidencias en las tareas de campo.**

La realización del Perfil Chafarí-I<sup>129</sup> presentó varias incidencias, que motivaron la reestructuración del plan inicial de apertura y muestreo edáfico del mismo. Inicialmente resultó sorprendente al primer contacto, dado que presentaba una dureza al impacto mayor que la presentada por los sustratos situados en los márgenes laterales del Valle de Chafarí (CH-ME-1), hecho que puede explicarse por poseer una desigual textura y estructuración interna. La siguiente y notable diferencia para con aquellos, fue el color y la textura de los materiales que integraban el suelo, de moderado componente amarillo<sup>130</sup>, en contraste con el tono más grisáceo de su capa superficial. Y de granulometría más fina, que el caso de las arenas gruesas que integraban las zonas laterales del Valle.

Dentro de tales incidencias, quizás la característica más inesperada fue la limitada potencia que presentaba el suelo antes de alcanzar un nivel de rocas dispersas, sólidamente ancladas, que limitó la apertura del perfil hasta los 45-50 cm. de profundidad. Este hecho supuso, en sí, una sorpresa, dado que se esperaba alcanzar sino la misma, una profundidad acorde a la aparente naturaleza del mencionado valle, propia de una llanura aluvial que, en principio se esperaba dispusiera de una potencia edáfica similar a la del Llano de Ucanca<sup>131</sup>, situado a relativa poca distancia del mismo. Y con aparentes pero definitivamente diferentes características en su formación.

Por razones de conservación y protección, de los materiales que integran el Parque Nacional, no se contemplaba alcanzar una profundidad superior a los 50 cm., ya que únicamente se pretendía responder a dos cuestiones básicas, como cuál sería material parental más superficial en el que se habría basado el proceso edafogénico de los suelos del Valle de Chafarí, que –según nuestra hipótesis de partida– sería un/os nivel/es de lahar<sup>132</sup> o material tipo *surge*<sup>133</sup>.

<sup>129</sup> Realizado con el beneplácito de la Dirección técnica del Parque Nacional del Teide en la persona de D. José Luís de La Rosa, lo cual permitió finalmente poder acceder a materiales edáficos relacionados con la propia génesis del Valle de Chafarí. Aportando con ello una oportunidad indispensable y única para el carácter metodológico de esta Tesis doctoral, así como para las conclusiones a las que se llega tras el análisis de microfósiles, relacionados con las facetas más antiguas de esta zona de Las Cañadas.

<sup>130</sup> Oscilando, de superficie a zona más profunda, los códigos Munsell Hue 10 YR 4/2, Hue 10 YR 4/4, Hue 5Y 6/4 y Hue 5Y 5/4.

<sup>131</sup> El Perfil R-18 realizado en esta zona de Las Cañadas por el Dr. Guerra (Dpto. Edafología y Geología, ULL) evidenció una potencia edáfica superior a 150 cm., sin poder alcanzar, en ese momento su profundidad real, el contacto con la rocamadre, y por tanto poder precisar la potencia exacta del paquete edáfico.

<sup>132</sup> Propuesta planteada por el Dr. E. González Reimers (ULL) sobre la naturaleza de los materiales localizados durante las prospecciones arqueológicas y edáficas en la zona, presentes en los niveles del Perfil BLACH-1, con diferencias de textura y otros

Mientras que la siguiente cuestión sería, obviamente, obtener la primera impresión sobre los posibles contenidos microfósiles presentes en las muestras extraídas, en este caso solamente hasta 45 cm (**Figura 599**).



**Figura 599**, Perfil Chafarí-I tras el proceso de toma de muestras.

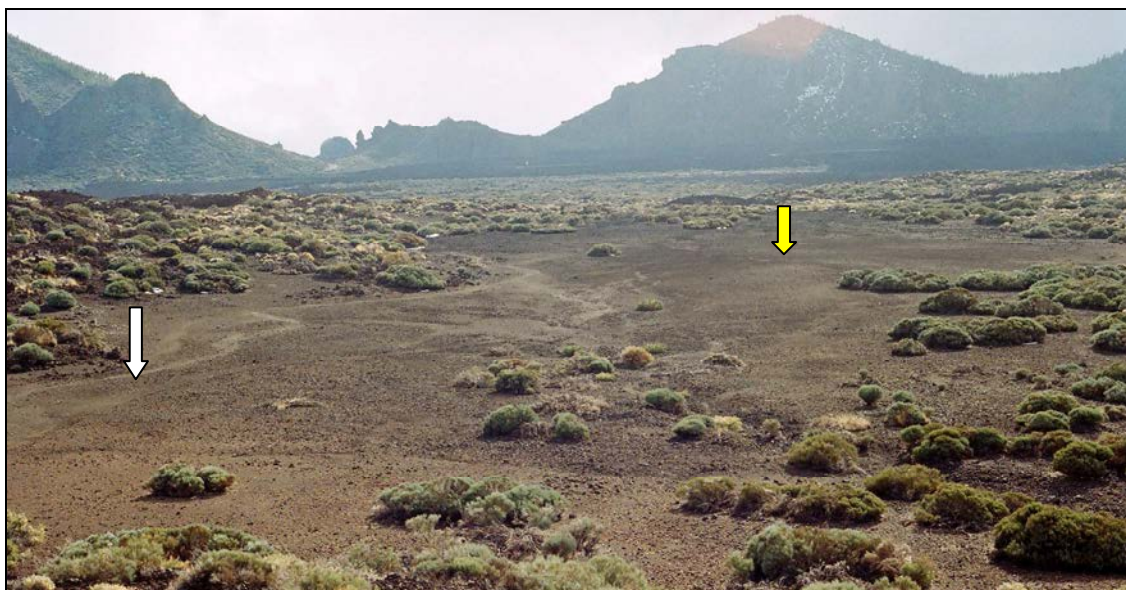
Con respecto a la cuestión del material parental, cabe señalar que seguíamos la hipótesis de que en el suelo del mencionado Valle, existía un nivel formado por materiales tipo lahar/*surge* a una profundidad similar a la que han sido localizados en el Perfil BLACH-1, unos 30-40 cm. de la superficie actual. Y que habría funcionado como específico material parental, si nos atenemos a la dinámica edáfica eminentemente aluvial de los fondos de cañada. O bien que la continuidad del sustrato, en profundidad, nos indicara una edafogénesis de base endorreica, muy similar a la desarrollada en las llanuras aluviales o formaciones de cañada tan habituales en Las Cañadas del Teide. (**Figura 600**).

En todo caso, en virtud de las observaciones realizadas, tanto en el extremo suroeste del Valle de Chafarí como en sus zonas altas y el Barranco de La Arena, se estimaba que alcanzando los 50 cm. de profundidad se lograría detectar el nivel/estrato formado por este tipo de materiales, hecho que finalmente no se produjo.

---

parámetros, en toda la estratigrafía del mismo. Materiales que son asociados a erupciones freatomagmáticas de Pico Viejo.

<sup>133</sup> Siguiendo el trabajo de Pérez *et al.* (2008) sobre los materiales procedentes de erupciones freatomagmáticas de Pico Viejo, que según los autores se limitan a la zona alta de este cráter.



**Figura 600**, Imagen del Valle de Chafarí hacia Boca de Tauce, con situación aproximada de las zonas donde se efectuaron sondeos edáficos. En blanco, zona de muestreo de cauce arenoso (CH-ME-1) , en amarillo Perfil Chafarí-I.

Con todo ello, el Perfil Chafarí-I contó con escasos 45 cm. para llevar a cabo el necesario muestreo para su caracterización, edáfica y microfósil. Igualmente la naturaleza del suelo, altamente friable, motivó que dicho muestreo tuviera que realizarse rápidamente, descartando hacerlo cada 5 cm., como inicialmente se había estimado. Atendiendo a las características del suelo, que presentaba una apreciable discontinuidad superficial (0-3 cm.) con respecto al horizonte/s inferior/es, de apariencia más compacta y homogénea, se procedió a tomar una muestra de tal discontinuidad y fina capa superficial de suelo, para luego continuarlo cada 10 cm., practicando –como indica la práctica habitual–, perforaciones horizontales, tomando la precaución de hacerlas siempre de abajo a arriba del perfil.

#### **Análisis de muestras del perfil Chafarí-I (CH-I).**

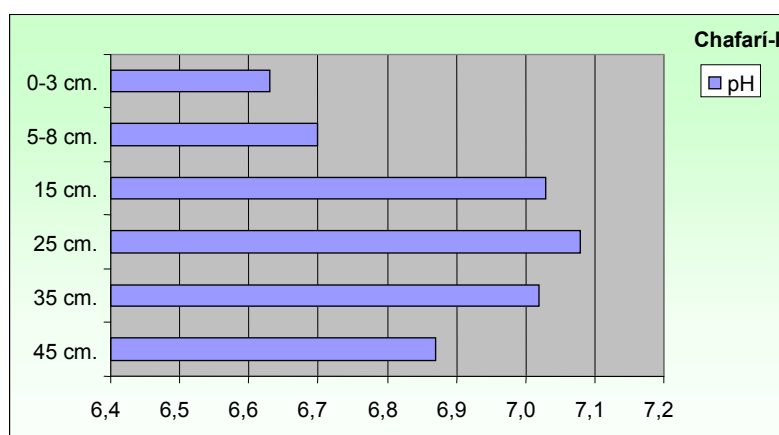
##### **pH**

El pH (H<sub>2</sub>O) actual de las muestras analizadas, correspondientes al perfil Chafarí-I (**Gráfico 102**), refleja en parte una ligera tendencia a la acidez y en otros hacia un somera alcalinidad, siendo la mayoría de sus valores cercanos a la neutralidad (7), tendencia que se acentúa desde la superficie alcanzar 25 cm. de profundidad. Luego se produce un nuevo cambio, desde esa misma muestra hacia una ligera acidez, que se acentúa en la muestra de mayor profundidad alcanzada (45 cm.).

##### **Contenidos en materia orgánica**

Los contenidos en materia orgánica oxidable (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) son bajos, oscilando entre un mínimo de 1,81% y máximo de 2,85%, siendo significativo que al aumento de la tendencia –observado a 25 cm. de profundidad– le siga un cierto abrupto descenso correspondiente a 35 cm. (**Gráfico 103**).

La clasificación del suelo que puede establecerse en función de tales resultados, atendiendo a la propuesta de Marín (2003), es que en la mayoría de las muestras los contenidos en M.O. se consideran como Bajos, propios de suelos mineralizados. Destacando únicamente, en tal calificación, la muestra correspondiente a 25 cm. de profundidad, cuyo contenido >2,5% de M.O. la sitúa –con matices– en el rango de contenido Alto y por tanto de un suelo orgánico. Tratándose en ese caso de una clara discontinuidad con respecto a la mayoría de las muestras, cuyo promedio se sitúa en 2,18% de M.O.



**Gráfico 102,** Valores de pH en H<sub>2</sub>O actual del Perfil Chafarí-I.

### Contenidos en carbonatos

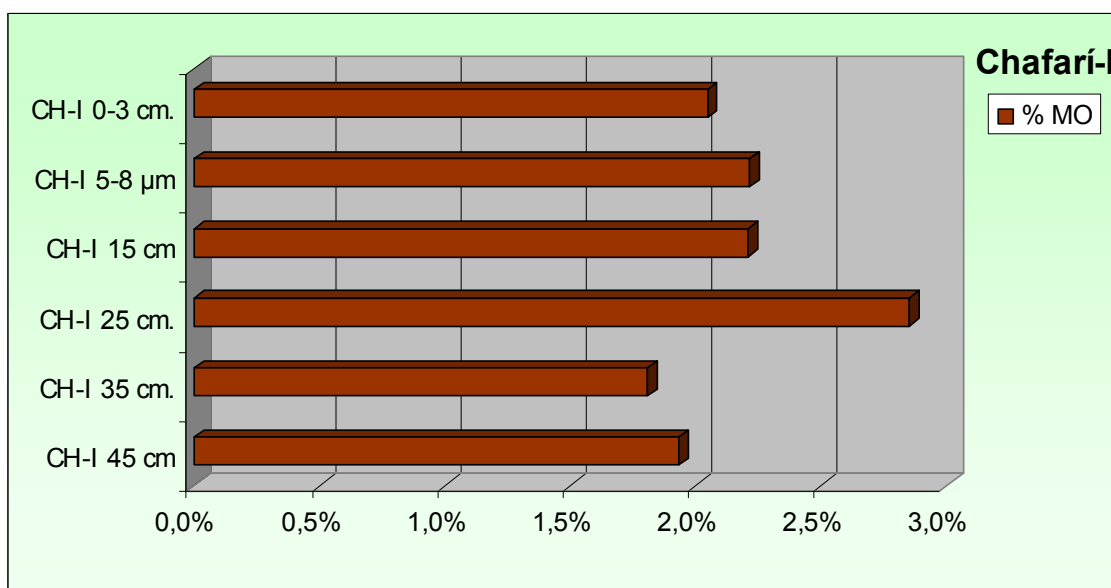
Por motivos que se expresan más adelante, en este caso los resultados obtenidos han motivado una profunda reflexión metodológica, dado que la vía analítica empleada para valorar el %CaCO<sub>3</sub><sup>134</sup> además de diferir –como ocurre con el resto de estimaciones similares de esta tesis– lo hace con varias características del entorno del que proceden. Una vez introducido tal matiz, en virtud de las pruebas realizadas para la estimación de CaCO<sub>3</sub>, mediante la pérdida de peso en presencia de HCl+HNO<sub>3</sub>, se confirma primeramente la

<sup>134</sup> La prueba más comúnmente aceptada es la del "Calcímetro de Bernard", descrita en Vallejo, J.M. (1994), Carbonatos, en Suelos, Métodos Químicos, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, *Métodos Oficiales de Análisis*, Tomo III, Madrid. El motivo para descartar la misma ha sido el de seguir el planteamiento descrito en el Capítulo de Técnicas Analíticas (Cap. 4: 350-352), entendiéndose que la oxidación de la muestra en presencia de HCl+HNO<sub>3</sub>, en este caso puros (37-65% respectivamente) suponía una forma mucho más contundente de lograr eliminar los carbonatos presentes en las muestras y por tanto de hacerlo con su estimación, llevada a cabo mediante la diferencia obtenida entre el peso inicial y el resultante tras el ataque ácido. La relevancia de detectar contenidos significativos en carbonatos, que podríamos establecer en lo que Marín (2003) describe como «valores normales» y que sitúa aproximadamente hasta 20%, en una zona como Las Cañadas del Teide, radica obviamente en que indicarían un proceso de alcalinización en los suelos de la misma que habría que confirmar en base a otras pruebas analíticas como el pH y sobre todo explicar e interpretar, si finalmente se confirma la presencia de carbonatos, que en función de la estimación de pH tendrían que ser más de componente cálcico que sódico, ya que éste último tendería a situarla entre 9,0 y 12,0 (Porta *et al.*, 1999).



presencia de carbonatos, aunque en cantidades variables en función de la profundidad de las muestras (**Gráfico 104**). Antes de haber sido cuantificados, pudo apreciarse —mediante observación directa— la reacción diferencial del conjunto de muestras al ataque ácido ( $\text{HCl} + \text{HNO}_3$ ), aspecto que fue tomado como signo inequívoco de la presencia de carbonatos en las mismas.

Los resultados indican que el mínimo  $\% \text{CaCO}_3$  se localiza en la muestra más cercana a la superficie, tomada entre 0-3 cm., mientras que el máximo coincide con la extraída a mayor profundidad con respecto a la superficie (45 cm.). Ambos valores oscilan entre 12,17% y 22,61% respectivamente. El resto de las muestras (5-8, 15, 25 y 35 cm.) presentan valores siempre por encima de 15-20%.



**Gráfico 103.** Contenidos en materia orgánica oxidable en perfil Chafarí-I.

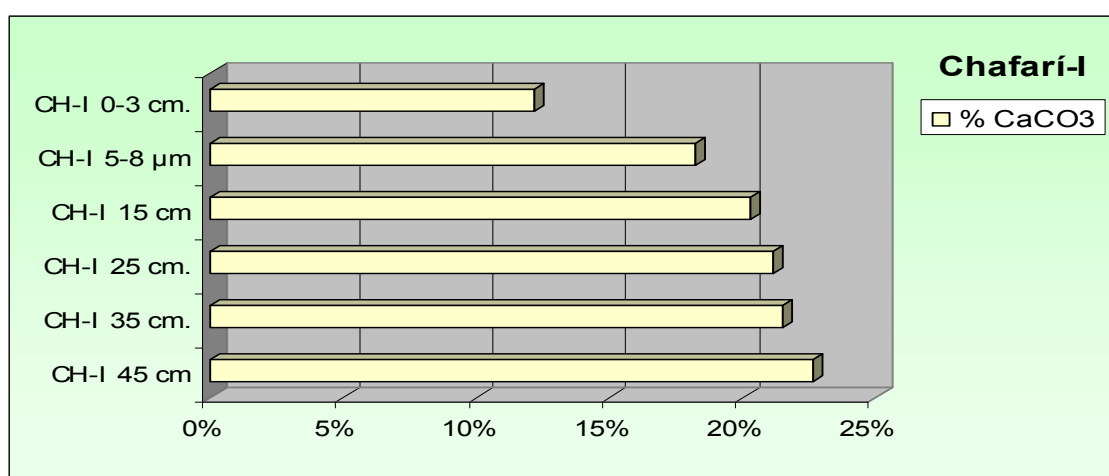
Atendiendo a los criterios designados por Marín (2003) con respecto a la clasificación de suelos en función de sus contenidos en  $\text{CaCO}_3$ , los resultados pueden ordenarse de la forma descrita a continuación. Los valores pueden considerarse Normales (con valores entre 10,1-20%) hasta la muestra correspondiente a 15 cm., luego pueden clasificarse como Altos (20,1-40%) hasta 45 cm. Sin que ningún valor se presente como  $>40\%$  y por tanto como Muy Alto. En todo caso, el promedio obtenido (19,32%) permite ofrecer la lectura de que los contenidos en  $\text{CaCO}_3$  del Perfil Chafarí-I son normales, con tendencia a serlo altos. Destacando el hecho de que aumenten con la profundidad, en el conjunto de las lecturas edáficas, al respecto de los procesos químicos que afectan a los suelos de esta zona.

#### Relación pH y $\% \text{CaCO}_3$ .

La conocida relación existente entre pH y  $\% \text{CaCO}_3$  (Marín, 2003) indica, también en este caso, que en el estudio de las muestras de suelo del Perfil Chafarí-I pueden emplearse los datos correspondientes a la misma, con el fin de emitir hipótesis y conclusiones preliminares sobre algunas de sus características edáficas. Siempre siguiendo el objetivo de conocer más datos sobre la matriz de los suelos que albergan registros microfósiles y entendiendo

que en este caso concreto podemos indagar en las secuencias más antiguas del Valle de Chafarí, partiendo de la base de que sus suelos se caracterizan primeramente por seguir un lento proceso edafogénico.

Atendiendo a lo observado, podemos interpretar que la relación entre pH y carbonatos no marcha aquí a la par, en concreto siguiendo la tendencia más estable que presentan los contenidos en carbonatos. Atendiendo a los cuales habría que esperar un pH que mantuviera —al compás del %  $\text{CaCO}_3$ — una tendencia hacia la neutralidad e incluso a la basicidad, dado que el contenido en carbonatos se incrementa con la profundidad. Sin embargo, desde los 25 cm. de la superficie el pH la tónica vuelve a invertirse, aunque levemente, tornándose algo más ácido, mientras los carbonatos alcanzan su máximo, entendiendo aquí que la muestra adquiere mayor pérdida por reacción con HCl.

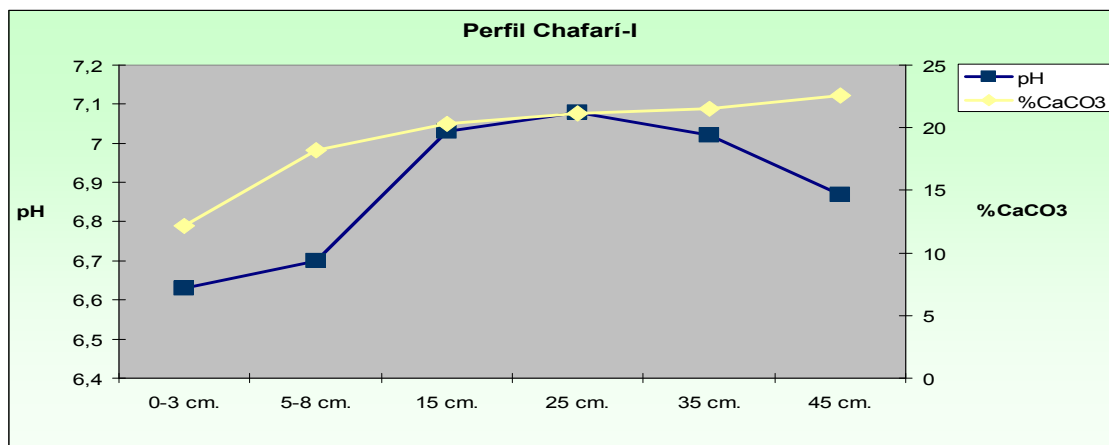


**Gráfico 104**, Contenidos en  $\text{CaCO}_3$  (%) obtenidos mediante la estimación de la pérdida de peso en presencia de  $\text{HCl}+\text{HNO}_3$ , en muestras del perfil Chafarí I.

Tal disociación únicamente vuelve a indicarnos las dificultades para valorar ciertos parámetros —como el pH— desde su cuantificación actual (**Gráfico 105**). Lo cual de nuevo otorga valor a terceros parámetros, como aquellos que permitan confirmar si estamos en lo cierto con respecto a las variaciones, en los ya mencionados, en el tiempo. Ese tercer parámetro, como ya hemos propuesto en sedimentos arqueológicos, puede ser el grado de disolución de  $\text{SiO}_2$  que afecta al registro microfósil, en concreto a los fitolitos silíceos con mayor volumen, donde es más evidente tal proceso tafonómico.

Como ya se ha expresado al comienzo de este apartado, a la relevancia de detectar carbonatos mediante el método de la pérdida de peso se suma la no-correspondencia con los valores de pH, que sin duda pueden considerarse neutros a muy ligeramente básicos (**Gráfico 102**). En virtud de ello se llevaron a cabo dos nuevas comprobaciones analíticas, en este caso empleando en una de ellas el método del calcímetro de Bernard y en la otra una repetición del método empleado en esta tesis para estimar % $\text{CaCO}_3$ . Mientras que la primera mostró valores situados entre 0-0,05%, la segunda indicó que la pérdida de peso relacionada con la eliminación de carbonatos se situaba entre 24,32-14,28%, lo cual ratificaba los valores obtenidos en la

prueba inicial. Obviamente todo ello era necesario para reflexionar sobre el método empleado, los resultados obtenidos y la interpretación dada a esta prueba específica, que sin constituir inicialmente el objetivo de esta tesis se ha revelado como un aspecto más que relevante, relacionado con las características de los sustratos portantes de los registros microfósiles buscados y su caracterización desde los mismos protocolos empleados para obtener un visión nítida de dichos registros.



**Gráfico 105**, Curvas acumuladas de valores de pH y %CaCO<sub>3</sub> en perfil Chafarí-I.

Parece claro que la complejidad de tal proceder es un hecho incuestionable, que aunque solamente entramos a valorar someramente, determina en este caso que la cuestión de los contenidos en carbonatos deba someterse como mínimo a discusión, sobre todo tratándose del estudio de un suelo cuya génesis aparentemente es muy antigua y de la cual desconocemos los detalles. Desde luego que en base a la confianza depositada en las prácticas analíticas químicas básicas empleadas y al posterior estudio microfósil vegetal, que aun debe realizarse con criterios morfométricos y cuantitativos precisos, esperamos que puedan ofrecerse en el futuro explicaciones más concretas sobre la historia (natural y antropizada) de esta zona de Las Cañadas, porque no olvidemos que estamos analizando un sustrato donde con bastante desconocimiento cronológico pero suma certeza en cuando a parte de los procesos que le afectaron en el tiempo, se llevaron a cabo actividades que pudieron afectar a sus características. Punto éste donde sin duda debe llevarse a cabo una valoración cuantitativa y explicativa más concreta, en base a sus contenidos en carbonatos, materia orgánica entre otros numerosos parámetros que aun deben ser estimados.

#### **Fraciones granulométricas.**

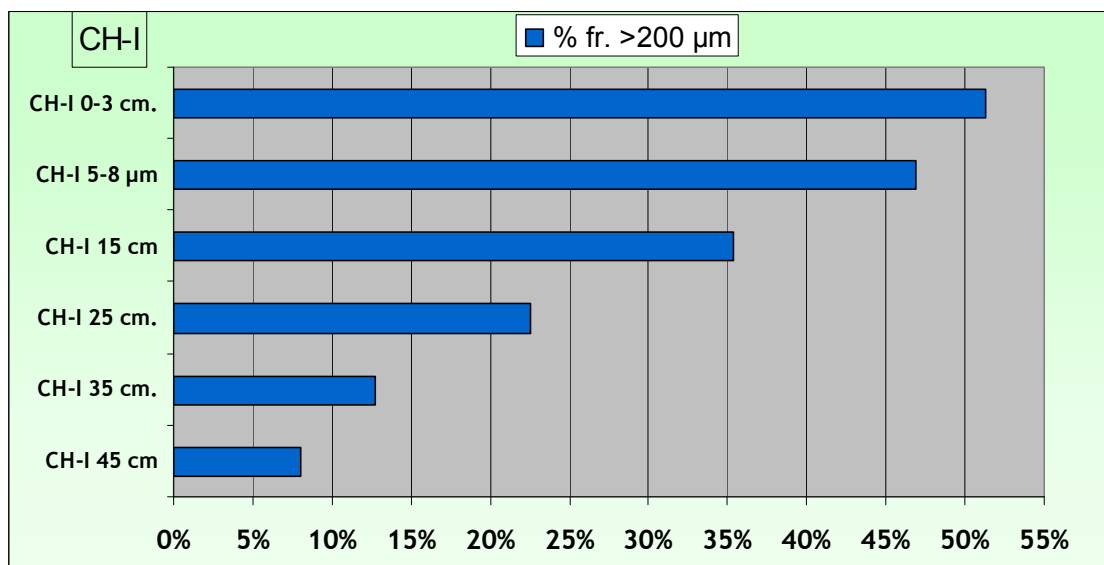
La estimación de la granulometría de esta zona del Valle de Chafarí era fundamental para emitir lecturas no sólo relacionadas con su posible registro microfósil, sino de éstos a nivel paleoambiental. Como ya se ha mencionado en otros apartados de esta Tesis, el rastro seguido a las fracciones granulométricas, es crucial para detectar posibles cambios en las condiciones ambientales, especialmente de tipo climático y diferentes a las actuales. En ese sentido, la fracción limo guarda una estrecha relación con periodos de

clima frío (Chaline, 1982), por lo que también aquí resultaba de enorme interés detectar concentraciones significativas de esta fracción.

### Fracción arenas >200 $\mu\text{m}$

Los resultados la sitúan entre >50% y <10%, apreciándose una nítida tendencia en la disminución de sus porcentajes a medida que aumenta la profundidad (Gráfico 106). Se trata de una fracción muy representada y con profundas diferencias entre la superficie y la zona más profunda alcanzada.

Un aspecto que perfectamente corrobora ya la observación del perfil, que presenta en superficie (entre 0 y 3 cm.) una textura netamente diferente al paquete edáfico que se sitúa por debajo de los 8 cm. Ciertamente esa textura se vuelve mucho más fina, al menos en la fracción que nos ocupa, a medida que se superan los 15 cm. de profundidad.

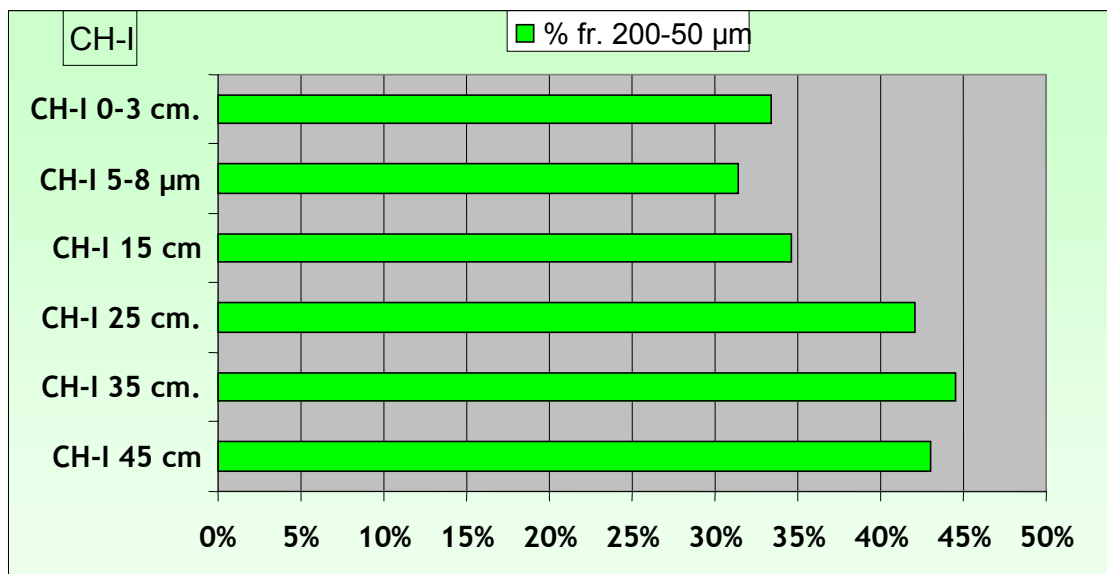


**Gráfico 106**, Distribución arenas >200  $\mu\text{m}$ , en perfil CH-1.

Esta tendencia, claramente diferencial con respecto a otras zonas del entorno, tanto litoestratigráficas como arqueológicas, presenta una clara repercusión microfósil, dado que en su clara disminución también incide la posibilidad de detectar en ella algún tipo de registro con esa naturaleza.

### Fracción arenas 200-50 $\mu\text{m}$

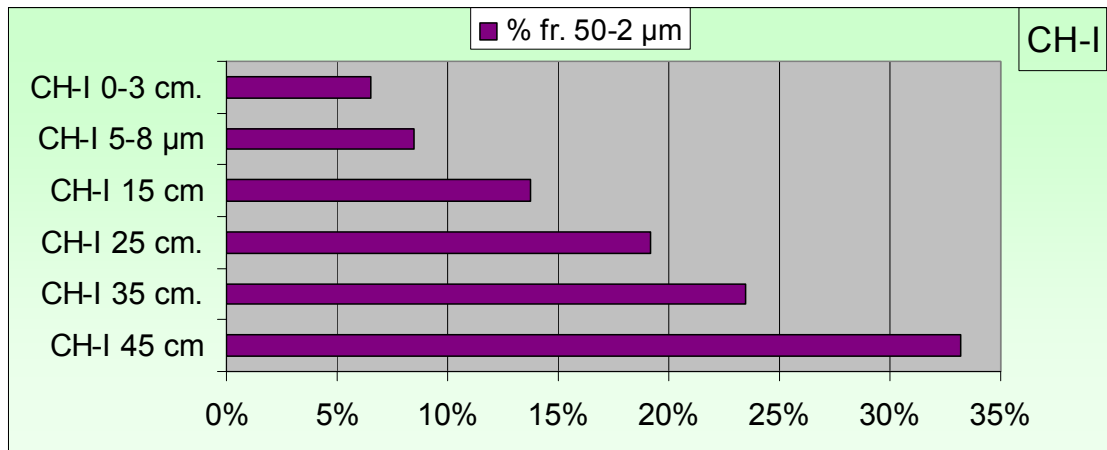
Sin duda se trata de la primera fracción en representatividad, ya que en todos los casos supera 30%, su promedio es de 38,18%. Al contrario que la fracción anterior, su tendencia es a aumentar con la profundidad, situándose su máximo en 35 cm (<45%). Se constituye además como la fracción más estable (Gráfico 107) si se la compara con las arenas >200 m (Gráfica 106) y los limos (Gráfica 108), ya que presenta oscilaciones de contenido menos acusadas.



**Gráfico 107,** Distribución de la fracción arenas 200-50 µm

**Fracción limo (50-2 µm)**

Si se observa la tendencia de los limos en profundidad (**Gráfica 108**) se aprecia claramente que el suelo de CH-1 adquiere gradualmente un componente más limoso. Uno de los aspectos más relevantes puede ser la inversa relación existente entre los contenidos en limos y arenas >200 µm.

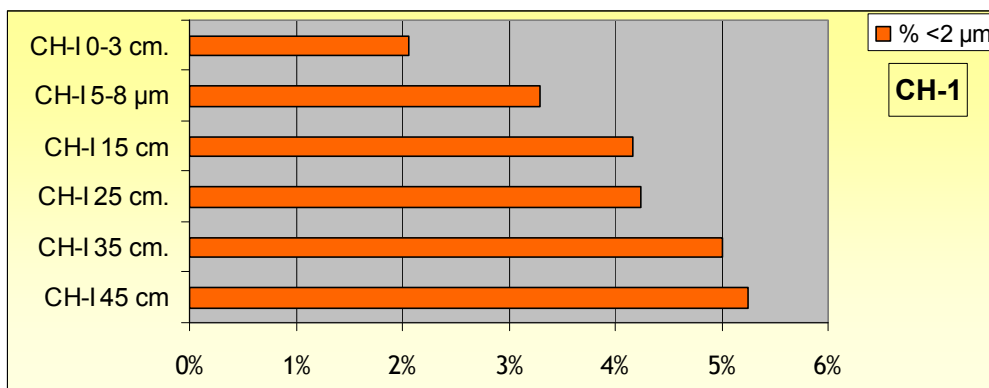


**Gráfico 108,** Distribución de la fracción limo.

**Fracción arcilla (<2 µm)**

La fracción menos representada en esta zona del Valle de Chafarí, sitúa sus valores mínimo y máximo entre algo más de 2% y 5% (**Gráfico 109**). Las inferencias al respecto son primera y obviamente que no se trata de suelos donde habría que esperar una alta concentración de arcillas, ya que se trata de sustratos volcánicos jóvenes. En todo caso la segunda cuestión viene dada en la escasa diferencia existente entre el nivel de superficie (0-3 cm.) y el situado a 45 cm. de profundidad, donde ya hemos observado que se produce una significativa concentración de arenas 200-50 cm. y limos. Con lo cual la

inferencia acerca de la incidencia de procesos erosivos, especialmente eólicos, no se sustentan en un 3% escaso de diferencia entre ambas zonas. Por el momento la escasez de las mismas de forma tan general, únicamente permite inferir un comportamiento muy similar en toda la columna edáfica analizada.



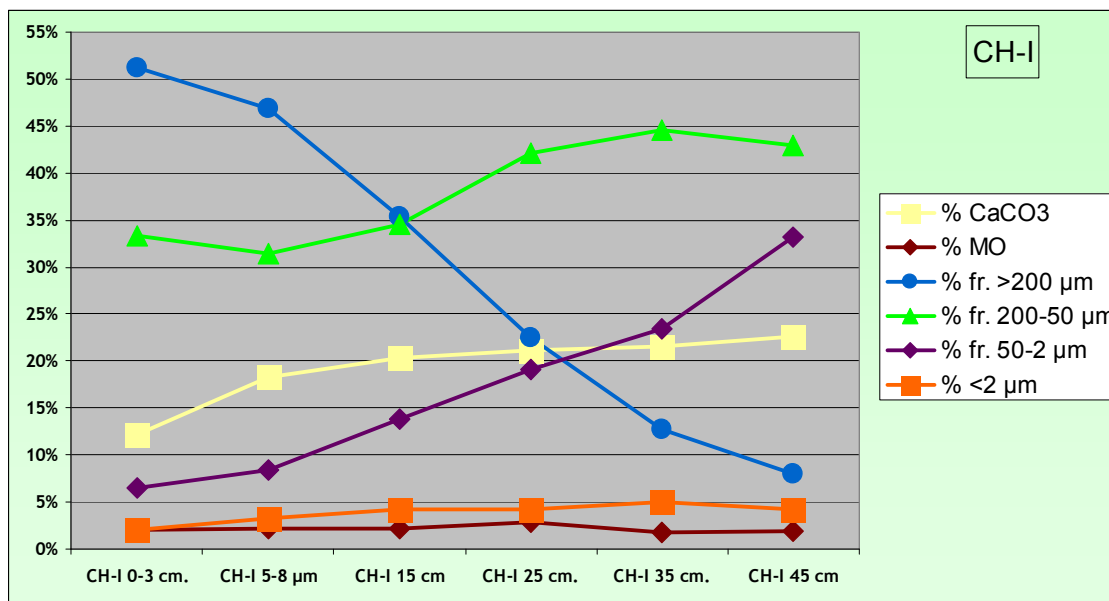
**Gráfico 109,** Distribución de la fracción arcilla.

Como ya se planteó, no parece aquí adecuado proponer una inferencia que contemple procesos erosivos eólicos, entendiendo además la escasa agregación del suelo en base a los bajos contenidos en materia orgánica en el mismo. Lo cual queda además ratificado por el moderado contenido en la fracción limo, fracción que presenta una erosionabilidad alta.

#### **Relación entre fracciones granulométricas.**

Las relaciones entre las fracciones analizadas se encuentran marcadas por la relativa estabilidad en las arenas 200-50  $\mu\text{m}$ , que sin duda es la más representada, oscilando entre 31,46-44,54% y con un promedio de 38,18%, el más alto de los valores obtenidos a nivel granulométrico. La siguiente fracción, arenas >200  $\mu\text{m}$ , solamente presenta dos puntos donde protagoniza el predominio sobre las demás, y lo hace en las muestras donde las observaciones *De visu* ya lo mostraban, entre la superficie y hasta aproximadamente 8 cm. de la misma. Luego gradualmente dejan de tener protagonismo, hasta llegar —sorprendentemente— a presentar valores similares a la fracción arcilla. La relación entre las dos fracciones de arenas indica que el suelo no deja de contener un componente arenoso fino, pero el más grueso del mismo únicamente involucra los niveles superficiales (**Gráfico 110**).

Sin duda la fracción limo ofrece en este perfil un interesante componente, variable en profundidad y ciertamente relevante desde que supera el valor de 20% (25 cm.). La relación que más destaca en este sentido es la que se establece con las arenas >200  $\mu\text{m}$ , ya que llegan experimentar un comportamiento completamente inverso, lo cual parece mostrar un sustrato que a partir de 25 cm. se vuelve más fino, radicalmente opuesto al presente en la superficie actual del suelo de esta zona de Chafarí.



**Gráfico 110,** Curvas acumuladas de datos obtenidos en el Perfil Chafarí-I.

### Conclusiones sobre los suelos representados en CH-I.

La evaluación de los parámetros obtenidos en el suelo de esta parte del Valle de Chafarí nos lleva a plantear algunas inferencias, pese a que aun es pronto para llevar a cabo una clasificación del mismo, dado que no se han llevado a cabo los análisis tendentes a la misma, sino únicamente los contemplados para caracterizar, de forma básica, la matriz que envuelve los elementos microscópicos de intervención contemplados en esta Tesis.

No puede en todo caso extraerse una lectura de corte general, al respecto del comportamiento de varios parámetros en la secuencia edáfica analizada, como sí ocurre en el sondeo CH-ME-1, en el perfil litoestratigráfico BLACH-1 o incluso en la selección de muestras arqueológicas analizadas pertenecientes a la estructura de combustión del yacimiento CH-N3<sup>135</sup>. Como ya se ha mostrado, salvo parámetros como los contenidos en materia orgánica oxidable, fracción arcilla e incluso carbonatos y en cierta medida la tendencia de las arenas 200-50 μm, el comportamiento de la fracción arenas >200 μm y especialmente de los limos, indica sustanciales diferencias en la secuencia analizada. Se trata en todo caso de un suelo que no deja presentar un componente arenoso fino en casi todo el perfil, un componente que se acentúa a partir de 25 cm., comenzando igualmente ha adquirir el de tipo limoso.

No estamos ante un suelo de carácter aluvial, como ocurre en el Llano de Uanca<sup>136</sup>, sino que parece haberse originado a partir de un depósito preexistente, que podría ser de piroclastos basálticos, como parecen mostrar los materiales geológicos en superficie. Sin embargo, como ya se ha expuesto,

<sup>135</sup> Como se ha observado, en base a los datos obtenidos con el tratamiento de dicha selección de muestras, existe en parte un componente granulométrico, vinculado a la fracción insoluble al ácido de los sedimentos que puede asumirse como parcialmente derivada del medio edáfico contextual al yacimiento y a su estructura de combustión.

<sup>136</sup> Como se ejemplificado con el estudio del perfil R-18.

parece posible defender la hipótesis de que el material parental –como muestra el perfil BLACH-1– esté constituido por un nivel de lahar/material tipo *surge*, estando por lo tanto ante el resultado de su contribución a la generación de un paquete edáfico, al compás de las especiales condiciones existentes en el entorno al Valle de Chafarí.

Se ha sugerido que la poco pronunciada horizonación observada en los 45 cm. de perfil CH-I sea la propia de un suelo volcánico joven, habitual en Andosoles, a lo que hubiese colaborado disponer de otras pruebas como el test de campo del NaF, pero el cual quizá hubiese resultado erróneo dado el moderado componente carbonatado detectado<sup>137</sup>. Con todo ello puede plantearse, como hipótesis de trabajo, que estamos ante un complejo pero sumamente interesante caso de suelo de zonas áridas de alta montaña. Siguiendo la ruta de la presencia de carbonatos<sup>138</sup>, ésta podría explicarse en base a la alteración de los materiales y rocas volcánicas que configuran el material parental de estos suelos, como los contenidos en los basaltos. E igualmente podrían colaborar otros mecanismos de carbonatación, como la hidrólisis alcalina de material volcánicos ácidos pero ricos en sodio<sup>139</sup> como las pumitas, e incluso los aportes de polvo sahariano en el tiempo<sup>140</sup>. En el primer caso, el Valle de Chafarí podría encontrarse dentro de una zona donde los carbonatos podrían ser de tipo sódico y no cálcico, en un caso muy específico e inusual en el ámbito de Las Cañadas (Arbelo *et al.*, 2009). Si concatenamos ambos resultados, presencia de carbonatos y el posible contenido en sodio, podríamos hipotetizar sobre un proceso de sodificación muy localizado, que supondría la degradación de la estructura y condiciones físicas muy desfavorables para el crecimiento de las plantas y la circulación del agua (Porta *et al.*, 1999). Aspecto éste primero que podría ser la causa de la nula colonización vegetal en esta zona del Valle de Chafarí, aun presentando potencia edáfica suficiente para el desarrollo de la flora local. Sin embargo,

---

<sup>137</sup> Dr. J.L. Mora (UNIZAR), 2012, Com. Pers.

<sup>138</sup> Sin duda estamos ante una compleja cuestión, dado que mientras los datos por digestión en ácido clorhídrico y nítrico no puede ser más positiva (casi 20% de promedio de pérdida de peso), el pH actual del perfil muestra mayoritariamente una tendencia ligeramente ácida a muy ligera básica. Sin embargo, los resultados obtenidos mediante la pérdida de peso en ese medio ácido son incuestionables, quedando pendiente dilucidar si existen otros componentes no-carbonatados que están resultando eliminados. Pero donde puede introducirse de nuevo la cuestión de los cambios de pH en el tiempo, al compás de las concentraciones de iones de hidrógeno en el suelo. Como ocurre en otros contextos analizados en esta Tesis (La Cerera, paleosuelo Los Roques, entre otros) el registro microfósil de base silíceo puede colaborar en hallar una respuesta. Ciertamente, como ocurre en los sedimentos arqueológicos de La Cerera, los valores de pH solamente llegan a ser ligeramente básicos, mientras que el registro de silicofitolitos muestran signos inequívocos de disolución de SiO<sub>2</sub>, proceso donde el pH básico extremo (>8,5-9), en conjunción o no con circulación hídrica, adquiere protagonismo como proceso tafonómico adverso para la conservación de los registros microfósiles de base silíceo.

<sup>139</sup> Efectivamente llegamos a esta conclusión tras comprobar las especiales características de esta zona de Las Cañadas, para la cual se ha planteado la existencia de carbonatos de tipo sódico y no cálcico. Otra cosa es determinar la naturaleza de dicho aporte de sodio.

<sup>140</sup> Dr. J.L. Mora (UNIZAR), 2012, Com. Pers.



para seguir la ruta del sodio y como ya hemos planteado, los valores de pH deberían indicar un componente más alcalino que en el caso de carbonato cálcico (Porta *et al.*, 1999). Asumiendo que nuestro trabajo tiene una marcada vocación paleoambiental, al menos cuando aborda el estudio de secuencias edáficas, volvemos a reorientarlo hacia el concepto de cambio ambiental en el tiempo, dado que podríamos estar ante un proceso que no involucra la totalidad de la secuencia representada en el perfil edáfico analizado, tal y como los contenidos en carbonatos y materia orgánica –además de los de fracciones granulométricas– parecen indicar.

En todo caso, parecen plantearse suficientes incógnitas por resolver ante la observación de los datos obtenidos, que creemos pueden vincularse a cambios paleoambientales que ya no responden a la incidencia antrópica, cuyo rastro debería buscarse en los niveles superficiales de los suelos analizados, dada la baja tasa de formación de los mismos en esta zona, al menos en lo que se considera actualidad. Tanto la textura, que como vemos adquiere un relevante componente limoso en profundidad, como los posibles contenidos en carbonatos, parecen permitirnos inferir cambios medioambientales hasta la actualidad, pasando por condiciones donde los procesos erosivos fueron diferentes, como lo pudieron ser los parámetros de humedad y temperatura. Aspectos que los registros paleobotánicos deberían igualmente acusar.

A nivel microscópico, de análisis microfósil y partículas individualizadas<sup>141</sup>, los parámetros que pueden emplearse para confirmar tales planteamientos se restringen a la confirmación de la existencia de partículas portadoras de información vinculada a los procesos citados. Este podría ser el caso del vidrio volcánico, que primeramente confirmaría la existencia de material volcánico ácido, lo cual es completamente evidente (**Figura 601**), aunque a diferencia de otros suelos de Las Cañadas, éste no presenta concentraciones mono-específicas, alternándose con otros minerales, como los piroxenos de augita, entre otros, en algunos casos de fuerte silicificación (**Figura 602**).

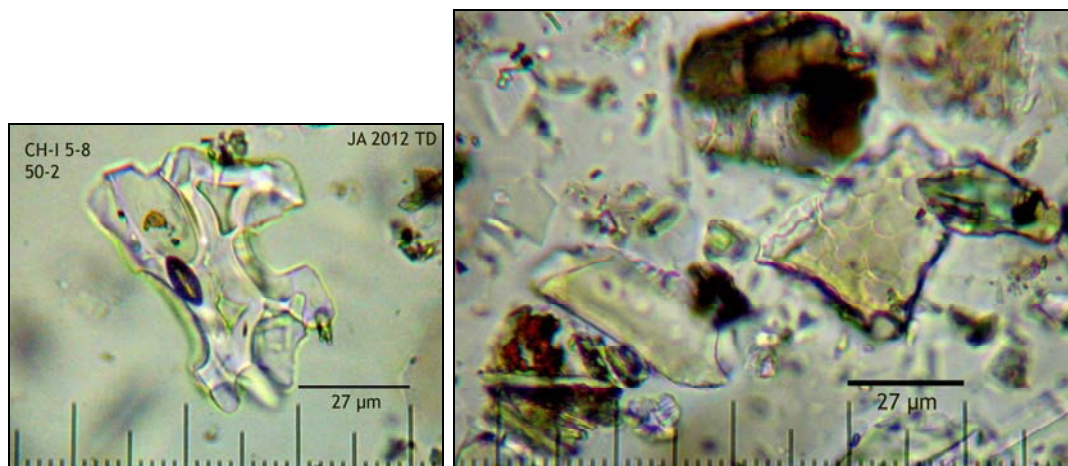
Del mismo modo los procesos de disolución de sílice amorfo, ya citados, pueden seguirse en el estado de conservación de los silicofitolitos. Efectivamente una parte del registro de los mismos presenta signos inequívocos de tal proceso, abierto bien por pH básico extremo, bien por circulación hídrica<sup>142</sup> o la conjunción de ambos. Aunque en algunos casos afecta a silicificaciones de las que se desconoce su filiación biológica (**Figura 602**).

En el caso de las partículas vinculadas a erosión o depósito eólico, la observación de la fracción limo, de las muestras de CH-I, no presenta síntomas de tal proceso. La observación de los limos correspondientes a 45 cm. no muestran los rasgos de desbastado e impacto, síntomas propios de partículas afectadas por erosión eólica, caracterizándose por su marcada angulosidad y estar formados por limos gruesos (50-20 µm).

---

<sup>141</sup> Obviamente los estudios de tipo micromorfológico podrían aportar numerosa información sobre los aspectos señalados.

<sup>142</sup> Desde luego que tanto las observaciones superficiales de campo como la de los perfiles una vez abiertos no permiten apreciar procesos de circulación hídrica, más allá de la lenta percolación del agua en un suelo muy compactado.



**Figura 601** (Izqda.), Vidrio volcánico en CH-I 5-8 cm. **Figura 602** (Drcha.), Limos gruesos en CH-I 45 cm. Ambas 600x.

Si bien en cierto que la complejidad de los objetivos de estudio y las propias muestras han supuesto una limitación para obtener información de ellas, este estudio preliminar —básicamente cualitativo— muestra cambios en la matriz edáfica, básicamente los vinculados a profundas oscilaciones entre las fracciones gruesas (arenas  $>200\ \mu\text{m}$ ) y finas (limos). Aunque en otros aspectos como el componente arenoso situado entre  $200\text{-}50\ \mu\text{m}$  se observa cierta continuidad en la secuencia estratigráfica. Tanto el contenido en carbonatos como el aumento en profundidad de la fracción limo parecen indicar aspectos diferenciales con otras zonas de Las Cañadas del Teide. El componente limoso adquiere una relevancia real, puesto que su moderado contenido en los niveles más bajos indica una sustancial diferencia con los contextos edáficos superficiales actuales. Probablemente estemos aquí ante la evidencia de un contexto ambiental sustancialmente más frío que el actual, que generó mayor cantidad de limos por procesos de crioclastia. La gama cromática de sus partículas<sup>143</sup>, de colores oscuros, indican un origen basáltico, que unido al resto de rasgos parecen descartar un origen alóctono.

#### Análisis microfósil del perfil CH-I.

Para llevar a cabo el estudio microfósil de esta zona del Valle de Chafarí se empleó una variante del método estándar seguido con todas las muestras de esta Tesis, con el fin de acotar aun más las fracciones del suelo donde pueden alojarse conjuntos microfósiles. Su única ventaja reside en llevar a cabo observaciones microscópicas directamente sobre las fracciones granulométricas que mayor probabilidad poseen de alojar biomineralizaciones fósiles<sup>144</sup>, limos y arenas  $200\text{-}50\ \mu\text{m}$ <sup>145</sup>.

<sup>143</sup> Si bien en cuestiones de reconocimiento de minerales el color no es un parámetro definitivo, lo cierto es que bajo el microscopio, en especial las partículas de arena y los limos, adquieren una coloración que ciertamente colabora —junto con el resto de parámetros— en su discriminación de unos u otros grupos de minerales.

<sup>144</sup> Retomamos así el método empleado por A. Pinilla en el Dpto. de Suelos del Centro de Ciencias Medioambientales (CSIC, Madrid) para el estudio de fitolitos y microalgas en la fracción de los limos, método descrito en Pinilla & Bustillo (1997).

Las muestras presentan, prácticamente por igual, bajo nivel general de microfósiles vegetales, siendo muy relevante la práctica total ausencia de microalgas de valvas y quistes silicificados.

El registro, con muy pocas variaciones, puede sintetizarse en cuatro tipos de fitolitos de diagnóstico, pero parecen estar presentes una serie de grandes silicificaciones de las que se desconoce su posible filiación<sup>146</sup>.

Tres de las morfologías detectadas son desarrollados por plantas de la familia *Poaceae* y uno, con dudas, a gimnospermas. De las formas características de gramíneas, dos son de células largas, del tipo alargado con ornamentación dendriforme<sup>147</sup> (*elongate dendriform long cell*, ICPN 1.0) y gran tamaño tamaño (>50 µm) y la otra también de célula larga pero trapeziforme y márgenes inferiores sinuosos (*trapeziform sinuate long cell phytolith*, ICPN 1.0). Una tercera morfología, adscrita a las gramíneas y al igual que las anteriores posiblemente a la subfamilia *Pooideae*, la constituyen células cortas trapeziformes (*trapeziform short cell phytolith*), **Figuras 604, 605, 606 y 607**).

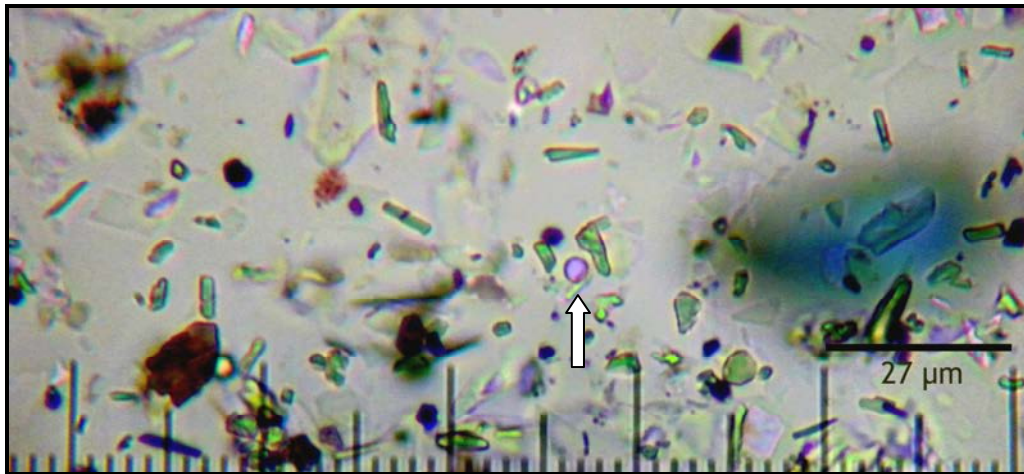
La cuarta morfología es globular lisa (*globular psilate phytolith*), o con algún pequeño resalte, que como hemos mencionado podría corresponder a las pequeñas silicificaciones producidas por gimnospermas como los pinos (*Pinus* spp.) (**Figura 603**).

---

<sup>145</sup> Se introdujo el estudio de esta fracción para comprobar la existencia de microfósiles situados en este rango de tamaños. Para ello, al igual que con los limos se llevaron a cabo preparaciones siguiendo el método de la decantación al azar propuesto inicialmente por Bárcena & Flores (1990) que, con algunas modificaciones, en función de las limitaciones de nuestro equipo microscópico, se aplicó *mutatis mutandis* llevando a suspensión, en 40 ml., de agua destilada únicamente la fracción de los limos, una vez éstos estaban completamente libres de la fracción arcilla.

<sup>146</sup> Efectivamente se observan numerosas silicificaciones que pueden pertenecer a partículas minerales diferentes al vidrio volcánico ácido o bien a organismos vegetales que no podemos reconocer. Ya experimentamos esta sensación ante el primer análisis microscópico del lahar, donde se detectaron grandes partículas silicificadas de superficie reticulada de las que desconoce su posible filiación biológica.

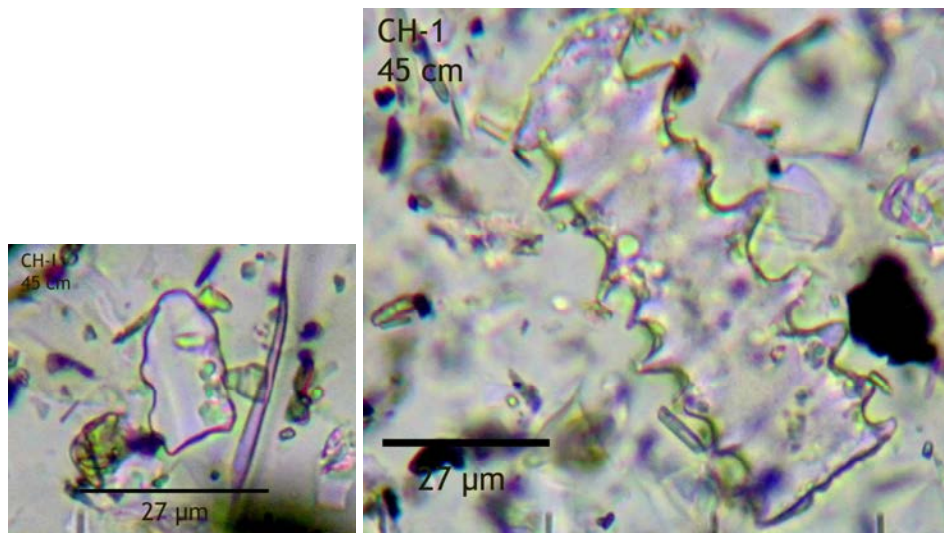
<sup>147</sup> Pese a que en la mayoría de ejemplares de este tipo no se conserva la ornamentación de salientes dendriformes, el estudio de células similares, en concreto las existentes en los tejidos de *Arrhenatherum calderae* presentan células muy similares, con amplias proyecciones dendriformes. En algunos ejemplares localizados en CH-I se observa un aspecto romo y fragmentando en los salientes equinados de los mismos, sin duda efecto de los procesos tafonómicos que les han afectado a lo largo del tiempo. Pese a que no disponemos de cronologías absolutas al respecto, la edad de estas evidencias probablemente alcance los límites del Holoceno o incluso se introduzca en los pleistocénicos.



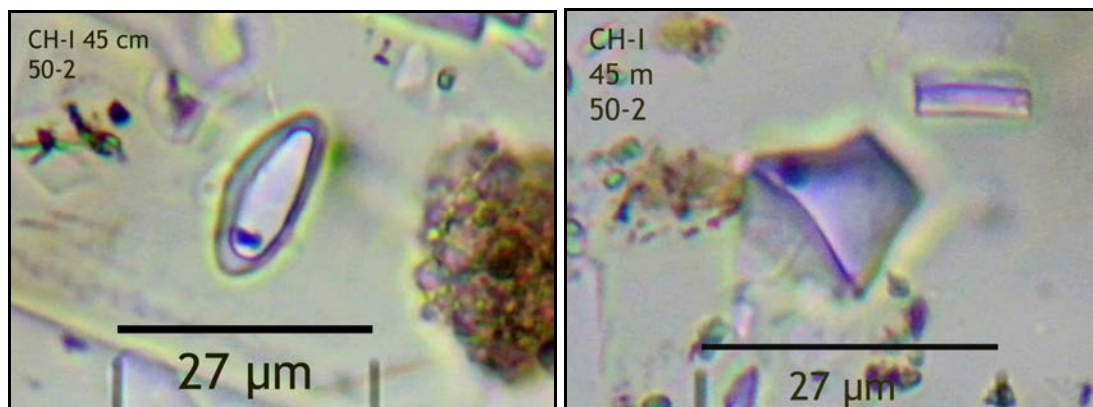
**Figura 603**, Limos finos en CH-I, 45 cm., con posible fitolito globular liso de gimnospermas (blanco). 600x.

Pero en el plano de un registro de silicificaciones complejo por la escasez de puntos de referencia morfológicos y no tanto de ornamentación, se presentan elementos que podrían ser fitolitos y para los que habrá que desplegar protocolos específicos de estudio. Me refiero a formas que se asemejan mucho a otras comunes pero que en función de la alta tasa de mineralizaciones silíceas de estos suelos, a menudo adquieren –bien por procesos tafonómicos, bien por su propio patrón morfológico– formas similares a determinados fitolitos. Es el caso que refleja la **Figura 609**, que recuerda claramente a un fitolito de célula buliforme cuneiforme, del tipo de las presentes en gramíneas *Arundinoideae*. Si bien no es la primera vez que nos encontramos ante morfologías que presentan gran similitud con las mismas, pero cuya presencia en un contexto –como el que nos ocupa– debe tomarse con suma cautela, lo cierto es que el gradual acumulo de evidencias que parecen ser pero tomamos como improbables, ha ido en aumento. Lo cual constituye una tendencia que gradualmente también parece permitirnos reducir la incertidumbre, haciéndonos preguntarnos...¿porqué no?.

Aunque en este caso concreto, al igual que en el resto de conjuntos fitolíticos locales, aun quedan por aplicar sendos estudios cualitativos y cuantitativos sobre morfologías que prácticamente desconocemos –mientras que otras son muy comunes–, lo cierto es que el parecido de la morfología detectada en CH-I-45 cm. con las células buliformes cuneiformes, nos hace referirnos a los registros del perfil R-18 e incluso a Chafarí Norte 3, donde igualmente encontramos indicios de células similares. Pero ese caso –aun con avanzado proceso de disolución– los parámetros morfométricos (principales ejes de simetría) no deja lugar a dudas, otra cosa es averiguar su origen, porque su concentración ya sabemos que es muy baja. Pero también lo es en las plantas que las producen y los suelos donde se depositan.



**Figura 604** (Izqda.), Fitolito trapezoidal sinuoso. **Figura 605** (Drcha.), Fitolito de célula larga dendriforme (en origen). Ambas 600x.

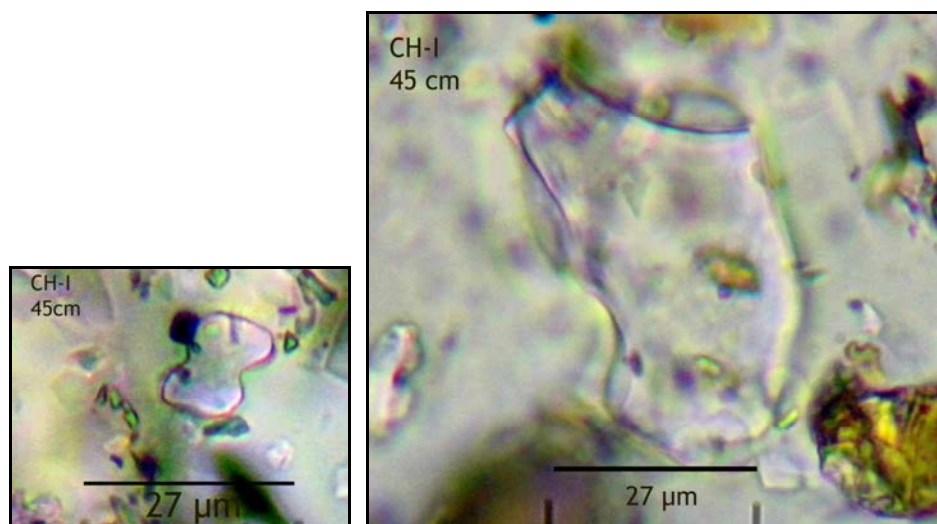


**Figura 606** (Izqda.), Fitolito de célula corta elíptica en vista polar. **Figura 607** (Drcha.), Posible fitolito de célula corta trapezoidal en vista lateral. Ambas 600x.

Las conclusiones al respecto del estudio microscópico de los limos de CH-I pasan por confirmar la baja heterogeneidad del registro de microfósiles presente en los mismos, con aparente limitación a la presencia de gramíneas de la subfamilia *Pooideae*<sup>148</sup>. La hipótesis que puede ofrecerse, en espera de estudios en profundidad (cualitativos y cuantitativos), es que podríamos estar ante la presencia de gramíneas del tipo *Arrhenatherum* u otra gramínea *Pooideae*, que prosperaron de forma aislada<sup>149</sup> en sustratos con predominio de las arenas finas y limos, propios de condiciones climáticas más frías que las actuales.

<sup>148</sup> El elenco fitolítico que las representa ya nos es conocido: células cortas trapezoidales de formas —en visión polar— elipsoidales o en creciente lunar (*crescent moon*) y células largas, de tamaños superiores a las 100 µm, con ornamentación actual equinada pero con signos inequívocos de haber sido dendriforme. A lo que debe sumarse una clara sección elíptica.

<sup>149</sup> Las concentraciones de fitolitos, entre las partículas de limo son —al menos en lo que atañe a formas de diagnóstico— muy bajas.



**Figura 608** (Izqda.), Célula bilobulada. **Figura 609** (Drcha.), Silicificación de compleja adscripción. Ambas 600x.

Por otra parte, la ausencia de microalgas (diatomeas y crisofitas) indica que se trataba de ambientes secos, al menos en la zona del Valle de Chafarí analizada. Lo cual parece permitir descartar el estar ante una cuenca aluvial con procesos de inundación, que obviamente –según muestran los registros microfósiles locales– llama poderosamente la atención.

La conclusión final es que el estudio preliminar de los registros de datos obtenidos en CH-I confirman una identificación florística muy concreta y limitada, restringida a fitolitos de gramíneas *Pooideae* y quizás a determinadas gimnospermas. Sin embargo, creo que se trata ésta de toda una verificación de las hipótesis preliminares, sobre la antigüedad de plantas *Poaceae*, de la subfamilia *Pooideae*, en Las Cañadas del Teide. Los datos emanados de las características básicas de la matriz que contiene los fitolitos que así lo atestiguan, no contradicen dicha hipótesis, dado que apuntan hacia condiciones biológicas que favorecieron el desarrollo de este tipo de vegetación que, no obstante, podría estar acompañada de otras que no dejan –como sí ocurre con las gramíneas– un rasgo microfósil tan evidente.

Por su parte los indicios de otros tipos de gramíneas, como los ejemplificados por fitolitos de células cortas bilobulados, también detectados en otros contextos edáficos de Las Cañadas, y otros menos claros como los de células buliformes revisten del interés de mostrarnos aun mayor complejidad en el plano paleoambiental. Como en un principio planteamos<sup>150</sup>, las gramíneas *Panicoideae* –a la que principalmente hacen referencia las células bilobuladas– no se desarrollan de forma natural en la actualidad en Las Cañadas del Teide, y son las especies *Pooideae* las que han experimentado una completa radiación adaptativa, aunque no rápida, a ese peculiar entorno. La evidencia de su presencia en contextos edáficos, aunque en baja proporción, introduce de nuevo el concepto de cambio ambiental en un entorno que, a todas luces, se nos antoja como climácico. Y si bien hasta ahora habíamos buscado las claves para identificar un contexto que en

<sup>150</sup> Capítulo 2, Contexto Medioambiental de Intervención, Las Cañadas del Teide.

realidad es el reflejo de miles de años de evolución, pero solamente en la vertiente que explica la presencia –también desde hace miles de años– de gramíneas *Pooideae* en Las Cañadas del Teide, los registros de fitolitos en sus suelos indican que no sólo funcionaron en esa dirección sino que, contra todo pronóstico material, también en la contraria. Nos hemos encontrado así con vestigios empíricos de “momentos ambientales” probablemente más similares a un invierno más continuado en la alta montaña de Tenerife, pero también con otros que reflejan que éstos no fueron permanentes, sino que incluyeron fases donde el clima fue más cálido y húmedo, tanto como para favorecer el crecimiento de gramíneas *Panicoideae*<sup>151</sup>.

### Sondeo edáfico CH-ME-1

#### Resultados de las observaciones y tareas de campo.

Como ya se ha especificado, la situación de este pequeño sondeo que, aunque buscaba igualmente que con Chafarí-I la definición de un perfil edáfico, fue entendida como la propia de una zona ligeramente deprimida –del Valle de Chafarí– que actuaba como desagüe natural del mismo, en cuanto a que es por la misma por donde se canalizan buena parte de las escorrentías que confluyen en el margen sureste (SE) del mismo. Dicha hipótesis quedó absolutamente puesta de manifiesto al realizar el sondeo, ya que la poca resistencia a la herramienta de cavar y la textura aparente, hasta una profundidad de unos 40 cm., denotó la homogeneidad, en este caso, de un paquete de arenas, también aparentemente correspondientes a la fracción >200 µm (**Figura 610**).

Aunque dicha textura no sigue en todos los casos una tendencia continua, ya que puede hablarse de un ligero descenso en la misma bajo la superficie (muestra correspondiente a 5 cm.), lo cierto es que la baja compactación de ciertas zonas del perfil impidió llevar a cabo en éste la recuperación de muestras escasamente distanciadas entre si. Al igual que colaborará en dificultar la diferenciación clara, en la columna estratigráfica, de niveles que atestiguaran la presencia de distintos horizontes edáficos.

En todo caso, la realización del sondeo permitió identificar un comportamiento ya esperado antes de llevarlo a cabo, y la comprobación de la naturaleza del sustrato del que está formado esta parte del Valle de Chafarí, al menos hasta 30 cm. de la superficie, que sin duda apto para actuar como cauce de drenaje de la parte sureste del mismo.

#### Resultados analíticos.

##### Contenidos en carbonatos (%CaCO<sub>3</sub>) y materia orgánica (M.O.)

Los resultados parecen confirmar la tendencia del resto de sustratos analizados de la zona, en cuanto a un moderado contenido en carbonatos y significativamente menor en materia orgánica (**Gráfico 111**). Los valores de las tres zonas analizadas no presentan diferencias significativas, salvo el ligero incremento en %CaCO<sub>3</sub> observado a 5 cm. La clasificación del suelo, que puede establecerse en base a los datos obtenidos y empleando la propuesta de Marín (2003), sería la de un contenido normal en carbonatos (entre 10,1-20%) y bajo en materia orgánica (entre 1-1,9%), estando en base a esa consideración ante un suelo aun mineralizado.

<sup>151</sup> Quizás incluso *Arundinoideae*.



**Figura 610**, Corte del sondeo CH-ME-1. Pueden diferenciarse tres partes constitutivas: una superficial de color gris, formada por fracciones gruesas y arenas, una segunda, de textura más fina y ocre, y una más profunda, donde de nuevo parecen retomarse los valores de la superficie.

### Aspectos granulométricos

De nuevo estamos ante un sustrato eminentemente arenoso, con predominio en este caso de la fracción arena  $>200\ \mu\text{m}$ , que ocupan entre 50-70% de las fracciones granulométricas (**Gráfico 112**). Los valores promedios del resto de las mismas no dejan lugar a dudas sobre las características de la zona muestreada, las arenas finas ocupan aproximadamente un 20%, los limos algo más de 3% y las arcillas algo más de 1%. La única diferencia digna de mención se sitúa a 5 cm. de la superficie, donde el sustrato se vuelve algo más fino, pero en profundidad ( $\pm 30\ \text{cm.}$ ) las arenas  $>200\ \mu\text{m}$  vuelven a ser muy abundantes. Con todo lo cual se plantea que estamos ante un canal torrencial inactivo, ya que en superficie se observan suficientes evidencias faunísticas y vegetales como para entender que solamente con ocasión de grandes precipitaciones ha debido llevar agua. Incluso podría plantearse que ha funcionado como tal (de ahí las altas concentraciones de arena en profundidad) y ha comenzado un proceso de sedimentación frente a la erosión. Algo que ocurre de manera inversa unos metros más al NW.

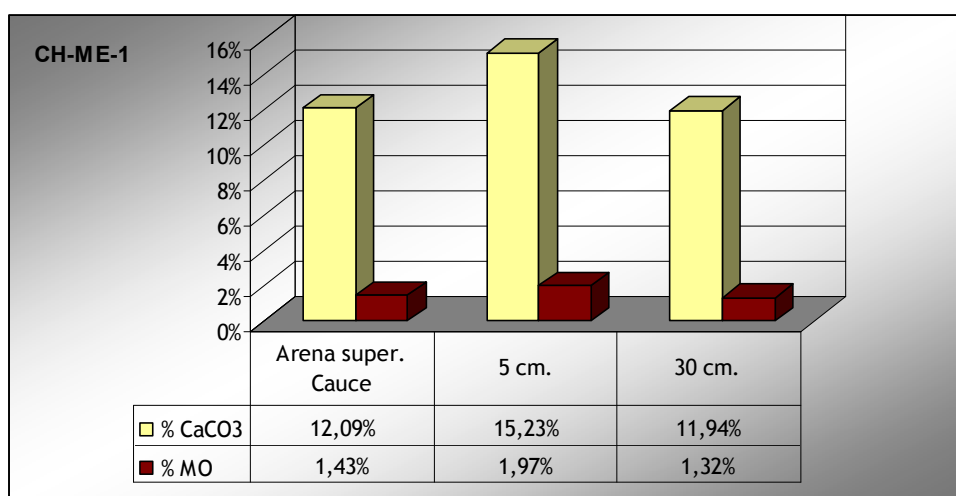
### Análisis microfósil del Sondeo CH-ME-1

A la espera de realizar análisis cuantitativos, la inspección de las fracciones correspondientes a los limos<sup>152</sup> no aporta diferencias sustanciales con los otros

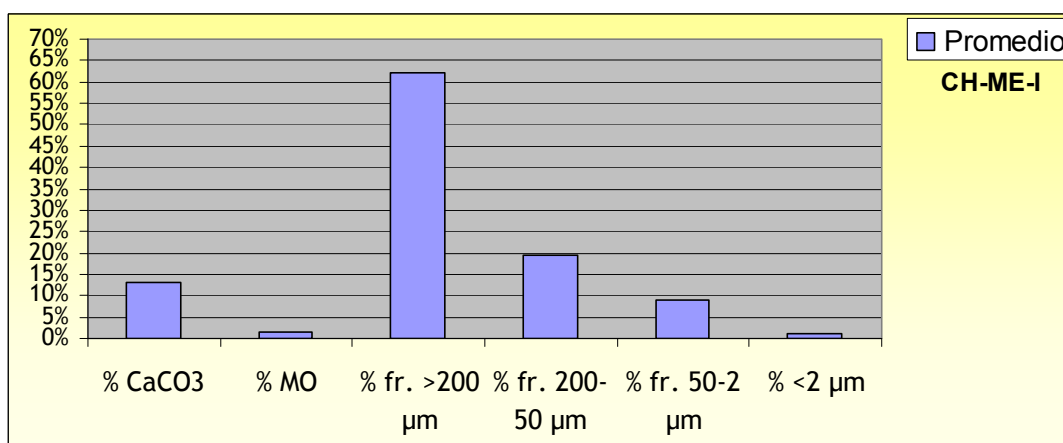
<sup>152</sup> En este caso empleando los limos obtenidos con el tratamiento de 5 grs. de muestra bruta, aunque en este caso solamente pudo contarse con 0,16 gr. de promedio. Una cantidad mucho inferior a la aislada en el perfil Chafarí-I, donde incluso



contextos edáficos de la zona (CH-I). A nivel de silicofitolitos únicamente se detectan tres morfologías, las mismas que en otras zonas de Chafarí y que vuelven a confirmar la presencia de gramíneas *Pooideae* como única representación del grupo de los silicofitolitos. Estas morfologías son dos de células largas, una alargada y equinada muy similar a las desarrolladas por *Arrhenatherum calderae*, aunque desprovista de las proyecciones/protuberancias dendriformes que presenta en la colección de referencia. Y otra trapezoidal de márgenes sinuosos, que igualmente se estima corresponde a una gramínea de esa subfamilia. Un único tipo de célula corta, de tendencia elíptica, que resulta especialmente visible en la muestra correspondiente a 5 cm. de la superficie.



**Gráfico 111**, Comparativo de contenidos en carbonatos y materia orgánica en las muestras del sondeo edáfico CH-ME-1.



**Gráfico 112**, Promedios de los datos analíticos en CH-ME-1

pudo contarse con algo más de 1 gr. de limos. Lo cual confirma la inferencia realizada ya sobre las observaciones de campo, de estar ante una zona netamente diferente a la del centro del Valle, donde los procesos de depósito, de fracciones finas, han sido mucho más acentuados —frente a los erosivos—, al menos a profundidades superiores a 30 cm.

Dos podrían ser los aspectos relevantes que aportan algunas variantes al registro microfósil. El primero de ellos los microfragmentos de carbón detectados en la muestra de arena superficial, también en la fracción 50-2  $\mu\text{m}$ , que no obstante no hacen sino confirmar las observaciones *De visu* realizadas en superficie, con la presencia de fragmentos de carbón procedentes, en su mayoría, de carboneras históricas, de tipologías similares a ya descritas para otras zonas (Arnay y González, 2009), aunque no pudo detectarse ninguna estructura somera de delimitación de las mismas.

Y en siguiente aspecto lo constituye el que hasta el momento es el único elemento microscópico de animal terrestre detectado en las muestras para análisis de microfósiles vegetales. Se trata de un cráneo que podría pertenecer a un insecto himenóptero o una forma larvaria de los mismos<sup>153</sup> (**Figura 611**). Sus dimensiones son 291 (largo) x 350  $\mu\text{m}$  (ancho), presentando dos piezas bucales que parecen conformar su mandíbula (**Figura 612**), de las cuales una se encuentra fragmentada y que podrían conformar un aparato bucal de tipo masticador, como el que presentan la mayoría de los órdenes de insectos. El estado de conservación parece atender a un proceso diferencial donde han desaparecido las partes más blandas, detectándose fragmentación y pérdida de parte del cráneo, sin duda debido al propio dinamismo del sustrato.

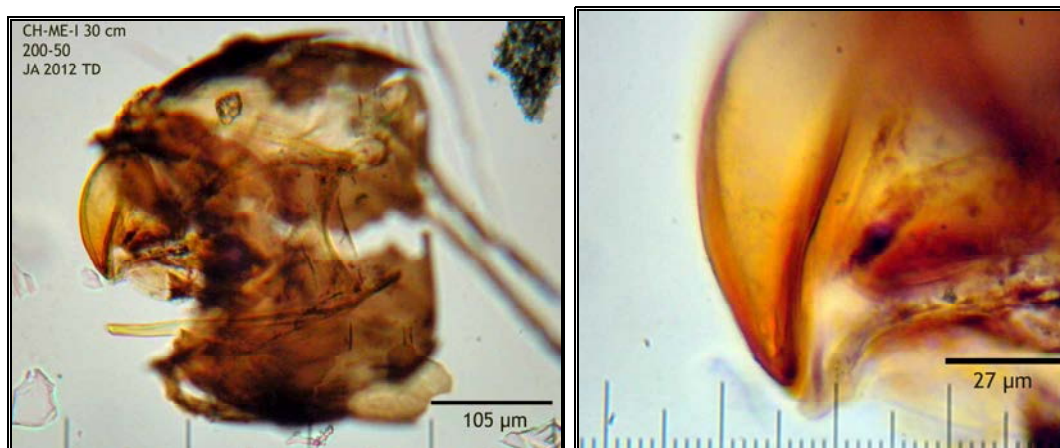
El hallazgo en cuestión se realizó durante la inspección microscópica de la fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$ , sin que fuera posible detectar ninguna otra parte del cuerpo, cubierto o no por exoesqueleto, de este pequeño animal. Las inferencias al respecto no van más allá de la de un hallazgo casual, que afortunadamente resultó parcialmente indemne a los tratamientos de laboratorio<sup>154</sup>. Sí que podría ser relevante la profundidad a la que pertenece la muestra, 30 cm., lo cual indica que estamos ante un microfósil con cierta antigüedad, como el resto de elementos microscópicos de intervención, dada la aparente lentitud de los procesos edafogénicos locales.

El estudio de las muestras de CH-ME-1 confirma la diferencia existente entre las distintas zonas de las que consta el Valle de Chafarí, hecho especialmente evidente con respecto a su zona central y las laterales, como ocurre en este caso. Muy probablemente, a diferencia de aquella, se trata de canal torrencial inactivo, aunque unos metros más allá existen indicios en superficie que confirman su actividad reciente. Sin embargo, en la zona muestreada la matriz, netamente diferente a la que presenta bajo los primeros 3-8 cm. el perfil CH-I, las características indican que se trata de sustratos similares en superficie, aunque el contenido en arena de estos canales es superior en esa zona.

---

<sup>153</sup> Según se desprende de las primeras impresiones al respecto, Dra. Carolina Castillo (ULL), 2012, Com. Pers.

<sup>154</sup> Es de suponer que éstos le han afectado, sobre todo entendiendo que están pensados para partículas microscópicas aisladas o bien articuladas pero de gran solidez, como ocurre con los esqueletos silíceos. Tratamientos como el baño de ultrasonidos y la separación de fracciones mediante tamizado resultarían nefastos para la integridad de este tipo de evidencias. El cráneo localizado probablemente corresponde a la parte más resistente de las mismas.



**Figura 611**, Cráneo de un insecto fósil (Izqda.), fotografiado a 150x.  
**Figura 612** (Drcha.), Detalle de una de las dos piezas bucales, 600x.

El registro microfósil, de nuevo parco en resultados de diagnóstico, no deja de presentar algunos puntos sólidos en cuanto a identificación vegetal, pero que vuelve a orientarse —como en CH-I— hacia las gramíneas *Pooideae*. Eso sí, en esta zona del Valle se vuelven evidentes los indicios de actividad antrópica, con la presencia de microcarbones entre las partículas minerales y biominerales. La actividad biológica en un contexto antiguo, para el que suponemos una edad similar con las muestras situadas a 30 cm. de CH-ME-I y las de CH-I, queda atestiguada con la presencia de uno de los pocos microfósiles animales estudiados en esta Tesis, bajo la forma de restos de un insecto que formó parte de la fauna inadvertida de Chafarí.

#### **Análisis microfósil del Perfil R-16: El Picón.**

##### **Aspectos generales**

El perfil R-16<sup>155</sup> se localiza en un medio edáfico desarrollado sobre piroclastos basálticos de la serie IV, de época holocénica, que presenta un horizonte Ah/Bw (0-40 cm.) y otro C (40- >60 cm.). Con un régimen hídrico xérico y térmico mésico (Guerra, 2006) representa los suelos ocupados por pinar en la zona de cumbre de Tenerife. A nivel de investigación microfósil interesa especialmente que la vegetación inmediata es una formación abierta de pinar de cumbre (*Pinus canariensis*), con alternancia de ejemplares de *Pterocephalus lasiospermus*. Por lo que la inspección microscópica —tendente a valorar si puede caracterizarse este suelo desde su registro microfósil—, debía ir orientada hacia la detección de biomineralizaciones al menos del grupo vegetal más representado: coníferas de la especie *Pinus canariensis*. Tal y como mencionamos en algunos puntos de esta Tesis, este objetivo se encuentra directamente vinculado con el potencial biomineral de esta planta, caracterizado por una elevada producción de oxalatos de calcio y ostensiblemente menor proporción de silicificaciones.

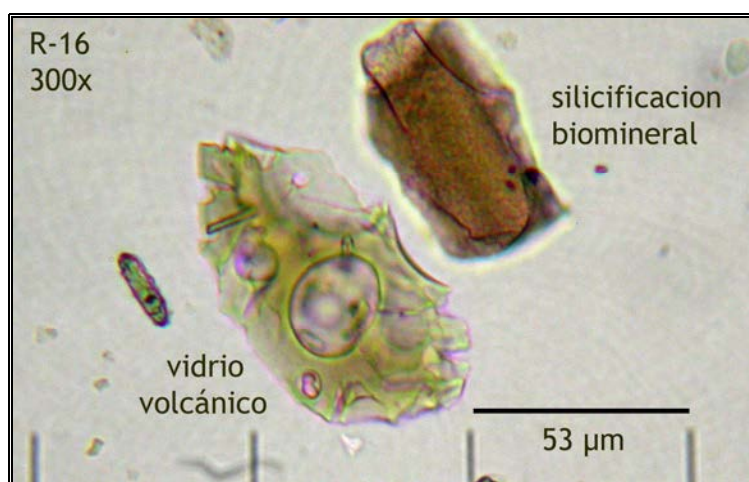
La importancia del análisis de muestras de suelo del perfil R-16 por tanto involucra varios aspectos de este hecho, especialmente en lo que respecta a los mecanismos de depósito de biomineralizaciones tan dispares en un medio

<sup>155</sup> UTM: 332085/3126485; altitud: 2.000 metros.

edáfico singular<sup>156</sup>. Por una parte se trataba de comprobar la conservación de oxalatos en el sustrato edáfico, ya que en muchas ocasiones resulta nula, al menos cuando no ha existido su transformación en pseudomorfos de calcita, y en otro caso hacerlo con las esquivas silicificaciones presentes en los tejidos aéreos de *Pinus canariensis*.

#### Aspectos relacionados con las partículas edáficas.

La inspección microscópica confirma la perspectiva macroscópica de la zona del perfil. Las partículas minerales, situadas en un rango entre 700-2  $\mu\text{m}$ , tienen en su mayoría aspecto de vidrio volcánico, de composición altamente silíceo, finas paredes y con abundantes vacuolas. Igualmente se detectan piroxenos de augita en buen estado de conservación, que indican la presencia de materiales volcánicos recientes. La escasez de fracciones finas es patente, corroborando la estimación de la granulometría de Guerra (2009) que indica un componente arenoso >70%, para el horizonte Ah/Bw, que entendemos debe ser el que mayor contenido en biomineralizaciones fósiles presenta.

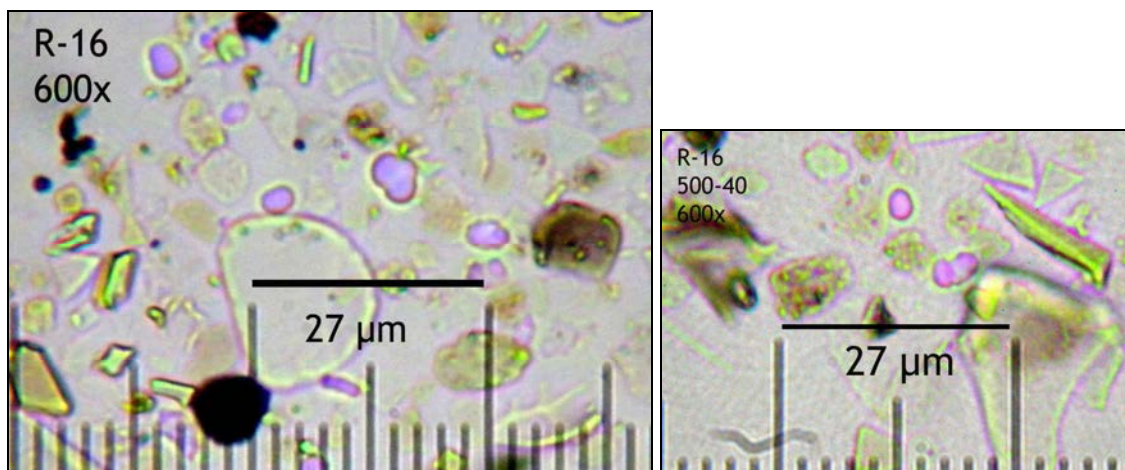


**Figura 613** Partícula mineral vacuolada (Izqda.) y biomineral silicificada. Ambas de tamaño enclavado en la fracción arena 200-50  $\mu\text{m}$ . 300x.

#### Análisis microfósil.

Si bien el estudio del suelo, con el fin de localizar microfósiles vegetales confirma la parquedad de su registro, éste aspecto no limita la importancia del mismo, dado que representa perfectamente las características de la zona donde se halla, tanto a nivel de partículas minerales como biominerales.

<sup>156</sup> Los suelos de esta zona de Tenerife, situados en la cota 2.000 metros representan condiciones climáticas, geológicas y biológicas muy específicas, netamente diferentes a los situados por debajo de dicha cota. Pero en especial nos referimos al situado por encima de la misma, en el dominio del retamar de cumbre, que se extiende —con variaciones— hasta unos 3.000 m.s.n.m., donde se sitúa el límite de dicha formación —aunque con concretas y aisladas excepciones— formado por la retama, el codeso y gran número de especies asociadas, entre ellas no pocos endemismos.



**Figura 614**, Silicificaciones globulares entre partículas de limo.  
**600x**

### Fitolitos

Las morfologías detectadas responden a varias tipologías de fitolitos no-*Poaceae*, en su gran mayoría. Dos de ellas son especialmente interesantes pues pueden asociarse a la descomposición de tejidos de coníferas locales, en especial de *Pinus*. La primera es sin duda la más abundante, fitolitos globulares de muy pequeño tamaño<sup>157</sup> (Promedio: 3,08 µm, Máx.: 4,32 µm; Mín.: 2,16 µm), tendencia esférica a subsférica y superficie lisa que, en algunos casos, pueden presentar resaltes aislados. Con todo ello pueden adscribirse a la morfología citada por Weiner & Albert (2001) como globulares lisos (globular psilate, ICPN 1.0).

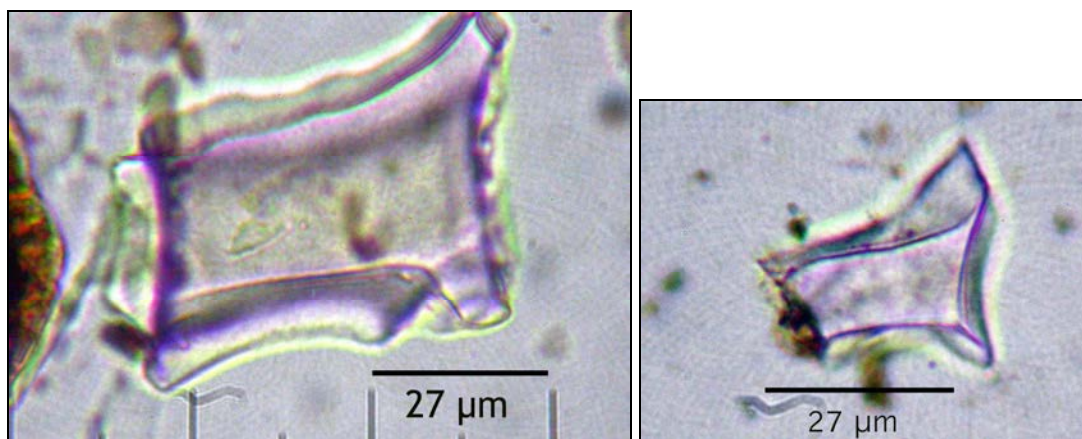
La siguiente tipología describe fitolitos de gran tamaño ( $\neq >50$  µm), configuración poliédrica y márgenes lisos (**Figura 613**), que puede asociarse a las descritas por Hodson *et al.* (1997) y Bozarth (1993) como “bloques poliédricos” (*blocky polyhedrons*) y que observan en *Picea mariana*. Se trata de silicificaciones muy similares a las que hemos detectado en el residuo neto silicificado (tras tratamiento *Dry ashing*) de tejidos de *Pinus canariensis*). En todo caso se trata de un tipo de fitolitos muy escaso, en comparación con las morfologías globulares anteriormente citadas.

Igualmente en las muestras del Perfil R-16 esta morfología se localiza en menor cuantía que las formas globulares, un aspecto que coincide con la relación existente en los propios tejidos de *Pinus canariensis*. Por el momento no parecen existir parámetros que impidan adscribir, los fitolitos de esta tipología detectados en R-16, a esta especie.

### Detección de parámetros propios de actividades antrópicas.

En este caso las únicas evidencias de actividad antrópica podrían ser los microcarbones que se observan en las preparaciones. Pero se trata aquí de un parámetro no exclusivo de las mismas, ya que la zona podría haber sido afectada en el pasado por incendios forestales.

<sup>157</sup> Calculados del morfométrico de 53 ejemplares a 1.500x.



**Figura 615** (Izqda.), Silicificación detectada en R-16, 600x + ajuste óptico. **Figura 616** (Drcha.) silicificación detectada en residuo silicificado de *Pinus canariensis*, 600x. J.A.

### Conclusiones

La detección de formas fitolíticas similares a las detectadas en *Pinus canariensis* corrobora al menos la posibilidad de caracterizar el sustrato edáfico también desde este parámetro, que no obstante podría tener un marcado aspecto paleoambiental, como igualmente lo poseen suelos desarrollados bajo procesos edafogénicos de muy largo desarrollo. Las características de este tipo de suelos, con bajos contenidos en fracciones finas (limos y arcillas) facilita la observación microscópica y por tanto la detección de microfósiles, en concreto los de base silicificada. Puede decirse que este tipo de sustratos posee la potencialidad de permitir identificar incluso especies vegetales con bajo nivel de silicificación.



Zona de realización del Perfil R-16. A.G.

## Capítulo Resultados 5-IV

### Contenidos:

- Caracterización parcial de Sedimentos de Chafarí Norte 3 (Estructura de combustión)
- Registro microfósil de Chafarí Norte 3
- Análisis microscópico de industrias cerámicas y líticas de Las Cañadas del Teide.
- Restos bioantropológicos.
- Heces fecales de herbívoros actuales.

## Caracterización parcial de sedimentos de la estructura de combustión de Chafarí Norte 3 (CH-N3).

### Antecedentes.

Todos los trabajos realizados de forma directa en el yacimiento Chafarí Norte 3, primero mediante campañas arqueológicas (prospecciones y excavaciones), y luego como analíticas, estudios específicos y lecturas asociadas a los mismos, ya aportan datos sustanciales sobre algunas de sus características sedimentológicas, tanto las de la estructura habitacional de la planta de cabaña denominada Chafarí Norte 3, como la de combustión localizada en la zona central de la misma (Machado & Galván, 1998; Machado, 1999; Soler *et al.*, 1992-93; Hernández, 2006). Desde los mencionados trabajos, se caracterizó el relleno de sedimento arqueológico de CH-N3 como homogéneo, con predominio de las fracciones arenas y limos y presencia de carbonatos (Machado & Galván, 1998). Con más detalle aborda Hernández (2006) la descripción macroscópica y sedimentológica del mismo, basándose en el trabajo llevado a cabo por Febles<sup>1</sup> (1994), que lo califica como un sedimento de fracción muy fina, deposición prácticamente horizontal, suelto y formado por dos grupos diferenciados. En el primero de ellos dominarían las fracciones de las arenas finas y los limos, en ambos casos subangulosos. El origen de la acumulación de estas partículas estaría asociado a la sequedad ambiental y la acción del viento, mayoritariamente de componente NE<sup>2</sup>. No obstante, la importancia de ambos parámetros aconseja —a la luz de los nuevos datos que aportamos— dedicarles epígrafes concretos para tratarlos con más detalle<sup>3</sup>.

El segundo grupo establecido por Febles, que tendría una incidencia menor, estaría formado por arenas gruesas y limos claramente angulosos, que no serían el resultado de ningún tipo de transporte, sino en este caso derivados de procesos de termoclastia y microgelifración sobre los materiales parentales locales (rocas adyacentes). En función de todos esos datos, se puntualiza que el conjunto parece presentar una estructura masiva, aunque con formación de ripples actuales en superficie. La calificación de la textura fue como eminentemente arenosa, apreciándose una importante selección del

---

<sup>1</sup> No se especifica la cita bibliográfica completa.

<sup>2</sup> Con respecto a la dirección del viento en la zona y atendiendo a observaciones de campo y trabajos específicos, al respecto de acumulaciones eólicas (Criado *et al.*), cabría plantear también la incidencia de corrientes eólicas con otro componente, especialmente del SW. Dirección de la que habitualmente provienen los flujos cargados de humedad en esta vertiente de Las Cañadas, dando lugar a abundantes precipitaciones, que entre otras zonas afecta al Barranco de La Arena, Valle de Chafarí y Llano de Uanca, adentrándose hacia el escarpe central hasta Montaña Guajara y Cañada del Capricho.

<sup>3</sup> Desde los planteamientos, objetivos y resultados de la aproximación metodológica que supone esta Tesis, parece posible acceder a esas temáticas —también fundamentales para reconocer posibles patrones en la dinámica de los registros microfósiles— mediante el estudio de la fracción granulométrica mayormente implicada en los procesos de erosión eólica: los limos. A cuyo estudio pormenorizado sí podemos acceder, ya que su estimación es uno de los parámetros contemplados como de fundamental importancia paleoambiental.



grano, asociada a la escasa actividad del viento como agente de transporte (Hernández, 2006).

La potencia del relleno sedimentario se estimó entre 28 y 36 cm., lo que permitió establecer 7 tallas arqueológicas artificiales de 5 cm. de profundidad. En función de las características arqueológicas de las mismas, se consideró que de la 4 a la 7 se trataba de niveles pertenecientes a época aborígen y de la 1 a la 3 de época histórica (Machado & Galván, 1998; Hernández, 2006).

Por su parte la estructura de combustión, de la que proceden las muestras de sedimento analizadas en esta Tesis, se localizó en la zona central de CH-N3, a unos 18 cm. de la superficie y coincidiendo con el levantamiento 4. El relleno de su cubeta, de unos 16 cm. de potencia, estaba colmatado por cenizas blanquecinas entre las que se recuperaron abundantes y distintos tipos de industrias y fauna. Todo ello permitió interpretar que se estaba ante una estructura polifuncional (Hernández, 2006), que igualmente creemos puede asociarse al propio carácter del espacio habitacional de CH-N3 y modelo de ocupación aborígen de esos momentos<sup>4</sup>.

Dentro de las características del sustrato arqueológico procedente de la estructura de combustión de CH-N3, se han destacado las importantes concentraciones de nódulos carbonatados, que en algunos casos alcanzaban un tamaño de 5 cm. La interpretación dada a estos nódulos, es que serían el resultado de la concentración del calcio existente en la pared celular de plantas leñosas, como las empleadas como combustible en el hogar de CH-N3 (Hernández, 2006), para lo cual obviamente tendrían que haber alcanzado el punto de calcinación. Desde la perspectiva de un trabajo con fitolitos, habría que plantear algunas consideraciones al respecto, ya que a nivel de biomineralizaciones vegetales debe aclararse el origen de tales carbonatos, pese a que la explicación más lógica, dada al mismo, sea en este caso la más acertada. Es decir, que debe introducirse la cuestión de determinar si las plantas empleadas como combustible generaron directamente carbonatos o —como bien indica Hernández (2006)— partículas de calcio que terminaron transformadas en carbonatos. Porque tal afirmación debe corroborarse atendiendo a la producción vegetal, en biomineralizaciones de carbonato cálcico y/u oxalatos de calcio, de las plantas empleadas como combustible.

La matización, pese a que como se verá confluyen en este caso en el mismo punto, proviene de los propios procesos de biomineralización en los vegetales, que en unos casos (cuando no es sílice) es carbonato cálcico —menos representados en el reino vegetal—, ya que en la mayoría de las ocasiones las producciones biominerales son en forma de oxalatos de calcio (Simkiss & Wilbur, 1989). Antes de realizar un análisis de fitolitos y obviamente ante la afirmación arqueológica previa de estar ante el primero de los casos, se debe como mínimo afrontar la comprobación de que las plantas calcinadas en la estructura de combustión de CH-N3 pudieran producir

---

<sup>4</sup> El estudio paleomagnético realizado por Soler *et al.* (1992-93) para dicha estructura de combustión proporciona dos fechas diferentes, que permiten distinguir dos momentos en su utilización. La más antigua, que dataría la misma base del hogar, se situaría en torno al siglo XIII d.C., mientras que la más reciente —asociada a los últimos encendidos del mismo— se situaría hacia el siglo XVI d.C.

carbonatos de forma primaria, dado que estos deben diferenciarse –por motivos arqueobotánicos– de los que lo son por derivación de la combustión de oxalatos de calcio y su transformación en pseudomorfos de calcita. Cuestión que aunque poco probable, debía confirmarse mediante la valoración del propio registro microfósil y las plantas del entorno. De tal forma que debía evaluarse con ello el potencial en carbonatos en las plantas que pudieron servir de combustible, y que sin duda fueron captadas en una extensión variable –también cronológicamente hablando– del entorno del yacimiento. Asumiendo las lecturas propuestas al respecto por Machado & Galván (1997) y Machado (1998) dicha extensión (sin entrar en la cuestión territorial) abarcaría los alrededores del Valle de Chafarí, poblado por un matorral de cumbre disperso, alcanzando –los límites de dicha formación– la de pinar. Que en principio serían las existentes hacia el suroeste (entalladura de Boca Tauce) y el oeste-noroeste (vertiente sur de Montaña del Cedro y Chavao), en incluso hacia la zona alta del Monte de Chío.

Puede afirmarse que tales concentraciones de calcio provienen precisamente de los oxalatos presentes en los tejidos leñosos de gimnospermas y dicotiledóneas, pero solamente tras descartar que éstas no derivan de la deposición de tejidos vegetales con contenidos en carbonato cálcico. Ya que unos y otros grupos vegetales –productores de carbonatos y de oxalatos– son por lo general muy diferentes. Y atendiendo al conocimiento disponible al respecto, las concentraciones de calcio provendrían –en el caso de las dicotiledóneas (prob. leguminosas)– de los vasos del xilema existente en la madera de las mismas. Mientras que en el caso de las gimnospermas lo harían, como ya se ha citado acertadamente, de su pared celular. Sin embargo, la complejidad de este aspecto ha aconsejado atenderle con mayor profundidad, tanto al origen como cuantificación de los carbonatos presentes en la estructura de combustión, por ello es ese apartado donde se retoma tal cuestión.

### **Suelos y sedimentos del Valle de Chafarí.**

Como se ha planteado con algo más de detalle en un apartado anterior, sobre las características de los suelos de esta zona de Las Cañadas, debo matizar que la relación que se pretende establecer entre los suelos y los sedimentos arqueológicos del yacimiento CH-N3 parte de la apreciación directa del contenido edáfico de los mismos, en este caso de los pertenecientes a la estructura de combustión. De tal forma que no pueden aislarse tampoco las interpretaciones sobre ésta con respecto al contexto edáfico, ya que en la zona existen dinámicos mecanismos que no sólo involucran los de erosión, transporte y sedimentación –de origen eólico como hídrico– sino también de acción atmosférica que, como la crioclastia, suponen procesos que superan a los de naturaleza química en incidencia.

De este modo, desde una hipótesis inicial que parte de la observación directa de la tipología de los sedimentos de la estructura de CH-N3, las analíticas –tanto de fracciones granulométricas como de carbonatos y microfósiles– tendrían que ayudarnos a dirimir en qué medida dichos sedimentos contienen elementos propios de una estructura de combustión y cómo se encuentran influenciados por el contexto edáfico. Cuestión, si se quiere más relevante, al tratarse de valorar métodos y conjuntos microfósiles en la ampliación del conocimiento, ya existente, sobre el funcionamiento del

yacimiento CH-N3. Así como del contexto ambiental donde se encuentra enclavado, en una secuencia cronológica ya acotada previamente (Soler *et al.*, 1992).

Por ello los materiales edáficos y sedimentarios que se desarrollan en la zona del Valle de Chafarí y Barranco de La Arena no pueden aislarse tampoco de la disposición de los principales elementos del paisaje de esta zona de Las Cañadas, dispuestos de forma especial para potenciar o limitar el desarrollo de ambos tipos de materiales. Si seguimos a Martínez & Quirantes (1981) dichos elementos paisajísticos serían:

1. Bordes de colada de Teide y Pico Viejo.
2. Llanos endorreicos.
3. Lavas pahoehoe de Pico Viejo
4. Depósito torrencial.

A dicha suma de aspectos geomorfológicos hay que sumar la presencia de varias elevaciones de consideración que, a nuestro parecer, potencian las escorrentías hacia el Barranco de La Arena y Valle de Chafarí, como son los dos aparatos cratéricos menores del Volcán de La Corona y La Coronita. Y es que ambas zonas parecen generar un importante aporte endorreico y torrencial que —en unión de los depósitos eólicos en menor proporción— poseen condiciones propias de ambientes sedimentarios. Componente éste que involucra la creación de suelos y sedimentos, entendiendo los últimos como materiales que no presentan características edáficas y en concreto horizontes constituyentes y diferenciados. Ya que como ocurre bajo los poco pronunciados escarpes del Barranco de La Arena, se trata de acumulaciones de arena.

Mientras que en el caso de los suelos, la génesis también de origen torrencial, endorreico y sedimentario ha adquirido relevancia en extensión y profundidad, presentando un ambiente propicio para el desarrollo de suelos poco evolucionados, donde priman los procesos meteóricos frente a los químicos. No obstante, las condiciones de algunos de estos llanos, o fondos de cañada con paquetes edáficos, llegan a propiciar suelos con propiedades ándicas, como en el caso de Llano de Maja (Andosol vítrico léptico, Guerra, 2009), frente a los umbrisoles de poco desarrollo (25-50 cm.) con horizontes Ah/Bw, presentes en zonas de retamar donde el material parental son coladas sálicas.

Desde una hipótesis de partida, la formación del Valle/Llano de Chafarí, puede considerarse la propia de una cuenca endorreica similar en naturaleza al Llano de Ucanca, aunque menor en extensión y potencia sedimentaria, que sin duda se constituye como la mayor de este tipo en Las Cañadas. La génesis de ambos llanos aluviales es hasta este punto similar, pero matizando que Chafarí no recibe, como aquél, el aporte de derrubios de ladera procedentes de los escarpes del Circo de Las Cañadas, lo cual sí se produce en Ucanca, ocasionando que éstos funcionen como principal material parental<sup>5</sup>. El

---

<sup>5</sup> Ciertamente las características de los derrubios de ladera que llegan a Ucanca deben ponerse en relación con especificidades del propio terreno, ya que es notable la distancia existente entre los andenes donde se depositan éstos, procedentes del escarpe superior, y la zona central del Llano. La dimensión y potencia de los paquetes edáficos existentes hoy en esta zona y derivados de este proceso, indican la entidad y

parámetro más similar entre ambos, con respecto a Chafarí, sería que aquí los materiales más semejantes serían los aportados por la desmantelación gradual de las coladas que lo delimitan, en gran medida del tipo pahoehoe (vertiente NO) pero también AA (vertiente SE). A los cuales hay que sumar los materiales aluviales arrastrados desde la vertiente de Pico Viejo donde se encuentran las elevaciones de La Corona y La Coronita.

Si atendemos a los estudios específicos sobre los suelos de Las Cañadas, entre los que pueden existir en el Llano de Ucanca, se han detectado algunos con características de Fluvisol háplico (eútrico arenoso), cuyos potentes horizontes Bw son de tipo mineral, formados en el interior del suelo (Guerra, 2009). En concreto a este tipo pertenece el suelo sobre el que se realizó un perfil en la zona central de dicho Llano, donde se detectó una potencia >150 cm. Y sobre el que se realizó, dada su importancia a nivel paleoambiental y arqueológica, un estudio preliminar de microfósiles vegetales en los tres horizontes que lo constituyen<sup>6</sup>.

Los sondeos llevados a cabo en Chafarí confirman que en algunas zonas el horizonte superficial puede ser muy homogéneo y potente, pudiendo llegar a presentar más de 40 cm. y estando constituido, en su mayoría, por arenas y elementos gruesos aislados (>10 cm.). Este sería el caso de los canales torrenciales que recorren el Valle/Llano desde su cota superior a la inferior, en la confluencia con el Barranco de La Arena. Tratándose probablemente de zonas por donde es habitual que circule el agua durante procesos de escorrentías y avenidas, de época otoñal e invernal, y que igualmente pueden resultar modificados cuando éstas adquieren especial virulencia.

Por su parte, el perfil realizado en la zona central del mismo Valle (Chafarí-I) permitió evidenciar la presencia de un paquete edáfico muy diferente al anterior, cuya única diferencia, con el resto del perfil, es una capa superficial (<5 cm.) de componente pedregoso y arenoso, y posterior desarrollo compacto y homogéneo hasta alcanzar los 45-50 cm. Los datos obtenidos y las interpretaciones dadas a los mismos, que en definitiva atienden a la naturaleza actual del Valle de Chafarí y permiten cierta evaluación sobre su génesis, creemos son fundamentales también para ser tenidos en cuenta a la hora de abordar el estudio de los sedimentos de la estructura de combustión de CH-N3<sup>7</sup>.

---

antigüedad de tales mecanismos su la formación. No obstante, el mencionado llano también debe ponerse en relación —en cuanto a su génesis edáfica— en los materiales parentales procedentes de los bordes de colada que le afectan en toda su vertiente norte y oeste, zonas donde los procesos formadores de suelo intervienen del mismo modo que ocurre en el Valle/Llano de Chafarí, incluso en algunas zonas también por la presencia de coladas de tipo Pahoehoe, aunque no en la medida que ocurre en el anterior (Roques de García).

<sup>6</sup> Ver Análisis del Perfil R-18, Llano de Ucanca.

<sup>7</sup> Aunque no disponemos de dataciones para las muestras de este perfil, podría plantearse —en base a su posible antigüedad— que sólo los niveles más superficiales podría corresponderse con los de CH-N3, un aspecto que puede evaluarse, al menos de forma relativa, comparando algunas de las propiedades edáficas que pueden compartir unos y otros. Como se verá, los resultados analíticos de los sedimentos pertenecientes a la estructura de combustión, indican que en su mayor parte están

### Sedimentos arqueológicos del Valle de Chafarí.

La afirmación de que no podemos entender la formación de sedimentos arqueológicos sin hacerlo con la procedente de los suelos contextuales, cobra en este yacimiento especial relevancia. Y lo es porque el medioambiente zonal, caracterizado por el dinamismo propio de sustratos arenosos, ha colaborado también en la creación de lo que es el paquete sedimentario de CH-N3. Desde tal obviedad, parece acertado plantear aquí que, en realidad lo verdaderamente relevante es poder llegar a discriminar en qué grado (espacial, de composición, registro microfósiles, etc.) el sedimento se diferencia del suelo natural de la zona. Dado que no conocemos si en un futuro se acometerán trabajos de tipo micromorfológico<sup>8</sup>, o derivados de los mismos, sobre la zona del hogar de CH-N3, que sin duda aportarían sustanciales datos acerca de la cuestión que estamos planteando, la nuestra puede considerarse una mínima contribución al conocimiento del yacimiento, pero, sobre todo, estudiándolo en su contexto de acogida. El estudio paralelo de suelos y vegetación del entorno, muestra que aun existe información contextual que puede ser aplicada en estudio del Valle de Chafarí como marco espacial donde se ha desarrollado una fundamental secuencia histórica de Tenerife.

Como otros investigadores ya han planteado, acerca de la captación de recursos vegetales desde este enclave (Machado y Galván, 1998; Hernández, 2006), el hábitat estacional de Chafarí actuó sin duda como campo base de diversas actividades que quedaron reflejadas en sus sedimentos, en los de su/s estructura/s de combustión y no sólo en los contextuales a ésta. Y el ambiente también colaboró en que fueran unas y no otras las características de tales sedimentos. Por ello su estudio microscópico, dada la singularidad arqueológica que representan, debe ejecutarse con sumo detalle. Porque quizás esos sedimentos contengan información que otros estudios no han detectado aun, y cuya recuperación supone rescatar datos que ampliarán el conocimiento de las actividades de estos grupos humanos, de estos hombres y mujeres pertenecientes a una sociedad que sólo mediante ese “cuidado metodológico” podemos conocer.

Hasta entonces el abordaje de dicha cuestión discriminadora, resulta —desde el análisis microfósil— extremadamente complejo<sup>9</sup>. Y es en el caso del

---

constituidos por partículas minerales, en proporción variable, pero muy semejante a los del contexto edáfico inmediato, lo cual pese a ser una obviedad, debía ser valorada de forma específica.

<sup>8</sup> Que por su grado de detalle micro-estratigráfico permite lecturas de alta definición.

<sup>9</sup> Las matizaciones al respecto pasan por profundizar en la cuestión enunciada por Hernández (2006) sobre la necesidad de poner de manifiesto —ante los restos arqueológicos— la dinámica de funcionamiento de una comunidad local en tiempo y espacio, superando cualquier percepción valorativa del grado de desarrollo de una sociedad, o el mero reconocimiento de evidencias arqueológicas. Comparto la opinión de trascender —desde el registro arqueológico— el mero hecho de identificar, clasificar y someramente enclavar cronológicamente las evidencias materiales dejadas por un grupo humano, investido éste sin duda de la categoría de comunidad local también en el caso de CH-N3. Pero la opción tomada en esta Tesis —precisamente por reconocer el grado de profundización alcanzado por otras investigaciones al respecto— es la de centrarnos en el análisis microarqueológico de forma preliminar, aunque intentando

registro microscópico que ese tipo de estudios requiere donde quizá las posibilidades aumentan en sentido explicativo e interpretativo, aunque no sin pocos ajustes metodológicos que deben ajustarse para ello<sup>10</sup>. En todo caso un sustrato que ha funcionado como soporte natural para diversas actividades humanas —especialmente en un espacio reducido— como es una planta de cabaña, con o sin espacios anexos más o menos amplios, contiene siempre evidencias directas de dichas actividades. Pero éstas, como ocurre en otros contextos similares de la prehistoria, pueden resultar inicialmente esquivas si no se razona previamente el método de encaminado a su aislamiento y estudio. En ese sentido quizás haya sido muy acertada la opción planteada en el Análisis Microfósil de inspeccionar separadamente las partículas que integran el sedimento de forma integral (muestra sin alterar y bajo observación directa) y éstas tras sufrir todo el proceso de tratamiento y preparación propio de un análisis de microfósiles vegetales.

Partimos de la base de que los sedimentos de la estructura de combustión son una suma de partículas, donde priman las derivadas de su propio funcionamiento como tal, y a las que se añaden —durante el transcurso de la formación de depósitos de combustión— partículas edáficas del entorno. De tal modo que el conjunto de ceniza, carbón y restos parcialmente carbonizados se deposita ya sobre un sustrato preexistente, natural o ya alterado por anteriores depósitos de combustión. Cuando cesa la actividad y probablemente durante la misma, el material contextual (suelos y sedimentos más o menos alterados previamente) pasa a mezclarse o cubrir el depósito correspondiente a la propia estructura de combustión.

Por ello se ha hecho necesario proceder con cautela antes y durante la realización del estudio microfósil en ese tipo de sedimentos, en especial cuando deben contener restos de materias primas, como tejidos y/o productos vegetales, empleados como combustible. Pero entendiendo que

---

siempre distinguir la huella antrópica, y sobre todo...su significación. No obstante, el objetivo de ofrecer otra interpretación sobre los aborígenes en Las Cañadas siempre está presente, pese a que quizá lo realmente expuesto en esta Tesis sea un conjunto de enfoques y prácticas analíticas ciertamente sometidos a examen experimental. Pero que en definitiva únicamente buscan poner de manifiesto las relaciones existentes entre los aborígenes —y las comunidades locales en *modo desplazado* que funcionaron sin duda en Las Cañadas— y el medioambiente, el vegetal y el edáfico, porque sin duda en ellos igualmente se encuentran las claves de definir —en una suma de aportaciones arqueológicas al conocimiento histórico y ecológico— quienes fueron y porqué fueron los guanches a Las Cañadas del Teide.

<sup>10</sup> Efectivamente el estudio de microfósiles de este yacimiento pone de manifiesto que, aun con la existencia de protocolos estandarizados para la extracción de fitolitos — como el propuesto por Piperno (2006)— las características de los conjuntos de determinadas zonas, como ejemplifican perfectamente los de Chafarí, requieren de métodos que puedan abordar la complejidad de los mismos, donde los fitolitos de sílice pasan a ser sólo una parte del conjunto global, protagonizado más por microfósiles de base no-silíceas que silicificadas. Entonces la aplicación de protocolos como el enunciado por Pinilla & Bustillo (1997) y sobre todo por Coil *et al.* (2005) parecen ser los más acertados. Y especialmente al último deberá acudirse para valorar, en su justa medida, la preeminencia arqueobotánica de los microfósiles de base carbonatada sobre los silíceos.

también podrían existir de tipo alimenticio, como de plantas comestibles llegadas a esa zona, en principio acarreadas desde las zonas de habitación, situadas en medianías y costa. La aplicación metodológica seguida con los sedimentos de CH-N3 plantea por ello una limitada pero completamente dirigida caracterización de sus sedimentos, basada en la estimación de la materia orgánica oxidable (Corgánico), de carbonatos y fracciones granulométricas, ya que hemos entendido que nos permite complementar y conocer mejor los registros microfósiles de un determinado horizonte/nivel/estrato. El conocimiento de esos parámetros trasciende a la evidencia arqueológica, aportando incluso —de forma directa y otras veces indirectamente— información sobre los procesos que han acontecido antes y después de la deposición de tales evidencias. Que en el caso de los microfósiles vegetales sigue aportando información al conocimiento ya existente, pero atendiendo a grupos vegetales no tan representados en anteriores estudios, como los de tipo paleoantracológico. Como veremos en contenido-objetivo y su contexto —ahora también contemplado como parte de un corpus explicativo— se ha puesto de manifiesto que sedimentos arqueológicos y suelos se encuentran, especialmente en este contexto, vinculados por parámetros propios de la matriz de unos y otros.

#### **Muestras empleadas para la valoración de sedimentos.**

Pese a que sólo el análisis de todas las muestras pertenecientes a la estructura de combustión puede aportar una visión de conjunto sobre las características sedimentológicas del sustrato arqueológico de Chafarí, las limitaciones en la cantidad de muestra empleada para el estudio de microfósiles vegetales<sup>11</sup>, reduce la precisión de los datos obtenidos. Especialmente sobre aspectos como las fracciones granulométricas y los contenidos en materia orgánica y carbonatos. Por ello, para obtener datos que permitieran caracterizar los procedentes de la estructura de combustión, se llevó a cabo una analítica específica, que atendiera a ese criterio, sobre una selección de muestras procedentes de esta zona, o muy cercanas a la misma. Dicha selección incluye una muestra tomada en la superficie actual de los suelos cercanos a la zona del yacimiento, no vinculada directamente al paquete estratigráfico arqueológico. E igualmente —para comprobar similitudes y diferencias— pueden compararse sus características con las de otras muestras edáficas, más o menos superficiales, de la zona, como las correspondientes al sondeo CH-ME-1 del margen sureste del valle, la correspondiente a la profundidad 0-3 cm. del perfil CH-1 y al horizonte edáfico superior del perfil BLACH-1, que en éste último caso presenta, en función de la nuestra hipótesis sobre el material parental de parte de la zona del Barranco de la Arena, un nivel de lahar/*surge*.

En el caso específico de la muestra edáfica que fue analizada de forma conjunta entre las de CH-N3, su valor, como muestras representante del contexto edáfico actual, revierte en permitirnos comparar los valores obtenidos con los niveles claramente arqueológicos. El resto de este conjunto corresponde a muestras seleccionadas de cada levantamiento, hasta llegar al levantamiento 7, del que además se analiza una muestra del final del hogar. Así como otra correspondiente a la cuadrícula F-17, para comparar resultados.

---

<sup>11</sup> Que suele ser de 1 gr., tanto para fitolitos como para microalgas.

Otro conjunto de muestras analizadas, con el mismo fin, buscaba conocer las posibles diferencias granulométricas y de contenido en muestras de un mismo nivel. En este caso se escogieron sedimentos de varias zonas del levantamiento 5<sup>12</sup>, sumamente importante porque según las referencias, sobre el proceso de excavación (Hernández, 2006) se trataría del segundo levantamiento netamente aborígen, tras el levantamiento 4. Aunque en este caso las muestras analizadas presentaban un peso significativamente menor<sup>13</sup>, pero suficiente para el posterior análisis microfósil.

La tendencia analítica de todas ellas (4) resultó reveladora, permitiendo conocer las características de muestras procedentes del mismo levantamiento, pero distintas profundidades del mismo. Efectivamente, la similitud detectada, pese a serlo de forma preliminar, puso de manifiesto características ya señaladas anteriormente (Hernández, 2006), como que el sedimento analizado presentaba bajos contenidos en materia orgánica, moderados en carbonatos y un textura eminentemente arenosa, con escasa representación de las fracciones finas.

#### **Observaciones de campo.**

Pese a que forman parte de un conjunto de datos donde puede influir el aspecto subjetivo, el trabajo de campo en la zona del Valle de Chafarí y Barranco de la Arena ha permitido observar parámetros fundamentales para la contextualización de las analíticas sobre sedimentos, siguiendo siempre el objetivo de recuperar e interpretar sus registros microscópicos existentes en ellos, pero también buscando una familiarización con el paisaje circundante y geográfico. Intentando entender porqué ésta y no otra zona fue seleccionada para establecer un asentamiento temporal aborígen, cuya realidad ha debido quedar también plasmada en su suelo de ocupación y/o tránsito. Por ello las tareas realizadas han buscado responder a preguntas concretas y no tanto a una somera impresión visual sobre el contexto ambiental y arqueológico del Barranco de La Arena.

Una de esas preguntas ha sido clave para dar forma a una interpretación sobre el verdadero significado de esta cuenca en la prehistoria de Las Cañadas. Y lo es en cuanto a la cuestión del recurso hídrico real, el que podría permitir proveerse, a los grupos humanos emplazados por unos meses en el Valle de Chafarí, del agua necesaria para sobrevivir<sup>14</sup>. Pero ¿cómo evaluar en

---

<sup>12</sup> La mayoría de las muestras de sedimento del hogar pertenecen al levantamiento 5.

<sup>13</sup> Ya se ha comentado que el peso aconsejado para realizar estimaciones granulométricas no debe ser inferior a 5 gramos, de muestra seca a 105° C. Por tanto los datos obtenidos del tratamiento de 1 gr., aunque suficiente para un análisis microfósil (Albert, 2003, Com. Pers.; Bárcena, 2005, Com. Pers.; entre otros), deben tomarse como orientativos.

<sup>14</sup> Aunque se da por sentada la importancia del agua para una supervivencia en la zona, la realidad es que las características de la misma, con altas tasas de sequedad ambiental e insolación le otorga una calidad de elemento de primera necesidad, dado que el organismo humano en esas condiciones y a esa altitud, sufre un proceso irreversible de deshidratación que obliga a reponer líquidos constantemente, al menos si se quiere mantener un nivel de actividad similar al de cotas más bajas. Damos por hecho que al igual que hoy conocemos los efectos adversos de la deshidratación, los guanches también lo hacían, disponiendo de mecanismos de abastecimiento que aun nos son desconocidos, pero que sin duda existieron, a juzgar por lo continuado de su



la actualidad el potencial hídrico de una cuenca hidrográfica como ésta?, que observamos inactiva, sobre el terreno por el que discurre, la mayor parte del año. Ciertamente, en muchas ocasiones, incluso en otoño e invierno, su aspecto es el mismo que durante la primavera y el verano, salvo cuando los episodios de precipitación parecen cambiar drásticamente el paisaje, muchas veces de forma sorpresiva (Figura 617)<sup>15</sup>. El estudio de varias zonas del mismo, donde el cauce ofrece recodos y estrechamientos más acentuados, ha permitido detectar acumulaciones de materiales de gran tamaño, como piedras, ramas secas de vegetación local y fracciones granulométricas gruesas, que llegan —a modo de represa— a remansar las turbias aguas iniciales. Y que sin duda indican la existencia de episodios de avenidas, probablemente producidas por intensificaciones de precipitaciones de agua-nieve o agua en cortos periodos de tiempo (intensidad horaria), o bien por el deshielo de masas de nieve situadas en las estribaciones de Pico-Viejo, en cuya vertiente noroeste hemos situado el comienzo del cauce del Barranco de La Arena, a más de 2.500 m. de altitud.

En dichos procesos se han observado, en primer lugar, aspectos asociados a parámetros atmosféricos, que han sido tenidos en cuenta porque transforman el paisaje con inusitada rapidez, hasta el punto de dejarlo completamente desfigurado con respecto a la situación “normal”, o aquella propia de los meses más cálidos. Y son tales parámetros los que se encuentran asociados con periodos de fuertes vientos, precipitaciones abundantes y bajas temperaturas<sup>16</sup>. Con ocasión de situaciones como las creadas bajo influencia de las perturbaciones atlánticas, que entran en Las Cañadas por el SW, se pueden producir abundantes y constantes precipitaciones que terminan por activar la red hidrográfica local. La primera consecuencia observada —con la afectación por precipitación acumulada— es la generación de escorrentías de baja o moderada potencia, que producen el acarreo inmediato en suspensión de todas las fracciones finas (limos, arcillas y arenas 200-50  $\mu\text{m}$ ), e incluso en algunos casos gruesas (arenas >200  $\mu\text{m}$ )<sup>17</sup>.

---

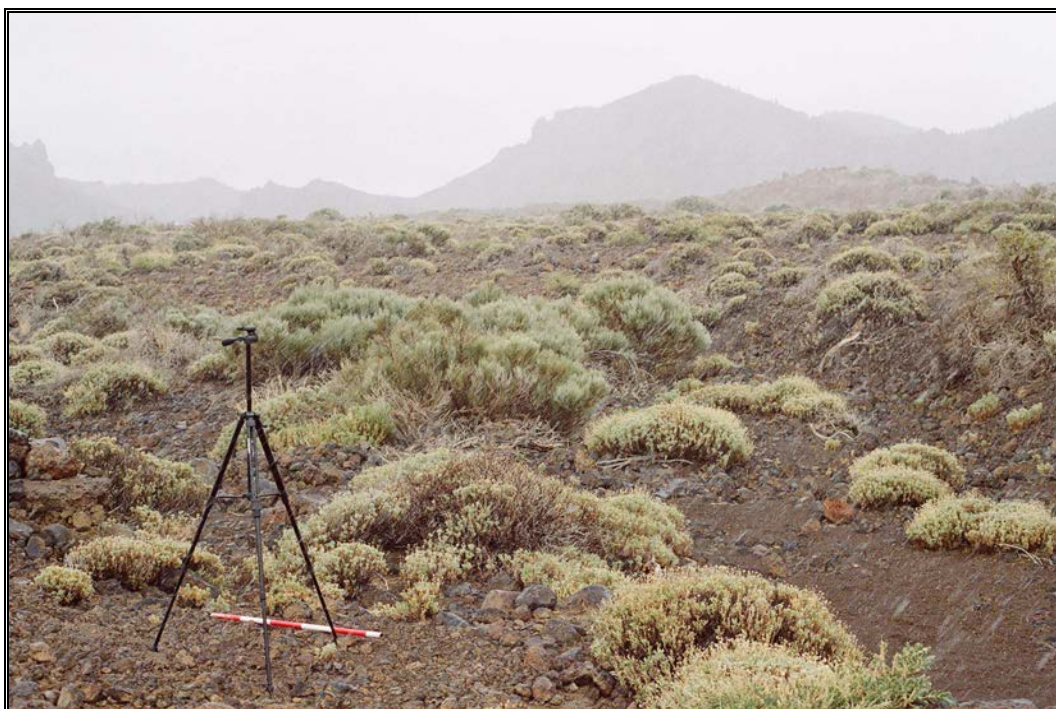
presencia en Las Cañadas, tal y como atestiguan los restos arqueológicos en la zona (Arnay, 2000; entre otros).

<sup>15</sup> Entonces comienzan a rellenarse huecos de las coladas pahoehoe, se humedecen suelos y sedimentos llegando, de mantenerse las precipitaciones, a transformar el ambiente y el paisaje, activando escorrentías en lugares a veces sorprendentes y que, de mantenerse en las cotas altas, terminan también haciéndolo con el cauce del Barranco de La Arena.

<sup>16</sup> Parámetros inusuales que acontecen con la llegada de perturbaciones atlánticas desde el SW. En tales circunstancias —de las cuales se han observado *in situ* sus efectos (2005-2010)— el paisaje cobra un aspecto más húmedo y desapacible que el resto de las ocasiones, observándose abundantes escorrentías y regueros, más evidentes en los pequeños cauces de la red hidrográfica local.

<sup>17</sup> Durante las observaciones realizadas entre los años 2000 y 2012, en ocasiones se han detectado fuertes modificaciones en el terreno del cauce del Barranco de La Arena, coincidiendo en algunos casos con episodios de fuertes y continuadas precipitaciones, que reactivan su cauce produciendo fuertes remociones de materiales gruesos (>20 cm), que son arrastrados en dirección a Boca de Tauce. Del mismo modo en la red hidrográfica subsidiaria del Valle de Chafarí se han detectado grandes acumulaciones de troncos y cantos gruesos, fruto de avenidas del mismo signo,

La siguiente causa de transformación es la temperatura, aunque desde principios de octubre pueden producirse heladas, independientemente de que se produzcan precipitaciones, el proceso de crioclastia es más acentuado cuando existe alta humedad edáfica, como ocurre tras los mencionados procesos de precipitación. Entonces el agua, en intersticios más o menos pequeños de suelos y materiales geológicos se hiela, ocasionando el conocido efecto de “cuña de hielo”, que dilata los materiales geológicos hasta que con la subida diaria de temperatura de deshielo ( $>0^{\circ}\text{C}$ ) ésta desaparece, produciendo el efecto contrario (contracción) y como consecuencia la fragmentación de materiales. En la zona que nos ocupa dicho proceso afecta también a los suelos, siendo perceptible la aparición de escarcha, en algunos años, hasta bien entrado el mes de mayo.



**Figura 617**, Episodio de precipitación, bajo la forma de aguanieve, durante las tareas de prospección invernal en el Barranco de La Arena. J.A.

El sustrato, afectado hasta unos pocos centímetros debajo de la superficie, adquiere entonces un aspecto esponjoso, quebradizo y con signos visibles de formación de cristales de hielo. Durante el día las zonas afectadas por la helada nocturna son claramente perceptibles, tanto por el aspecto esponjoso del sustrato superficial (**Figura 618**) como por la mancha de humedad producida por el deshielo de la superficie, circunstancia que muchas veces va aparejada al desarrollo de vegetación, beneficiada de la acumulación de agua en la misma. Este proceso, en materiales duros y menos consistentes como los paquetes edáficos y sedimentarios, obviamente tiene una clara e importante

---

aunque en este caso provenientes de cauces situados entre el Volcán de La Corona y La Coronita.

repercusión, también a nivel arqueológico, puesto que existe una remoción continua –a escala micro y macroscópica– al menos durante el periodo invernal que afecta a partículas minerales, fragmentos líticos y objetos de toda índole que se encuentren en dichos sustratos. Su repercusión, aunque aun no ha sido valorada explícitamente mediante trabajos específicos, es suficientemente importante como para entender que el dinamismo de suelos y sedimentos de Las Cañadas del Teide –como otros propios de contextos de alta montaña– es mucho más acentuado que en cotas más bajas.

Se trata en todo caso de un aspecto que ya ha sido evaluado de forma preliminar, permitiendo conocer el impacto de la acción hielo-deshielo en los materiales emitidos por los edificios volcánicos históricos, situados en la cota afectada por la isobara de 0° (isocero), que como Las Narices del Teide, o Chahorra, se encuentran en el dominio de alta montaña fría y semiárida de Tenerife, sujetos por tanto a la acción del hielo (Beltrán, 2000). En la dinámica del ciclo se une, al efecto de las heladas nocturnas, la existencia de humedad en la superficie del terreno durante el invierno y primavera, a parte del posible manto nival en determinados años. Todo ello ha permitido detectar formas periglaciares, revestidas de la importancia de desarrollarse en una alta montaña subtropical (Morales *et al.* 1997; Höllerman, 1997; Martínez & Quirantes, 1981; entre otros).

La evaluación llevada a cabo por Beltrán (2000), para el seguimiento de diversos procesos relacionados con el dinamismo de la alta montaña tinerfeña<sup>18</sup>, consistió en delimitar parcelas que permitieran cuantificar la intensidad modeladora del periglaciario sobre los materiales mencionados. Para ello se hincaron una serie de varas de madera en campos de lapilli a profundidades de 5, 10 y 20 cm. Los resultados indicaron que las situadas a 5 cm. se elevaron 1 cm. en el plazo de un año, mientras los de 10 y 20 cm. no experimentaron desplazamiento alguno. De tal modo que sólo la delgada capa superficial de 5 cm. fue la que resultó alterada por los cambios de volumen asociados a la formación de hielo. Por su parte en las parcelas situadas en Chahorra, se registraron movimientos horizontales de 12 cm. al año, lo cual asocia la afectación de dicho proceso a la estabilidad de los materiales en superficie, mucho menos elevada en esa zona de Las Cañadas.

Pese a que no entraremos en esta Tesis a valorar el efecto de este hecho en el registro microfósil, parece acertado pensar que la congelación del suelo/sedimento ha sido también un proceso postdeposicional presente en las capas superiores del terreno del Valle de Chafarí, tal y como planteara Butzer (1989) para los sedimentos del yacimiento pleistocénico de Torralba (Soria, España). En todo caso dicho efecto no alcanzaría –en la actualidad– el dinamismo propio de condiciones de frío tan intenso como para generar el proceso convectivo que da lugar a los suelos poligonales (Chaline, 1982), aunque éstos ya han sido descritos para Las Cañadas del Teide (Martínez & Quirantes, 1981). Pero que se corresponderían con etapas climáticas muy

---

<sup>18</sup> Existe constancia de trabajos experimentales en curso, a nivel arqueológico, para conocer el impacto de tal dinamismo en materiales arqueológicos de la zona, con la creación de un registro arqueológico intencionado sobre el que se determinará su variación espacial en el tiempo (A. Rodríguez, 2007).

anteriores a las que involucran la ocupación prehistórica de esta zona de Tenerife.

En los aspectos climáticos —modificadores a efectos postdeposicionales— no puede dejar de mencionarse el efecto erosionador de las precipitaciones, y superando la obviedad del que producen los impactos de las gotas de lluvia en suelos y sedimentos, y quizás las menos agresivas formas de agua-nieve y nieve que, entre otras, puede ser de tipo granulado<sup>19</sup>.

Aunque a nivel microfósil desconocemos la incidencia de este tipo de mecanismos de alteración, sin duda éstos existen, colaborando al menos en la alteración de los horizontes/niveles superficiales de suelos y sedimentos. En ese sentido, como ya hemos adelantado, un parámetro fundamental en esta zona<sup>20</sup> es el viento<sup>21</sup>, que no sólo actúa como agente modelador del paisaje, sino que se encuentra estrechamente relacionado con los conjuntos microfósiles pertenecientes a registros autóctonos edáficos y sedimentarios locales, a los que puede aportar componentes alóctonos. En estas apreciaciones cabe destacar igualmente los trabajos realizados por Criado *et al.* (2009) sobre depósitos de origen eólico en varias zonas de Las Cañadas, también en el circo occidental. Una de las apreciaciones de esos trabajos es la presencia, también en el Valle de Chafarí y en los suelos más expuestos a los agentes atmosféricos, de superficies despojadas de fracciones finas, con presencia de gravas y arenas, propias de pavimentos desérticos (*Stone pavement*).

Como veremos, los resultados de contenidos en materia orgánica y fracciones granulométricas parecen confirmar que los suelos y sedimentos de Chafarí fueron afectados por erosión eólica, ya que la cuenca donde se depositan ha funcionado como superficie de deflación. La exposición del valle y quizás menos la del yacimiento, por encontrarse parcialmente resguardado

---

<sup>19</sup> Se trata de un tipo de nieve común en la alta montaña de Tenerife, que llega a producirse —en circunstancias hoy excepcionales— incluso en medianías de algunas islas de Canarias, cuando se operan bajo especiales condiciones atmosféricas. Dicha precipitación se caracteriza por presentar gránulos de hielo de menos de 5 mm. de diámetro, en general más pequeños que el granizo y más grandes que los de nieve. Su impacto en los sustratos de Las Cañadas es muy evidente dado, que no presenta el aspecto esponjoso de otros tipos de nieve más habituales, sino formas más heladas que semejan a pequeños granos de hielo, y por ello mayor densidad y peso. Pese a no existir trabajos al respecto, una vez más las observaciones de campo nos proveen de las primeras impresiones, en este caso sobre el hecho de incidir en el comportamiento de los sustratos edáficos y arqueológicos de Las Cañadas. Los cuales una vez debemos ratificar como altamente dinámicos, tanto a nivel externo como interno.

<sup>20</sup> Debo llamar la atención sobre las diferencias que pueden existir en la realidad con el Valle de Chafarí, al que sin duda afectan unos parámetros ambientales muy concretos, sujetos a la topografía del lugar e incluso “lugares” dentro de la misma depresión. Se trata de aspectos que un análisis de microfósiles deben ser muy tenidos en cuenta, ya que afectan a los registros originales aportando materiales zonales pero no directamente vinculados con el microespacio del yacimiento y su estratigrafía. Por tanto las lecturas emitidas al respecto de los agentes que han podido intervenir en su génesis sedimentaria deben tomarse como globales, solamente extrapolables desde las zonas analizadas como referencia científica.

<sup>21</sup> E. Beltrán (Dpto. de Geografía, ULL), 2011, Com. Pers.

de las corrientes atmosféricas, se verían afectadas por éstas, con el consecuente arrastre de las partículas finas (<50 µm), primero las arcillas y luego los limos. Desde ahí podemos plantear una inferencia preliminar —al menos la vinculada a dicho proceso— que podría explicar el alto componente arenoso de la textura de suelos y sedimentos de la cuenca, pero quizás también la falta de parte del registro microfósil situado en ese rango de partículas. En ese sentido, pese a que el Valle de Chafarí funcionaría como cuenca receptora de las de origen biomineral, producidas laderas arriba (aunque con escasa cuantía), además de mantener las generadas por actividades antrópicas, éstas resultarían en parte trasladadas a otras cuencas junto con sus homónimas de naturaleza mineral (limos y arcillas).



**Figura 618**, Efecto posterior a la escarcha nocturna, en los primeros centímetros de suelo del Valle de Chafarí. J.A.

#### **Precauciones analíticas tomadas en función de lecturas anteriores.**

En función del objetivo de recuperar el máximo de información microfósil, las muestras tratadas con ese propósito no fueron tratadas con ácidos fuertes (HCl+HNO<sub>3</sub>), evitando con ello la eliminación de cualquier partícula biomineral de naturaleza no-silíceas, como oxalatos de calcio e incluso cristalizaciones de carbonato cálcico. Aunque, como se sabe, dicho proceder supone la no-neutralización de los carbonatos, y por tanto que estos actúen como persistente elemento cementante de la matriz sedimentaria.

El resultado de asumir tales precauciones, a logrado al menos corroborar que los registros de microfósiles del sedimento del hogar de CH-N3 no son todo lo explícitos que se esperaba, dado que el mismo protocolo fue empleado con otros materiales, ajenos al contexto de Las Cañadas, que sí lo eran. Como se muestra, a lo largo de las páginas que siguen, la complejidad de un contexto micro-arqueobotánico, basado en las especiales propiedades de la vegetación, de los suelos y de la propia actividad antrópica en el Valle

de Chafarí, llega a protagonizar cada paso del estudio de microfósiles vegetales.

#### **Muestras de suelos del Valle de Chafarí (contexto edáfico).**

De seguir los parámetros edafogénicos que habrían podido generarse en esta llanura, en especial de componente aluvial, como los que han dado forma a fondos de cañada como el Llano de Uanca, este suelo entraría dentro de la descripción de un Fluvisol háplico (éutrico, arenoso), desarrollado bajo las condiciones propias de un régimen hídrico Xérico y térmico de tipo Mésico (Guerra, 2009). Pero pese a que el Valle de Chafarí en superficie parece guardar similitudes con la cuenca de Uanca –tanto en condiciones ambientales como geográficas–, el seguimiento del particular proceso edafogénico de Chafarí nos ha llevado a plantear que, a diferencia de aquél, los suelos del Valle se han desarrollado a partir de un material parental definido como lahar<sup>22</sup> o tipo *surge*<sup>23</sup>, una capa arenosa y carbonatada que se encontraría a algo más de 50 cm. de la superficie actual, y que ha sido localizada estratigráficamente en el Perfil BLACH-1, bajo un paquete edáfico de semejante potencia. Además de en numerosos puntos del Barranco de La Arena e incluso del propio Valle de Chafarí. Esta capa, cuya utilización con fines de adecuación doméstica ha sido constatada en el propio yacimiento que nos ocupa (Hernández, 2006), tiene su origen en erupciones volcánicas –de naturaleza freatomagmática– del edificio volcánico de Pico Viejo.

Por el contrario en el suelo del Llano de Uanca (representado por el perfil R-18) dicha capa/costra arenosa carbonatada no se encuentra presente. Particular que creo debe destacarse, puesto que el resultado –en cuanto a comportamiento edáfico y biológico– podría ser sustancialmente diferente. Las características de los materiales existente en el Valle de Chafarí aconseja plantear que en la edafogénesis de sus suelos se ha producido la conjunción de dos tipos de materiales y procesos, uno de ellos netamente diferente a los presentes en Uanca, como son dichas capas/costras arenosas y carbonatadas, que unida a los de aporte aluvial, genera una edafogénesis mixta. Todo lo cual se traduce en el aporte de un nuevo aspecto, que vuelve los suelos caracterizados, por este aporte mixto, netamente diferentes a los que no lo tienen.

En todo caso aspectos básicos, como la cobertura en superficie, de composición granulométrica y vegetal, es muy similar, con predominio de fracciones gruesas y gravas en el primer caso y menos del 10% en el segundo (retamar). Los resultados acerca de estas muestras, que en este apartado son empleadas en algunos casos a modo comparativo con las de naturaleza arqueológica, son mostrados con más detalle en el apartado correspondiente a los suelos de esta zona. La hipótesis de que las características de dichos suelos pueden reflejarse parcialmente en el sedimento de la estructura de combustión de CH-N3, cobra paulatinamente fuerza a medida que se obtienen datos sobre su granulometría, tomada en esta Tesis como propiedad edáfica complementaria al estudio microfósil.

---

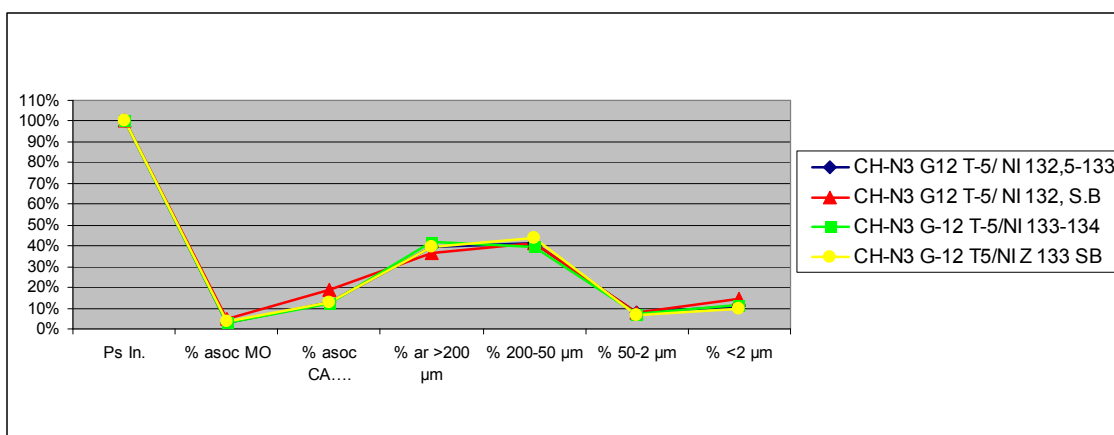
<sup>22</sup> Siguiendo los planteamientos del Dr. E. González (Facultad de Medicina,ULL), 2008, Com. Pers.

<sup>23</sup> Siguiendo las descripciones de materiales semejantes descritos para la zona alta de Pico Viejo por Carracedo *et al.* (2007).

### Caracterización preliminar.

Atendiendo a la importancia dada a los levantamientos arqueológicos considerados como de época aborigen (4, 5, 6 y 7), se tomaron varias muestras de varias profundidades del levantamiento 5, que fueron analizadas primeramente siguiendo un mismo protocolo, variando luego únicamente el reactivo ácido empleado para la neutralización de los carbonatos. En el primer caso, las muestras tratadas con un protocolo estándar, de extracción de fitolitos (ataque ácido con HCL+HNO<sub>3</sub>), los resultados indicaron una tendencia muy similar en las muestras analizadas, y lo fue tanto a nivel de contenidos en materia orgánica como de carbonatos y fracciones granulométricas (**Gráfico 113**).

La tendencia marcada por estas primeras analíticas confirman que los sedimentos del levantamiento 5 presentan bajos contenidos en materia orgánica (entre 3,12 y 4,61%), algo más de carbonatos (entre 12,22 y 18,82%) y sobre todo una granulometría caracterizada por la fracción arenas, con muy similares y altos contenidos de la fracción >200 µm (entre 41,99 y 36,34%) y la situada entre 200-50 µm (39,26 y 43,81%). Por su parte la fracción limo se sitúa entre 6,89 y 8,10%, mientras que las arcillas son ligeramente superiores a éstos, con valores entre 9,99 y 14,34%. Desde esos primeros datos, el sedimento de CH-N3 se reveló como complejo en dos aspectos, el primero de ellos por la escasa representación de los limos, donde la concentración de microfósiles debía ser muy alta para ser reconocible. Y el segundo por la presencia de carbonatos, cuya estimación inicial se comprobó empleando un reactivo ácido poco agresivo con los mismos, como es el acético glacial (CH<sub>3</sub>COOH), bajo la premisa de no eliminar los posibles microfósiles basados en oxalatos de calcio o por derivación en pseudomorfos de calcita.



**Gráfico 113**, Curva analítica acumulada, de cuatro muestras, de varias profundidades, del levantamiento 5 del hogar de CH-N3.

De tal modo que se abría una dificultad añadida: eliminar los carbonatos mediante reactivos con mayor acción neutralizante (HCl + HNO<sub>3</sub>) conllevaba destruir biomineralizaciones de interés arqueobotánico, en concreto las de composición no-silíceas, más abundantes en el contexto ambiental de CH-N3

que las de sílice<sup>24</sup>, como son los oxalatos de calcio de gimnospermas y leguminosas locales.

Resultaba especialmente preocupante la destrucción del registro microfósil derivado de su transformación —por efecto del calor— en pseudomorfos de calcita, así como los de base fosfatada, presentes en la leguminosa dominante en la vegetación de la vegetación actual: *Spartocytisus supranubius*, la retama del Teide<sup>25</sup>, que resultarían dañados o —más probablemente— eliminados. Por ello, tal y como ocurrió con el caso de la presencia de arcillas en el yacimiento grancañario de La Cerera, en esta ocasión también hubo que reajustar el método de intervención microfósil, para lograr cumplir ambos objetivos sin lesionar el principal: la valoración de los conjuntos microfósiles insertos en el sedimento de la estructura de combustión.

Desde una perspectiva paleoambiental, el comportamiento de estos sedimentos se encuentra directamente relacionado con el de la fracción arenas, y por tanto con un depósito más asociado al transporte por reptación y saltación que al eólico, aunque la energía aportada para ello tenga mayoritariamente ese componente, además del hídrico. Atendiendo a la naturaleza de la zona del Llano/Valle de Chafarí, con mayor seguridad sea la incidencia del agua la que mayor protagonismo tenga en la formación de paquetes arenosos zonales, al menos en lo que atañe a remociones sustanciales de materiales del entorno. Aunque de nuevo aquí, como sucede en toda la cuenca del Barranco de La Arena y sus respectivos ramales, la definición de la cuestión cronológica aun debe acentuarse sobre procesos que intuimos intensos durante el Cuaternario y que aun deben ser definidos en profundidad.

En todo caso, los resultados preliminares contemplados en la Gráfica 113, son precisos en cuanto al componente de la matriz sedimentaria, de clara

---

<sup>24</sup> Como en parte se expresa en el capítulo referente al contexto medioambiental de Las Cañadas del Teide —desde una perspectiva biomineral y microfósil— y de forma más detallada en el análisis pormenorizado de plantas como *Spartocytisus supranubius* o *Pinus canariensis*, las especies más características de esa zona de Tenerife no presentan alta producción de biomineralizaciones silíceas. Si bien es cierto que gramíneas como *Arrhenatherum calderae* o *Bromus tectorum*, ciperáceas como *Carex paniculata* o boragináceas como las varias especies del género *Echium*, e incluso compuestas como *Argyranthemum* y demás, sí lo presentan, lo cierto es que ojalá su representación en los sedimentos arqueológicos hubiese sido elevada. Sin embargo, como ya detalladamente se confirmó en los análisis antracológicos de Machado & Galván (1998) sobre los carbones de CH-N3, los grupos vegetales representados en los mismos no eran los mencionados, salvo el caso de las gramíneas sin identificar, donde no debe descartarse *A. calderae*. El grupo de las leguminosas, la triada de alta montaña compuesta por *Spartocytisus-Adenocarpus-Chamaecytisus*, no ha resultado poseer una alta, siquiera moderada, capacidad para sintetizar sílice. Y en aquellas silicificaciones que sí han resultado desarrollar, el caso más constatable son bajo la forma de elementos traqueales, se trata de morfologías redundantes entre especies, aunque quizás con mayor capacidad de definición taxonómica en *S. supranubius*.

<sup>25</sup> Como se expresa en el apartado correspondiente al Análisis de las Plantas Patronas (Capítulo Resultados, 5-I), las analíticas realizadas sobre los tejidos de *Spartocytisus supranubius* confirmaron la presencia de biomineralizaciones de fosfato cálcico en los tejidos foliares (tallos fotosintéticos) de esta planta.



naturaleza arenosa y baja proporción de limos y de arcillas, incluso matizando que en ambas fracciones van incluidos los volúmenes correspondientes a las partículas biominerales depositadas entre las de origen mineral, y que conjuntamente integran el sedimento de la estructura de combustión. Aunque en esta Tesis no puede abordarse la discriminación entre sílice biomineral y mineral, existe plena seguridad en que la fracción limo como tal, excluyendo las partículas con esas tallas pero origen biogénico, restringen aun más el porcentaje de la fracción propiamente limosa. Y por lo que suele significar a escala paleoambiental, su escasa representación solamente apunta hacia un homónimo depósito de origen eólico, pero mayoritariamente autóctono<sup>26</sup>.

#### **Reacción del sedimento (pH).**

La prueba de acidez o alcalinidad del sedimento, expresada mediante el pH del mismo<sup>27</sup>, indica un comportamiento químico diferencial en el conjunto de muestras seleccionado, correspondiente a diferentes levantamientos de una misma cuadrícula. Los valores máximo y mínimo ya indican este hecho, situándose entre 8,56 y 5,66 respectivamente, polarizándose entre los niveles considerados aborígenes e históricos, también respectivamente.

En detalle destaca, primeramente, los valores moderadamente ácidos que reflejan las muestras correspondientes a las tallas 2, 3 y 4, tendencia que se incrementa de forma brusca en el talla 5, donde se alcanza la neutralidad y posteriormente una moderada e incluso moderada alcalinidad, con un valor 8,56 en la muestra correspondiente al centro del hogar (Talla 7). Sin duda las diferencias aquí pueden relacionarse en parte con aspectos funcionales, como ciertamente ocurre con los contenidos en carbonatos. En definitiva, puede afirmarse que tres de las muestras (las pertenecientes a los levantamientos más modernos) presentan valores ácidos, pasando a ser neutros, alcalinos o altamente alcalinos en el resto (4 muestras). Por su parte, el valor obtenido en la capa superficial de suelo del Valle de Chafarí cercano al yacimiento, indica un componente ligeramente ácido (**Gráfico 114**).

Podría plantearse que esta marcada diferencia de pH entre muestras no es casual, sino que únicamente responde a las concretas características de los sedimentos, entre ellas a su mayor o menor contenido en carbonatos, dado que entre ambos parámetros existe, por lo general, una estrecha relación (Marín, 2003). De tal modo que no pueden esperarse valores ácidos allí donde el sedimento/suelo contiene carbonatos<sup>28</sup>. En este caso también dicha

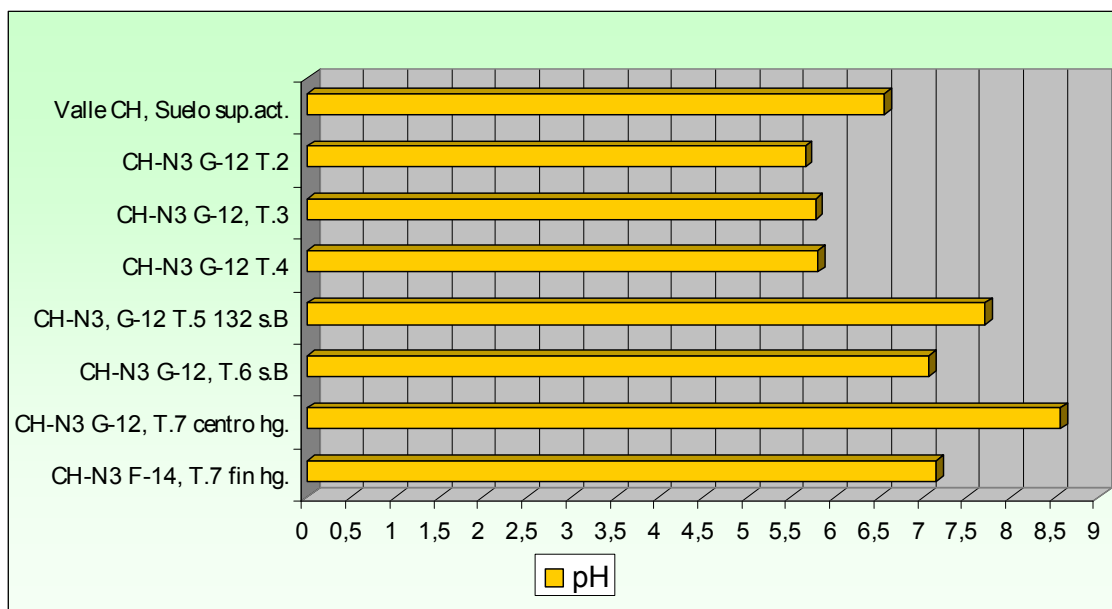
---

<sup>26</sup> Como ocurre en otros contextos de Las Cañadas, el hecho de disponer de conocimiento empírico adquirido sobre materiales y posibles condiciones para el desarrollo de determinados organismos, limita la lectura sobre el origen alóctono de buena parte de los registros microscópicos. No obstante, se trata de un tema que aun debe ser abordado con objetivos concretos. Aunque dicho factor ha sido tomado en cuenta, los datos obtenidos indican que al menos una parte del registro no se vincula a tal proceso.

<sup>27</sup> Realizada en suspensión y agitación por M. Garín (Dpto. de Edafología y Geología, ULL).

<sup>28</sup> Como se cita en varios apartados de esta Tesis, la cuestión de la valoración del pH actual y los carbonatos, como pruebas para abordar cuestiones arqueológicas de cierta antigüedad, genera contradicciones. Al menos cuando se introducen criterios de valoración que no atienden a los cambios acaecidos también a escala sedimentológica

relación parece comprobarse, ya que las muestras que presentan pH más alcalino (CH-N3, G-12, T.5 y T.7) se corresponden con aquellas donde se detectan una mayor proporción de carbonatos, cercana al 25% (Gráfico 118). Por lo que parece aconsejable atender a dicha relación en todas las muestras, cuestión que es de nuevo abordada tras la presentación de los valores asociados al %CaCO<sub>3</sub>.



**Gráfico 114.** Valores de pH en la selección de muestras de CH-N3.

Al igual que sucede en el resto de parámetros, el objetivo prioritario de esta investigación —basado en el análisis de microfósiles como herramienta explicativa— puede ser puesto en relación, estableciendo en este caso la existente entre ese tipo de registros y los valores de pH. Ya que como han especificado varios autores, tanto para la sílice amorfa en suelos (Iller, 1979; entre otros), como en sedimentos arqueológicos (Albert *et al.*, 1999; entre otros) e incluso marinos, en función de la profundidad (Simkiss & Wilbur, 1989), las partículas basadas en SiO<sub>2</sub> sufren un proceso, de irreversible deterioro, a medida que el pH se vuelve más alcalino. Hecho que sucede con cualquier tipo de partícula silíceas y por supuesto también con todas las de origen biomineral. Al final de este apartado se ofrece una aproximación a la verificación de tal proceso, como parte de la caracterización de los sedimentos arqueológicos aquí tratados.

o edáfica en el tiempo. Efectivamente como ilustró Biek (1963) dichos cambios y contradicciones pueden volverse patentes cuando se analizan dos parámetros como pueden el pH y la incidencia de éste —como proceso tafonómico— en el tiempo. La conclusión a la que hemos llegado tras observar varios casos es que, pese a la necesidad de contar con la valoración del pH actual proporcionada por ese parámetro y la propia evidencia material sujeta a estudio (a escala macro o micro), siempre debe ser ésta última la que debe orientar nuestras lecturas hacia los cambios en el sustrato que la englobaron por años, siglos o milenios. El mejor ejemplo en nuestro caso lo constituye un conjunto de silicofitolitos, afectados por disolución de SiO<sub>2</sub>, cuya matriz envolvente presentó un pH entre ligeramente ácido y neutro.

### Contenidos en materia orgánica oxidable.

El primer dato referente a este compuesto son los bajos valores obtenidos, tal y como se aprecia en la selección de muestras orientadas hacia el estudio general, en sección vertical, de la estructura de combustión (Gráfico 115). Los mínimos –que coinciden con el centro del hogar y el horizonte superficial cercano actual– se sitúan en algo más de 0,17-0,79%, mientras que el máximo se alcanza en el levantamiento 2, con algo más del 10,28%. El promedio en los puntos señalados se sitúa en 3,83%. No son por lo tanto valores altos, cuya tendencia es a disminuir en profundidad, desapareciendo casi totalmente en el centro del hogar, lo cual no deja de ser un claro indicativo de la naturaleza del sedimento de esta zona del yacimiento, caracterizado por estar constituido probablemente por ceniza, estado donde no puede esperarse una concentración de materia orgánica, sino todo lo contrario.

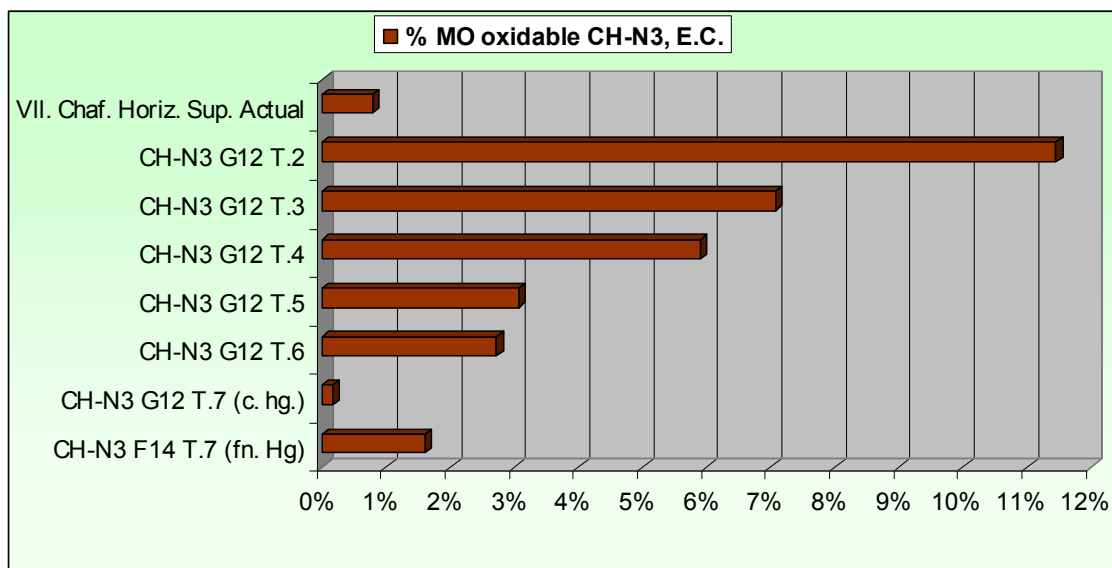
La tendencia que señala este estudio concreto, llevado a cabo con mayor cantidad de muestra (5 gr.) que lo habitual en un análisis microfósil<sup>29</sup> (1 gr.), es que el levantamiento 2 se ve influenciado por un proceso de acumulación de materia orgánica muy diferente al que puede observarse en los niveles inferiores, teniendo en cuenta que se trata de la misma zona del yacimiento (Cuadrícula G12). Aunque quizás de sectores que no en todo los casos coinciden con la zona central de la estructura de combustión. Debe entenderse que se trata de un ejercicio llevado a cabo para conocer con mayor grado de definición las características del sedimento, una vez ya se han analizado microscópicamente la totalidad de las muestras pertenecientes a la estructura de combustión. No obstante, podría plantearse que precisamente tanto los procesos antrópicos como los tafonómicos han obrado a la inversa, presentando mayor contenido a menor profundidad, circunstancia que coincide con la propia naturaleza del hogar, más utilizado en época aborígen que durante su posterior reutilización histórica, cuyo uso sería episódico, o en todo caso menos intensivo.

La primera inferencia sobre este hecho tiene una orientación postdeposicional, ya que la presencia de materia orgánica en niveles tan cercanos a la superficie únicamente ratifica un comportamiento, del paquete sedimentario, propio de un sustrato edáfico antiguo, donde precisamente los contenidos en este concepto se localizan en los primeros centímetros del horizonte superficial, para disminuir gradualmente a medida que aumenta la profundidad. Obviamente el paquete sedimentario de CH-N3 no es un suelo natural, pero sí podría funcionar como tal hasta determinada profundidad, si se viese afectado por la acción de la vegetación arraigada en los últimos niveles arqueológicos, donde mayor efecto tienen los procesos postdeposicionales y meteorizantes actuales, así como el de los suelos contextuales que tendrían a expandirse hacia la zona del yacimiento. Las características del sustrato arqueológico y edáfico contextual, con alta porosidad y baja compactación, propias del predominio de la fracción arena, podrían haber facilitado este proceso.

---

<sup>29</sup> Ya por lo general se emplea 1 gr. de muestra, al menos para el estudio de fitolitos y microalgas (Albert *et al.*, 1999; Bárcena & Flores, 1990; entre otros).

Si se observa la gráfica obtenida con los datos resultantes de la oxidación de materia orgánica en el sedimento<sup>30</sup>, en las muestras pertenecientes a la cuadrícula G-12 (la más centrada en el interior del hogar), los valores sólo llegan a ser extremadamente bajos en la muestra de su mismo centro (CH-N3, T.7), recuperándose ostensiblemente en el resto y especialmente desde el levantamiento 4 (Gráfico 115).



**Gráfico 115,** Contenidos en materia orgánica oxidable (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) en la selección de muestras de sedimento de la estructura de combustión de CH-N<sub>3</sub>. J.A.

Hecho éste que sin duda debe relacionarse con la naturaleza de sedimentos donde se ha operado una eliminación de materia orgánica, en este caso como consecuencia de la combustión de la misma. No obstante, quisiéramos relacionar también este hecho con la propia intensidad del proceso de combustión y obviamente con la de la actividad antrópica que lo motiva. De modo que aquí también existiría un parámetro asociado a la máxima actividad aborigen, en este caso las asociadas al uso del fuego. Aunque como mostramos en el apartado referente a los resultados obtenidos, en materia de cuantificación por diferentes parámetros del sedimento del hogar, éste no es únicamente el resultado de tales actividades, ya que los materiales que integran el sedimento, que poseen un elevado componente mineral<sup>31</sup>, indican que los compuestos de base carbonatada –directamente

<sup>30</sup> Como se ha mencionado, los resultados con los que se han confeccionado las gráficas, representan a un pequeño grupo de muestras tomadas como referencia, que han sido seleccionadas por pertenecer a una misma cuadrícula pero a diferentes tallas y levantamientos. Los resultados de las muestras totales analizadas, solamente han sido empleados para conocer si los que ofrecen la mencionada selección son representativos de las características generales de los sedimentos. Quizá en posteriores trabajos puedan exponerse la totalidad de los resultados obtenidos, sobre el conjunto de muestras totales pertenecientes a la estructura de combustión de CH-N<sub>3</sub>, que ascienden a una treintena de las mismas.

<sup>31</sup> Aun deberán llevarse a cabo nuevos estudios de microfósiles vegetales, empleando una metodología más acorde a la complejidad de los registros microscópicos y

proporcionales a la cantidad de tejidos leñosos quemados, sólo representan una pequeña parte de la muestra de sedimento total (**Gráfico 117**).

Siguiendo el planteamiento de reconocer, mediante las técnicas descritas en esta Tesis, las plantas que pudieron ser empleadas como combustible, se procedió igualmente a la determinación de carbonatos en las muestras, aprovechando la acción oxidante que se produce sobre los mismos con la aplicación de ácidos clorhídrico y nítrico ( $\text{HCl} + \text{HNO}_3$ ). Labor que debo decir era guiada por las primeras impresiones sobre el registro microscópico, que no respondía a la concentración de silicofitolitos que cabría esperar para una estructura de combustión, al menos en aquella donde las especies empleadas como combustible presentaran alta tasa de silicificación. Por ello la estimación de  $\% \text{CaCO}_3$  se presentó como una prueba tangible de verificación complementaria al estudio microfósil.

### **Contenidos en carbonatos.**

La información ya existente al respecto planteaba que el contenido en carbonatos era relativamente alto, aspecto evidente incluso a nivel macroscópico, con la detección de nódulos carbonatados en el sedimento ceniciento de la estructura de combustión, tal y como se ha mencionado por parte de Hernández (2006).

Pero la cuestión del contenido en carbonatos en los suelos de la zona de Las Cañadas es sumamente compleja, teniéndola por ello en cuenta a la hora de evaluar las características de los sedimentos que, en parte, conforman también la estructura de combustión del yacimiento. En principio los suelos de Las Cañadas no suelen presentar carbonatos<sup>32</sup>, salvo en aquellas zonas donde su acumulación derive de la alteración de los feldespatos de las rocas volcánicas<sup>33</sup>. Por ello su detección en sedimentos arqueológicos puede relacionarse con específicas prácticas antrópicas, en concreto con las asociadas al empleo de tejidos vegetales, con producción de carbonatos, como material de combustión, tal y como afirma Hernández (2006). Este proceso —que ya abordamos en otro apartado— en realidad también podría

---

circunstancias de los sedimentos del hogar de CH-N3, que confirme en qué medida la fracción insoluble al ácido contiene silicificaciones biominerales.

<sup>32</sup> Paradójicamente la zona de Chafarí se encuentra dentro de las que sí presentan contenidos en carbonatos, aunque no cálcico sino sódico, según se desprende de la información contenida en los mapas de suelos de Las Cañadas (Arbelo *et al.*, 2009; Guerra, 2009).

<sup>33</sup> Otras fuentes de carbonatos pueden ser —en las Islas Canarias— aportes de polvo aerotransportado y los propios de arenas organógenas marinas, formadas a lo largo del Cuaternario, debido en éste último caso a los ascensos y descensos del nivel del mar. A nivel ecológico habría igualmente que reconsiderar cualquier ato contenido en carbonatos fuera de los casos señalados, ya que por una parte, en las zonas áridas de las Islas donde las condiciones favorecen la acumulación de carbonatos, la biomasa leñosa es baja (las euforbias, por ejemplo, son plantas suculentas que apenas dan leña). En los ecosistemas con suficiente madera (como pinares y monteverde), los suelos tienen regímenes percolantes y pH ligera o moderadamente ácidos. Así que no parece fácil que coincidan en el mismo lugar una biomasa leñosa suficiente y unas condiciones que favorezcan la acumulación de carbonatos en los suelos (J.L. Mora, UNIZAR, 2011, Com. Pers.).

tener otra explicación, pese a que conocemos que en la membrana celular vegetal se pueden contener ciertas concentraciones de carbonato cálcico (Simkis & Wilbur, 1989; Thomas-Domenech, 1976; entre otros). Efectivamente en la mayoría de las plantas analizadas el componente más elevado, de las que presentan tejidos leñosos y foliares, es el oxalato de calcio ( $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), frecuente tanto en angiospermas dicotiledóneas como en gimnospermas, que en Las Cañadas se encuentran representadas por coníferas como el pino canario (*Pinus canariensis*) y el cedro canario (*Juniperus cedrus*). Según citan Brochier & Thinon (2003) –basándose en Pobeguín (1943)– cuando la madera o los tejidos que contienen oxalatos entran en combustión, éstos se transforman en carbonato cálcico, al alcanzar una temperatura de entre 430-510 °C. Las biomineralizaciones de oxalato pasan a convertirse así pseudomorfos de calcita, lo que estos autores denominan –en lengua francesa– *pseudomorphose d'oxalate de calcium en calcite* (POCC), una forma de carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ).

Basándonos en la experiencia de laboratorio, la observación de la reacción en presencia de ácido clorhídrico (HCl) como el análisis microscópico de residuos de calcinación de gimnospermas como las citadas, podemos confirmar la alta producción de oxalatos de calcio tanto en *Pinus canariensis* como en *Juniperus cedrus* y *J. canariensis*, aunque con rotundas diferencias en cuanto a la morfología que adquieren en uno y otro género. Y que concuerdan, con variaciones, en lo comentado por Courty *et al.* (1989) sobre los cristales presentes en la ceniza, por lo general romboédricos, pero que en el caso de los pinos –según nuestras observaciones y las indicaciones citadas por Juan-Tresserras (1997<sup>34</sup>)– adquieren formas estiloides o de prismas alargados<sup>35</sup>. Patrón morfológico que es igualmente compartido con otras especies del género *Pinus*, como *P. sylvestris*, a los que los mencionados autores describen como “flaky” (escamosos). Por su parte las formas detectadas en los tejidos aéreos de *Juniperus cedrus*, son mayoritariamente del tipo «arena de cristales» (*crystal sand*) y en menor medida de cristales romboédricos. En este sentido, como describe nuestro estudio microscópico sobre los residuos experimentales de tejidos del género *Pinus* sp<sup>36</sup>, los oxalatos característicos son rectangulares y con claro desarrollo del eje longitudinal sobre el trasversal, con bordes apuntados que presentan ligera asimetría (*elongated with pointed and asymmetrical ends oxalates*), que es la descripción que proponemos y que como ya hemos dicho algunos autores describen como “estiloides” (Franceschi & Horner, 1980) o prismas alargados.

La cuestión de los nódulos carbonatados vendría dada por un aporte de oxalatos de calcio ( $\text{CaC}_2\text{O}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) transformados por el calor en una forma de carbonato cálcico ( $\text{CaCO}_3$ ), más que por un aporte directo de carbonatos por plantas que los contienen en su membrana celular. Con lo cual únicamente nos sumamos a la primera lectura realizada sobre el origen de los nódulos carbonatados del hogar de CH-N3 (Hernández, 2006). Sin embargo, aun queda pendiente dilucidar la participación de las mencionadas biomineralizaciones de fosfato cálcico en los sedimentos de la estructura de combustión. Aspecto

<sup>34</sup> Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, 1997.

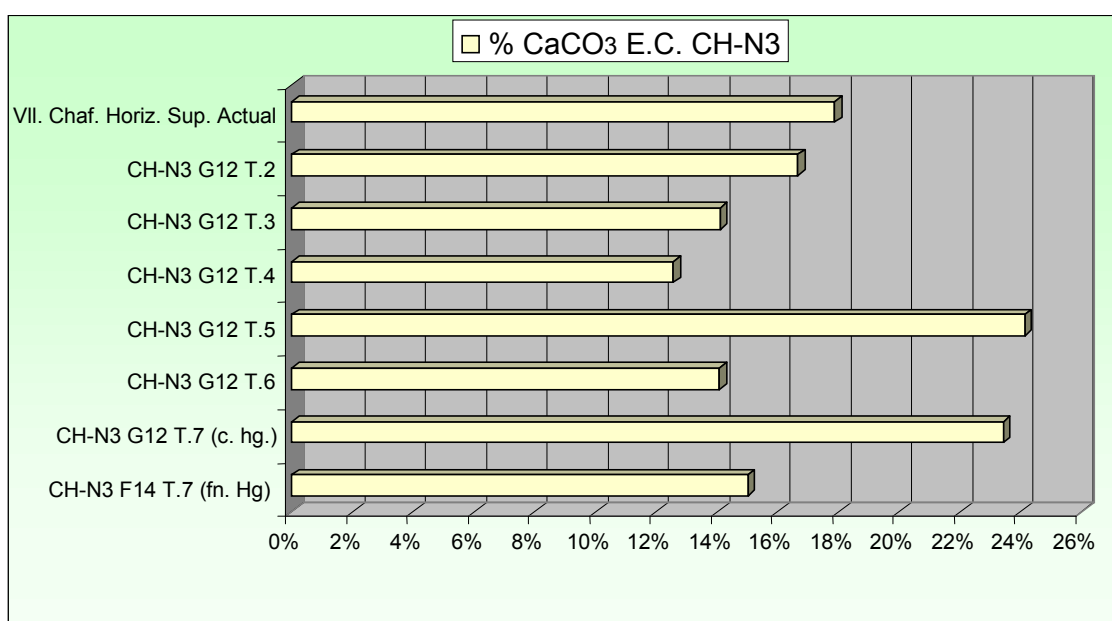
<sup>35</sup> Denominación proporcionada por Brochier & Thinon (2003), haciendo hincapié en que son muy abundantes en *Pinus*.

<sup>36</sup> Ver Capítulo Resultados 5-I, Fichas de Plantas Patrones.

que únicamente sería posible evidenciar mediante algún tipo de prueba físico-química<sup>37</sup>, como aquella que permitiera comprobar si el componente de los pseudomorfos de calcita, localizados en el sedimento, derivan de fosfatos y no de oxalatos de calcio<sup>38</sup>.

Es precisamente el objetivo de evidenciar microfósiles vegetales, o los compuestos derivados de su transformación, al que se le otorga prioridad en esta Tesis, ya que se trata de evidenciar y justificar la presencia de una u otra planta en la estructura de combustión de Chafarí-Norte-3, por métodos no-macroscópicos. Y por tanto, dada la complejidad microfósil de las muestras analizadas, cualquier evidencia de plantas se ha convertido en una cuestión que siempre se ha intentado resolver, en la medida de lo posible.

A nivel microscópico también se ha detectado la presencia de posibles cristalizaciones de carbonatos, aunque en algunos casos su diferenciación de oxalatos de calcio es compleja, especialmente dada la mala conservación de éstos. Es decir, que la falta de una morfología definida, como las ya enunciadas<sup>39</sup>, impide adscribirlas a uno u otro grupo vegetal, lo cual es patente en la mayoría de los casos, dada su desestructuración en el seno de la matriz sedimentaria<sup>40</sup>.



**Gráfico 116**, Contenidos en carbonatos de la selección de sedimentos de la estructura de combustión de CH-N3.

<sup>37</sup> En solución sulfúrica los iones de ortofosfato forman con los iones de molibdato, ácido molibdofosfórico. Este último, con ácido ascórbico, se reduce a azul de fosfomolibdeno ("PMB"), que se determina fotométricamente.

<sup>38</sup> Como pudimos comprobar, en la epidermis de *Spartocytisus supranubius* mediante la sonda de rayos X de un equipo SEM (Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC, Madrid, 2002) se encuentran biomineralizaciones de fosfato cálcico (Afonso, 2004a, tesina, inédito). Las cuales obviamente deberían pasar a formar parte del sustrato (natural o antropizado) cuando muere la planta o ésta es calcinada.

<sup>39</sup> Ver Capítulo: Elementos Microscópicos de Intervención, Oxalatos de calcio.

<sup>40</sup> Hecho que puede observarse en la muestra en bruto, sin aun haber aplicado sobre ella ningún tipo de tratamiento químico ni mecánico (ultrasonidos).

Los resultados obtenidos sobre el contenido en carbonatos, se refieren en este caso a los cálculos basados en los registros de los pesos del sedimento en laboratorio<sup>41</sup>. Dichos resultados indican que el %CaCO<sub>3</sub>, de la selección de muestras pertenecientes a la estructura de combustión, presenta un promedio cercano al 18% (17,25%), con un máximo de 24,15% en el levantamiento 5 y un mínimo de 12,57% en el levantamiento 4. Con lo cual podrían ser considerados valores relativamente altos, si no fuese porque el presentado por el horizonte edáfico superficial actual es de 17,88%<sup>42</sup>. Como puede observarse (**Gráfico 116**) en líneas generales sólo los levantamientos 5 y 7 presentan unos valores que destacan significativamente sobre el promedio.

Si nos atenemos a la valoración de tales contenidos, primeramente debe destacarse su discontinuidad, tomando como referencia el valor promedio de 17,25%. En detalle, y siguiendo la caracterización empleada por Marín (2003), para la clasificación de suelo según el %CaCO<sub>3</sub>, la mayoría de muestras de sedimento —de la selección empleada— puede considerarse con un valor normal (10,1-20), mientras que sólo dos presentan %CaCO<sub>3</sub> alto (20,1-40), en concreto las correspondientes a la misma cuadrícula G-12 pero de los levantamientos 5 y 7 (centro del hogar), que presentan valores cercanos al 25%. En cuanto al contenido en carbonatos de la muestra contextual, correspondiente al suelo superficial actual, éste se sitúa en 17,88%, lo que igualmente puede considerarse como normal (10,1-20) pero aproximándose, más que el resto de las muestras con esta calificación, al mínimo del rango de alto (20,1%), puesto que supera en algo el valor promedio (17,25%).

Con tales datos, su interpretación en el plano de un sedimento arqueológico no deja de orientarnos hacia una actividad antrópica y marcadamente funcional en la zona analizada. Si observamos que los suelos de Las Cañadas no pueden clasificarse como de alto %CaCO<sub>3</sub>, el hecho de encontrarlo acentuado en un sedimento arqueológico no hace sino corroborar su neta diferencia con éstos. Aunque la zona directamente relacionada —a nivel edáfico— la estimación de carbonatos sea >15%, derivado probablemente de la especial naturaleza de los horizontes/estratos que los componen, en el caso del sedimento arqueológico que nos ocupa, no parecen existir dudas para entender los valores >20% como derivados de la acumulación de oxalatos de calcio transformados en calcita (pseudomorfos de calcita).

Es decir que existiría un componente que debe asociarse a la transformación de oxalatos en carbonatos, por la acción del calor generado dentro de la estructura de combustión, en un rango que podría establecerse entre 430-510°C (Brochier & Thinon, 2003)<sup>43</sup>. Salvo en el caso de las muestras

---

<sup>41</sup> Pesos que son tomados en balanza de cuatro decimales antes y después de los tratamientos a los que se someten las muestras, en este caso concreto tras aplicar 15 ml. de ácido clorhídrico y nítrico (HCl+HNO<sub>3</sub>) hasta el cese de toda reacción, y observar la separación de la fase líquida de la fase sólida en el fondo del vaso de precipitado.

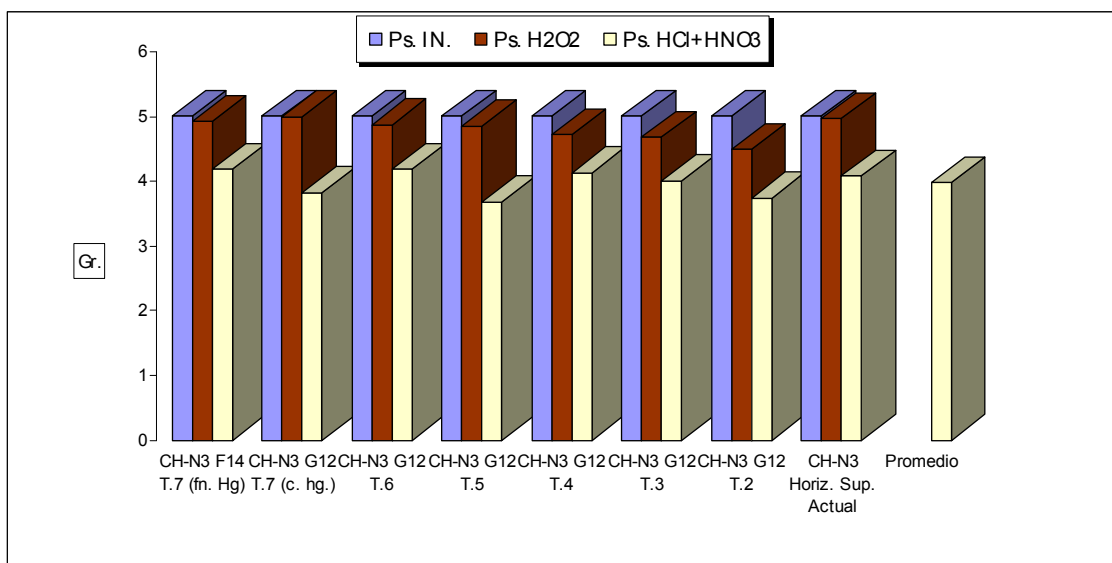
<sup>42</sup> Los contenidos en carbonatos de los suelos de esta zona aun deben estudiarse para conocer su procedencia. La cual, pese a que planteamos que se trata de suelos que han funcionado como soporte de intensas actividad antrópica en el pasado, no podemos asumir que en este caso obedezca al aporte de carbonatos de origen vegetal.

<sup>43</sup> Un intervalo que se asemeja al empleado para tratar las plantas patrones en prácticas de calcinación, empleando hornos de mufla.



arqueológicas más superficiales, donde desconocemos la incidencia de procesos relacionados con actividad microbiana de los suelos contextuales y sistema radicales vegetales, quedaría descartado un proceso de carbonatación producido por la acción de estos últimos mecanismos. Estando por tanto ante una prueba más de lo ya apuntado al respecto del funcionamiento de la estructura de combustión de CH-N3.

No obstante, deben plantearse otras lecturas asociadas a dichos resultados, y en especial en lo que atiene a la naturaleza de los sedimentos de la estructura de combustión, que pese a presentar el promedio señalado de carbonatos (superior al 26%) éste no representa, de forma real, más allá de entre 1,1717-0,6869 grs. en el total de muestra de partida proveniente de dicha estructura, que antes de la eliminación previa de materia orgánica presentaba un peso promedio de 5 grs. Es decir que al menos 4 grs. de dichas muestras (en el caso más desfavorable) siguen siendo fracción mineral (arenas, limos y arcillas) o *fracción insoluble al ácido*, por lo tanto el sedimento no está integrado más allá de ese 26% por sales de carbonato cálcico (Gráfico 117). Por lo cual parece posible extrapolar la lectura de Hernández (2006) al respecto de la complejidad en interpretación de los paquetes sedimentarios de algunas zonas del conjunto arqueológico de Chafarí, a los pertenecientes a la estructura de combustión, ratificando la incidencia de los procesos tafonómicos sobre los materiales arqueológicos en esta zona de Las Cañadas.



**Gráfico 117**, Pesos iniciales (Ps. In.) y finales (Ps. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, Ps. HCl+HNO<sub>3</sub>), de la selección de muestras de sedimentos de CH-N<sub>3</sub> (E.C.), antes y después de los tratamientos químicos. Tras la eliminación de materia orgánica y carbonatos, la fracción insoluble al ácido (mineral+biomineral silicificada) sigue presentando un promedio de 4 grs. (columna ocre), siendo la pérdida de peso más acusada tras la eliminación de carbonatos que de materia orgánica. J.A.

Por esa razón el resultado de la analítica específica guarda aquí, al igual que en el de dichas fracciones, un componente explicativo clave: el sedimento de la estructura de combustión de CH-N<sub>3</sub> no sólo responde –desde

una hipótesis basada en el estudio de materia orgánica y especialmente de carbonatos— a un componente residual propio de la misma, sino al protagonizado por el sedimento/suelo contextual inmediato a ésta. De haberse constituido como un sedimento únicamente derivado de acumulaciones de ceniza, el componente soluble —la *fracción soluble al ácido* que también mencionan Albert *et al.* (1999)— hubiese sido ostensiblemente mayor. No obstante, el hecho de no disponer durante el tiempo de ejecución de esta Tesis, de un elemento comparativo semejante al caso analizado, impide emitir una lectura más concreta, salvo aquella que confirma que el sedimento, de la mencionada estructura de combustión, está compuesto en la mayoría de los casos por algo más del 70%, por partículas minerales, en proporciones variables de arenas, limos y arcillas entre los que se encuentran microfósiles de base silícea, cuyos pormenores son referidos más adelante.

Las lecturas referentes a los contenidos en materia orgánica y carbonatos también pueden ofrecerse en base a su estudio conjunto, comparativo y diferenciador pero en un mismo plano analítico. En este sentido los datos aportados son concluyentes: con unos contenidos bajos en materia orgánica, que excepcionalmente alcanzan el 10% de las muestras, los carbonatos siempre se sitúan por encima del 12% (**Gráfico 116**). Si no dispusiéramos de lecturas complementarias, sobre el contenido de materia orgánica y carbonatos en la zona del Valle de Chafarí y Barranco de La Arena, los porcentajes de este último parámetro deberían ser considerados como altos. Hecho que, como efectivamente confirma el análisis microfósil, puede deberse a la existencia, en los sedimentos de la estructura de combustión de CH-N3, de concentraciones moderadas de carbonatos de origen vegetal. En concreto, desde la percepción microscópica de fitolitos, como pseudomorfos de calcita que adquieren forma de arena de cristales<sup>44</sup> y fusiformes/estiloides, que únicamente pueden vincularse al género *Pinus*. Aunque es muy probable que la desintegración de los pseudomorfos de la segunda especie, acabe formando cristales aislados, que resultan de compleja adscripción e incluso provoquen confusión en la misma. Efectivamente, se han detectado grupos de cristales que no responden a la morfología de “arena de cristales” y sí a la de los que conforman los pseudomorfos de calcita de *Pinus*, cuando la temperatura ha sido suficiente como para provocar múltiples cristalizaciones.

Pese a la rotundidad del hecho, las analíticas sobre la zona reflejan que los contenidos en carbonatos se encuentran cercanos al 15%, al menos en materiales de naturaleza freatomagmática localizados bajo los incipientes paquetes edáficos de amplias zonas del Valle de Chafarí y Barranco de La Arena, en las zonas más cercanas a su superficie. Desde esa valoración y observando como en la estructura de CH-N3 los porcentajes atribuibles a CaCO<sub>3</sub> aumentan por encima de ese valor, aproximándose incluso al 25%, debemos observar —tomando en consideración la información contextual citada— que los sedimentos de la mencionada estructura presentan en algunos casos hasta un 10% más de carbonatos, en este caso de origen vegetal, que el perfil BLACH-1. Considerando la excepcionalidad de tal valoración en este caso, ya que en esa secuencia no podemos deducir que las concentraciones de

---

<sup>44</sup> Esta morfología ha sido detectada tanto en coníferas del género *Juniperus* spp. como en leguminosas, caso de *Spartocytisus supranubius*.

CaCO<sub>3</sub> lo sean de carbonatos de origen vegetal. En este sentido, y de nuevo recurriendo a la herramienta que sirve de armazón metodológico a esta Tesis –el análisis microscópico– revela, los niveles del perfil BLACH-1, como parcos en registros microfósiles, pese a que en algunos casos su originalidad (que describimos en su estudio pormenorizado, no presenta rastros de biomineralizaciones de base carbonatada, como sí ocurre en CH-N3.

Y lo hacen en un entorno donde tales contenidos son solamente asimilables –dentro de la tónica edáfica del contexto– a un sedimento afectado por prácticas antrópicas muy definidas, como son las de creación y mantenimiento de una estructura de combustión. Ni que decir tiene que tal obviedad es retomada porque los objetivos del análisis microfósil son más fácilmente insertables en las lecturas ya existentes, sirviendo ambos para confirmar que la biomineralización fósil más abundante, lejos de ser las de naturaleza silíceas, es la de componente carbonatado, en concreto pseudomorfos de calcita. Y ello aporta al sedimento un componente no habitual en la zona, dependiendo cuáles del Circo occidental de Las Cañadas, que enriquece el análisis microfósil, las lecturas arqueobotánicas y en concreto el ámbito específico de la explotación vegetal a lo largo de la secuencia del hogar de CH-N3.

Eso sí, el análisis microfósil aplicado a la valoración del sedimento resulta determinante para conocer el posible origen vegetal de los carbonatos existentes en su matriz. Y ello no introduce en la difícil tarea de discernir en qué medida los sedimentos recibieron aportes de madera de plantas leñosas como las dicotiledóneas de la familia *Fabaceae* o gimnospermas de *Pinaceae* y *Cupressaceae*, los tres géneros botánicos que las lecturas antracológicas ya ponen de manifiesto (Galván & Machado, 1998). No puede obviarse que la primera razón, aunque no la única, de tal abordaje es siempre la comprobación –mediante el análisis de fitolitos– de las lecturas ya existentes, al respecto del objetivo de conocer las plantas empleadas como recurso vegetal en el periodo de funcionamiento de CH-N3, como entidad social, económica, comunitaria aborígen<sup>45</sup>.

La doble intencionalidad de la determinación de materia orgánica y carbonatos, mediante la disolución de los agentes cementantes y comprobación microscópica de sus características, permite en todo caso abordar en qué medida el resto de fracción mineral es biomineral, aunque ya solamente desde la perspectiva de las de tipo silíceo (fitolitos y microalgas). Y conocer además en qué medida las fracciones granulométricas debidamente separadas, pueden aportarnos más datos que poder interpretar sobre el medio natural y el medio explotado por los habitantes de CH-N3.

Para ello el fraccionamiento granulométrico se ve facilitado por el tratamiento previo de las muestras, permitiendo evaluar el contenido en

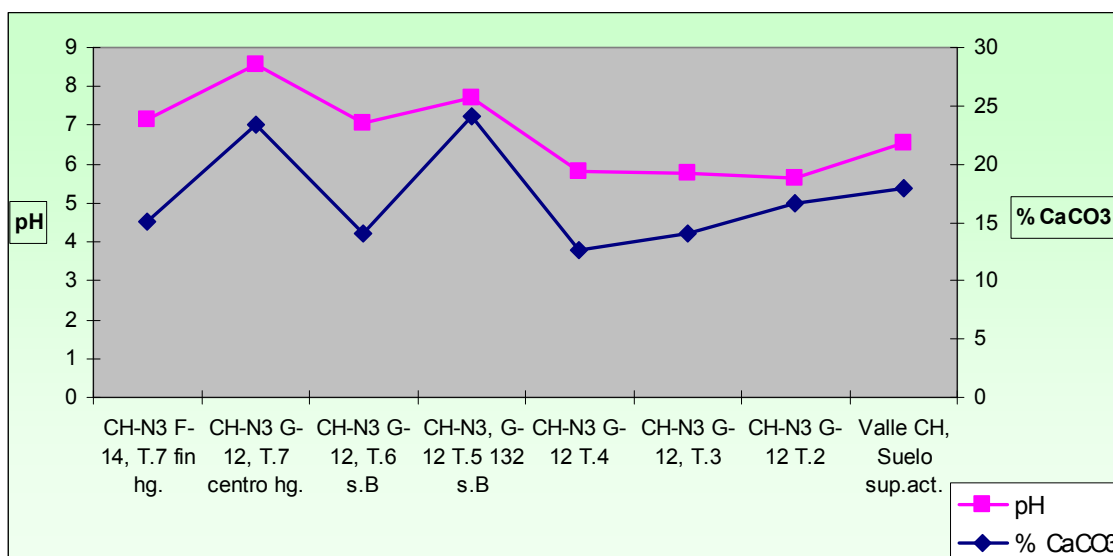
---

<sup>45</sup> Pese a que dicho objetivo ya ha sido suficientemente alcanzado mediante el estudio antracológico realizado por Machado & Galván (1998), el estudio microfósil puede funcionar como complemento al mismo, dado que los carbonos existentes en el sedimento no siempre representan a la totalidad de plantas que pudieron llegar a la estructura de combustión. En ese sentido, la composición de la flora es determinante, ya que las formaciones vegetales basadas en especies leñosas son más fácilmente detectables, mediante un análisis antracológico, que las herbáceas e incluso arbustivas.

arenas, limos y arcillas y, a su vez, el de los citados microfósiles en su seno. Los sedimentos de Chafarí son desde esa perspectiva, muestras muy valiosas, representantes de un ecosistema de alta montaña no precisamente propicio para la formación de depósitos de alta concentración. Hecho que viene dado por el de la abundancia de plantas que no producen silicificaciones abundantes sino todo lo contrario. Solamente Por ello clave en la resolución de qué hasta qué punto pasan a mostrar la intensidad de la ocupación antrópica, prehistórica e histórica, de la zona occidental de Las Cañadas.

**Relación entre pH y %CaCO<sub>3</sub>.**

Entre ambos parámetros pueden extraerse algunos datos sustanciales, como la posible relación entre pH de tendencia básica y los relativamente altos porcentajes en carbonatos de algunas muestras. La búsqueda de dicha relación es completamente positiva en este caso, dado que puede observarse una directa correlación entre el aumento/descenso de pH con los %CaCO<sub>3</sub> (Gráfico 118). En ese sentido, los mayores incrementos se localizan precisamente en las muestras correspondientes a la Talla 7 (Centro del hogar) y Talla 5 (s.B), que en este caso parece posible asociar a determinados periodos de utilización del hogar y en otros, como ocurre con la muestra CH-N3, F-14, T.7 a la zona donde finalizan los sedimentos propios del hogar.



**Gráfico 118,** Curvas de valores de pH y %CaCO<sub>3</sub> en selección de muestras de CH-N<sub>3</sub>.

En tal relación, propuesta de forma gráfica únicamente para rentabilizar aun más los datos obtenidos en laboratorio, puede observarse una correlación entre los picos alcanzados por %CaCO<sub>3</sub> y los de pH. Con excepción de la muestra correspondiente a la talla 6, que en los contenidos en carbonatos retoma la tendencia de los niveles superiores (talla 4 en adelante), la tendencia al alza de la alcalinidad es correspondida con un aumento de %CaCO<sub>3</sub>. Alcanzándose los valores máximos en ambos parámetros en la muestra correspondiente a la talla 5 y especialmente a la 7. Por el contrario, el fin del hogar (talla 7 de la cuadrícula F-14) es señalado con una diferencia significativa para con el centro del mismo (talla 7 de G-12).

### **Analítica preliminar y experimentación.**

El contenido de carbonatos en los sedimentos analizados fue uno de los primeros parámetros tomados en consideración antes, durante y después de los tratamientos a los que se sometieron las muestras provenientes, en casi todos los casos, de la estructura de combustión excavada en CH-N3. El motivo de este proceder proviene de la propia metodología empleada para el análisis microfósil, donde se contempla el tratamiento previo de las muestras de sedimento para eliminar elementos cementantes, materia orgánica y carbonatos. Tal proceder debió acompañarse de una inspección microscópica específica, basada concretamente en la identificación de biomineralizaciones no-silíceas. Tarea que efectivamente determinó la presencia, por niveles y sectores de los mismos, de tales biomineralizaciones, en su mayoría formadas por pseudomorfos de calcita.

Desde el punto de vista de los microfósiles silíceos, su manifiesta ausencia debe matizarse, puesto que son claramente identificables agregados silíceos en el centro del hogar y otras zonas. Pero en cuanto a formas de diagnóstico no puede afirmarse que estemos ante concentraciones significativas de plantas con alta o moderada producción silícea.

### **Analítica específica.**

Tras comprobar las dificultades reales para lograr preparaciones óptimas, propias de las que creíamos necesarias un estudio microfósil, las limitaciones explicativas de dicho registro<sup>46</sup> así como las particularidades de un sustrato arqueológico, que sin duda tiene mucho en común con los edáficos inmediatos, se optó por aumentar el grado de definición de la analítica de sedimentos, esta vez empleando —para los tratamientos de laboratorio— la cantidad de 5 gramos. En líneas generales los datos obtenidos confirman la tendencia indicada por las analíticas previas, al menos en cuanto a moderados contenidos en carbonatos y bajos en materia orgánica<sup>47</sup>. Igualmente denota un claro componente arenoso, con muy bajos contenidos en limos y arcillas, parámetros fundamentales para entender la génesis del depósito sedimentario.

### **Fracción arenas >200 µm.**

Las arenas >200 µm inicialmente parecían constituir la siguiente fracción en importancia, tras las arenas 200-50 µm (**Gráfico 119**), al menos como indicaba la primera estimación granulométrica, donde aun no se completaba totalmente la descarbonatación de las muestras. Este particular quizás obró como factor de error, dado que los carbonatos restantes funcionarían como

---

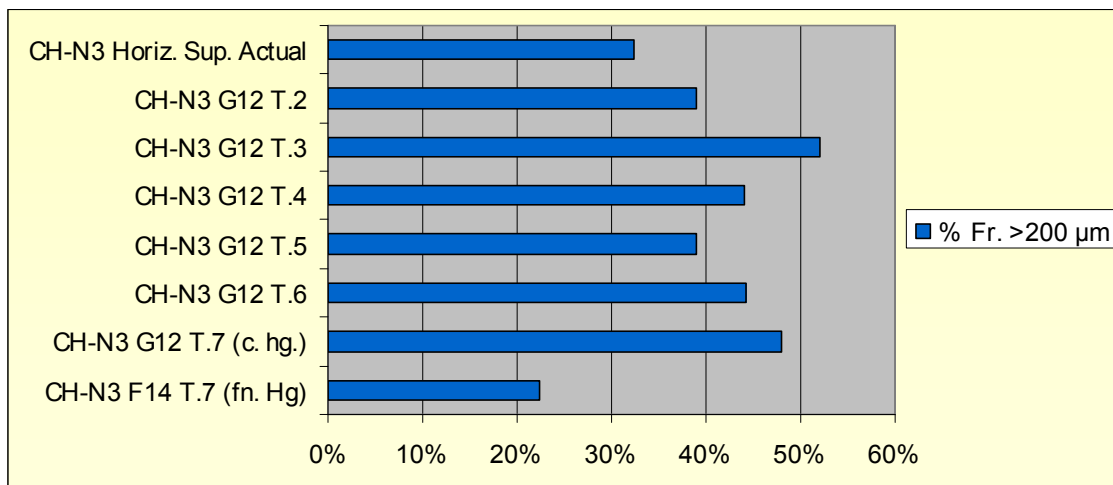
<sup>46</sup> En especial las asociadas a la escasa productividad, en términos de producción de silicofitolitos de diagnóstico, de las plantas que probablemente se emplearon como material combustible en el yacimiento de Chafarí. Y en su mayoría pertenecen a la flora de Las Cañadas del Teide, salvo en el caso del pino canario, que teóricamente lo es al anterior piso bioclimático de Tenerife. Aunque en la actualidad —sin conocer como lo fue en el pasado— protagoniza una clara colonización de la zona, al menos en la franja situada a algo más de los 2.000 metros.

<sup>47</sup> Cuestión lógica entendiendo la naturaleza de los sedimentos, perteneciente a una estructura de combustión, donde obviamente la materia orgánica —en este caso mayoritariamente proveniente de tejidos vegetales— ha sido destruida por la acción del fuego.

elementos cementantes, impidiendo la correcta dispersión de todas las fracciones integrantes del sedimento. Sin embargo, las primeras indicaciones planteaban su alto porcentaje, al menos en la Talla 5, de la que se analizaron muestras procedentes de varias profundidades. Esos primeros resultados indicaban que la fracción arenas  $>200 \mu\text{m}$  alcanzaba, en casi todas las muestras, el 40% del total de las mismas.

Los resultados obtenidos con mayor cantidad de muestra (5 grs.) confirmaban al alza las primeras lecturas, ya que salvo una muestra (CH-N3, F-14, T7, fin del hogar) todas alcanzaban y/o superaban el 30%, mientras que algunas alcanzaban el 50%. Los datos promedios indicaban que efectivamente, tanto en las primeras analíticas como en las siguientes, la variación de la fracción arenas  $>200 \mu\text{m}$  era mínima, oscilando entre 39,26% y 40,13% respectivamente.

Pese a su alta representación, el contenido en microfósiles es prácticamente nulo. El análisis microscópico de la misma revela que, en este caso, se trata de una fracción eminentemente mineral, donde las partículas predominantes son las de vidrio volcánico, entre otras de naturaleza puramente mineral.



**Gráfico 119,** Porcentajes de la fracción arenas  $>200 \mu\text{m}$ .

La tendencia marcada por esta fracción, cuyos valores se encuentran —menos en un solo caso— por encima de 30%, no hace sino confirmar que la estructura de CH-N3, la totalidad del yacimiento y el medio edáfico donde se encuentran, han estado profundamente influenciados por unas concretas características ambientales. Marcadas éstas por la erosión hídrica frente a la eólica, tanto de moderada como alta energía, aunque en la actualidad se trate de un proceso más atenuado y localizado temporalmente.

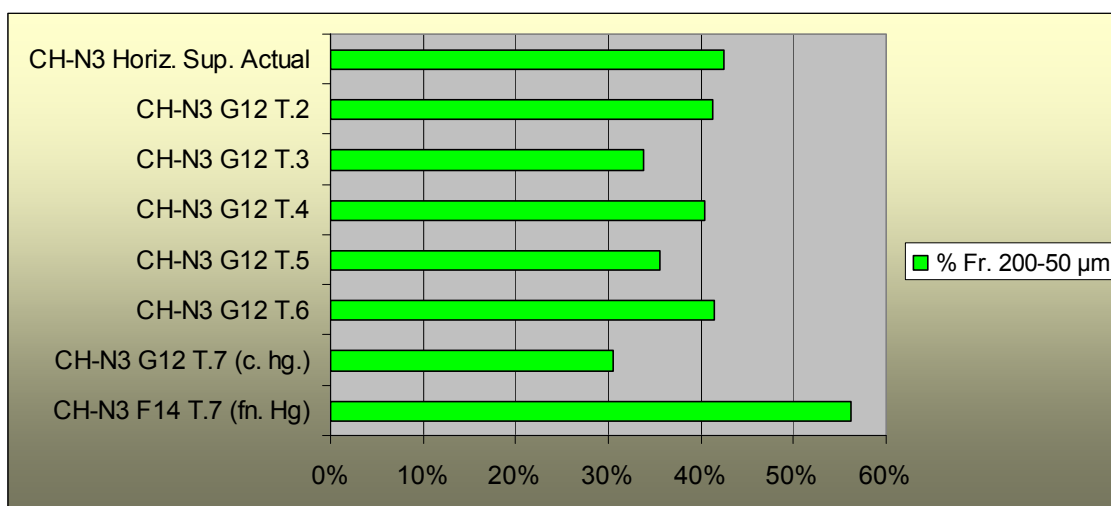
#### Fracción arenas 200-50 $\mu\text{m}$

Mientras que la primera analítica reflejó un ligero incremento promedio de esta fracción sobre la anterior (41,48% - 40,21%), la siguiente indicó que dicha situación no ocurre en todos los casos y tampoco en la Talla 5, tomada como ejemplo de los primeros resultados. Aquí parece importante señalar que su predominio se encuentra al principio y la final de la secuencia vertical analizada, aunque la primera muestra no corresponde a un nivel arqueológico sino al suelo actual de las proximidades del yacimiento. En todo caso parece

significativo que la zona más baja del mismo, ejemplificada aquí en la muestra correspondiente a F-14, Talla7 (fin del hogar), sea donde se alcanza el valor más alto de la fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$ , con 56,27% del peso total.

Se trata siempre de una fracción que oscila entre el 30-40%, con lo cual existe una paridad con respecto a la fracción superior, un aspecto que podría ponerse en relación con la dinámica – eminentemente física – que colabora en la formación de estos suelos. Explicando a su vez la que tiene que ver con el pasado natural de Las Cañadas, donde los factores ambientales han propiciado – en una lectura general – la formación de suelos y sedimentos marcados por la erosión eólica frente a la hídrica, pese a que las huellas de ésta sean en muchas ocasiones más fáciles de seguir. Y sobre todo marcados por los procesos atmosféricos frente a los químicos, en la formación de los paquetes edáficos locales (**Gráfico 120**).

Sin embargo, el comportamiento de la fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$  frente a la anterior, le otorga el papel de ser el primer elemento en verse afectado por la acción de los vientos locales, pero también de la propiciada – unas veces con alta y otras con moderada energía – por las escorrentías otoño-invernales, que en algunos casos pueden llegar a convertirse en avenidas con capacidad para remodelar los cauces de la red hidrográfica zonal.



**Gráfico 120**, Porcentajes de la fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$ .

#### Apreciaciones microscópicas.

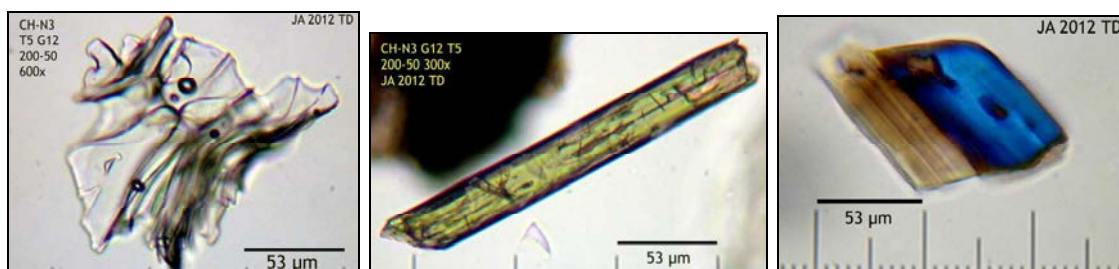
El examen microscópico de las arenas 200-50  $\mu\text{m}$  revela primeramente la presencia de partículas silicificadas no-biominerales que podrían calificarse como propias del vidrio volcánico (**Figura 619**). El resto de partículas de arena no parece presentar rasgos propios de la acción eólica<sup>48</sup> y sí de meteorización ambiental, ya que las formas de los granos de arena no son de tendencia redondeada y superficie lisa, propias de partículas afectadas por arrastre eólico o hídrico (como arenas de desierto y playas). Más bien presentan formas irregulares y angulosas, propias de procesos que han

<sup>48</sup> La forma de las partículas, en especial de las arenas, supone no sólo un indicativo directo del origen de un material sino también sobre la consistencia de un suelo (FitzPatrick, 1971).

motivado bien su conservación bajo formas minerales concretas o bien su alta fragmentación, como las propias de depósitos bajo condiciones de alta meteorización y baja influencia química (**Figuras 620-621**), u otros que sin serlo también han sufrido acción de los agentes atmosféricos, excluyendo procesos de erosión eólica<sup>49</sup>, al menos con intensidad.

El contenido microfósil de las arenas 200-50  $\mu\text{m}$  es prácticamente inexistente en la selección de muestras analizada. Se trata de una fracción mayoritariamente compuesta por vidrio volcánico y otros minerales como los piroxenos de augita. Aunque en algunos casos se observan lo que pueden ser biomineralizaciones silíceas, éstas no han podido ser adscritas aun a ningún grupo vegetal de los tratados.

Las características de las partículas de arena basadas en vidrio volcánico ácido son sin duda las más relevantes, tanto por su concentración, como por sus características. La principal de ellas es su estructura interna, formada por vacuolas de gran tamaño, que adquieren por lo general formas esféricas a subesféricas y en otras muchas tubulares, resultado del propio alargamiento y deformación de las primeras, mientras el magma está siendo afectado por las tensiones de la propia erupción. El comportamiento óptico de estas partículas, por lo general de aspecto irregular y anguloso en su contorno, es claramente isótropo por su alto contenido en  $\text{SiO}_2$ . Por lo general se trata de formas frágiles, de finas paredes, que pueden ceder, fragmentándose, bajo la presión ejercida sobre las preparaciones donde se encuentran.



**Figuras 619** (Izqda.), **620** (centro), **621** (Dcha.), Parte de las partículas que integran la fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$  de CH-N3, G12, T5. 300x

#### Fracción de arenas totales.

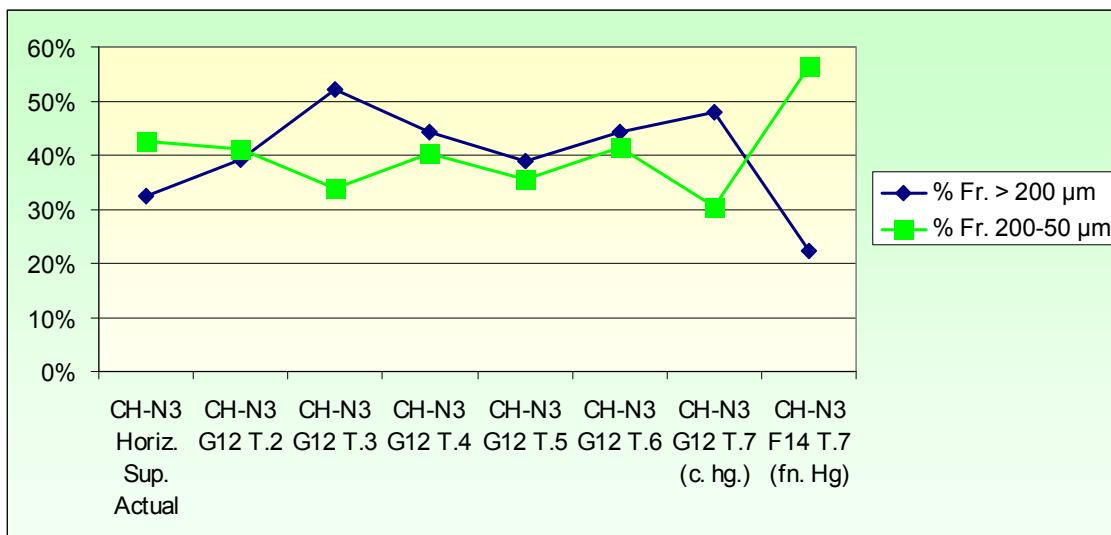
Las lecturas sobre la totalidad de la fracción arena indica que uno de los componentes fundamentales, que caracteriza los sedimentos arqueológicos de CH-N3, es su arenosa granulometría. Un parámetro que sin embargo es muy similar al de los suelos locales, tanto en los que existen en las zonas inmediatas como toda la propia cuenca del Valle de Chafarí y el Barranco de La Arena. Pero también lo son los suelos de otras llanuras endorreicas, como la del Llano de Ucanca, tomado como ejemplo paradigmático de Las Cañadas del Teide, especialmente para conocer las características de suelos donde el proceso aluvial ha sido fundamental en su génesis.

Los primeros datos obtenidos mediante análisis granulométrico sitúan las arenas totales entre 77,55 y 83,12% en la Talla 5. Siendo posteriormente

<sup>49</sup> Que en este caso habrían ocasionado efectos propios del choque de partículas de arena por saltación y reptación entre las situadas en un rango de 200-50  $\mu\text{m}$ .



modificados por la posterior analítica, que los sitúan entre 74,65-85,80%. Lo cual confirma el alto componente arenoso de las muestras del sedimento de la estructura de combustión de CH-N3. Un aspecto que creemos fundamental, también en sus variaciones, a lo largo de la secuencia estratigráfica, destacando la relación establecida entre el propio proceso de formación del sedimento arqueológico con la dinámica del medio que lo acoge (Gráfico 121).



**Gráfico 121.** Curvas acumuladas de la relación entre los contenidos en arenas >200 µm y 200-50 µm en la selección de muestras de la estructura de combustión de CH-N3. J.A.

#### Fracción limo (50-2 µm).

Pese a ser la fracción que presentaba mayores expectativas al comienzo de nuestra investigación<sup>50</sup>, su representación queda reducida a menos del 10% de la granulometría de la talla 5 en la primera estimación, tomada ésta como análisis preliminar. Por lo que su importancia –nivel paleoambiental– queda igualmente circunscrita a la de una fracción escasamente representada. Su única importancia en este caso radica en precisar porqué no es más abundante, así como qué tipo lecturas –por ausencia– pueden confeccionarse con su estimación cuantitativa y estudio microscópico. La fracción limo se encuentra estrechamente vinculada a fenómenos de erosión eólica, siendo de las primeras –junto con las arcillas cuando aun están presentes– en ser arrastradas e incorporadas a las corrientes atmosféricas de moderada energía.

Igualmente importante sería vincular esta fracción, y aun mejor discriminar, entre los contenidos en microfósiles de origen natural (contexto edáfico del yacimiento) y los relacionados con la propia actividad de la estructura de combustión de CH-N3. Lo cual en parte sería posible empleando

<sup>50</sup> Por las mencionadas lecturas asociadas a procesos relacionados con aspectos paleoclimáticos que J. Chaline (1982) propusiera y aplicara para su estudio sobre el Cuaternario. Desde ellas las asociadas a la posible relación con cambios sustanciales en la alta montaña de Tenerife, en periodos prehistóricos, mediante su contenido en microfósiles, especialmente importantes al tratarse –como en este caso– de una estructura de combustión.

criterios microscópicos, mediante la detección de microfósiles vegetales más concentrados que como aparecen en los suelos del Valle de Chafarí. Sin embargo, esto no parece ocurrir, al menos no en todos los casos (tallas/levantamientos).

Como ya hemos propuesto, si el empleo de los datos sedimentológicos de la estructura de combustión puede aportarnos datos sobre las circunstancias paleoambientales que rodearon las actividades antrópicas en CH-N3, la escasez de la fracción limo únicamente corrobora que tales circunstancias eran muy similares al medio ambiente actual, como indican —a nivel de datos granulométricos— las muestras de suelos y sustratos geológicos locales. En ellos, como ocurre en el perfil BLACH-1, los contenidos en la fracción limo son muy bajos, representando únicamente el 10% en varias de las muestras analizadas. Y el nivel de lahar, existente en muchas zonas del Valle de Chafarí y que se constituye como material parental directo de los suelos desarrollados en la zona, además del componente aluvial de la misma, igualmente no alcanza el 13%. Aunque se trata de materiales afectados por procesos diferenciales, en algunos casos el contenido en la fracción limo es similar, al menos en lo que atañe a los primeros centímetros de suelo actual<sup>51</sup>, quedando pendiente aun por establecer una correlación cronológica entre los suelos locales y la estratigrafía de CH-N3. En todo caso, como hemos propuesto, la segunda no puede entenderse sin la primera, ya que los sustratos edáficos suponen buena parte de su base mineral.

Dentro de la complejidad que presenta la interpretación de los contenidos en una u otra fracción de un suelo, o en este caso del sedimento existente en una estructura de combustión, para los limos —por su importancia en los cambios ambientales del Cuaternario— se abren varias vías explicativas que no hemos podido evitar abordar, al menos de forma preliminar. La primera de ellas atañe por supuesto al hecho de que los sedimentos del hogar de CH-N3 han recibido concretos aportes de partículas, nivel por nivel, que podrían funcionar como limos.

A lo largo de esta Tesis ya se menciona que la fracción de los limos puede presentar un alto componente biogénico, particular al que se pretende otorgar relevancia en la práctica edafológica y arqueológica, y en general toda aquella que contemple el estudio de las propiedades físicas de suelos y sedimentos. Pero lo cierto es que se trata de un aspecto sumamente importante, al menos en el plano biológico, porque es en él donde un suelo deja de tener propiedades físicas —formado por una textura eminentemente mineral— y donde las fracciones granulométricas no están únicamente formadas por partículas minerales y coloidales. Las concentraciones de fitolitos y microalgas silíceas son un buen ejemplo de cuando suelos y sedimentos han recibido aportes biominerales, por causas naturales o antrópicas, o la unión de ambas. Entonces, pese a que tales partículas puedan

---

<sup>51</sup> Como puede comprobarse el contenido en la fracción del suelo del centro del Valle de Chafarí, muestreado desde el perfil Chafarí-I, indica que los contenidos de la fracción limo se incrementan con la profundidad. Comparados dichos contenidos con los detectados en la selección de muestras de CH-N3, únicamente concuerdan hasta aproximadamente 15 cm. de la superficie actual del Valle, luego se produce un incremento gradual en profundidad.

funcionar en su mayoría como limos, por estar especialmente insertas en esa fracción (Pinilla & Bustillo, 1997; entre otros), su presencia está indicando aspectos biológicos asociados a la propia formación de suelos y sedimentos, los cuales no pueden ser pasados por alto. Pese a que su interpretación aun esté por realizarse de forma específica, esto es, asociada a uno u otro proceso –natural u antrópico– en el tiempo.

Otra lectura sobre la escasez de limos viene dada por las causas de su ausencia, sobre todo si asociamos ésta a eventuales procesos que han propiciado su eliminación de sustratos donde podrían estar presentes en mayor cuantía. Una huella de ello podría ser el aspecto que muestran algunas partículas de limo grueso, de formas redondeadas, esféricas u ovaladas, bordes romos y puntos de impacto. Y que podrían asociarse a procesos de erosión eólica, en este caso de llegada al sustrato analizado, pero que bien podría ilustrarnos también del proceso contrario, dada la alta predisposición de tales partículas para incorporarse a las corrientes atmosféricas (**Figura 622**).



**Figura 622**, Partícula de limo con signos de afectación tafonómica eólica.

Desde luego que el haber localizado altas concentraciones en la fracción limo, al menos aquella que puede vincularse al aporte edáfico al sedimento de la estructura de combustión de CH-N3 hubiese aportado datos sobre un paleoambiente diferente al actual, mientras duró la actividad antrópica aborígen en ese enclave. Algo que no parece producirse, si empleamos como “filtro analítico” el conjunto de reflexiones que pueden hacerse en torno a los resultados obtenidos y las pruebas realizadas. Efectivamente los sedimentos de CH-N3 no presentan contenidos relevantes en la fracción limo después de haber neutralizado los elementos cementantes, especialmente los carbonatos, y sobre todo después de comprobar que la muestra resultante tampoco es rica en silicificaciones, al menos en la mayoría de las muestras, con clara excepción en algunas pertenecientes a los levantamientos 5 y 7, donde las silicificaciones vinculadas a la combustión de productos vegetales es más relevante. Aun es esos casos, donde las preparaciones dejan ver múltiples agregados silíceos como mayoritaria forma microfósil, la fracción limo es escasa.

Pero esa escasez de limos... ¿es o no es una constante en Las Cañadas?. Al menos así ocurre en algunos suelos del Llano de Uanca o del Barranco de La

Arena pero, como ya hemos mostrado, no tanto en el Valle de Chafarí<sup>52</sup>. Desde luego que ante las observaciones realizadas en esta zona, y concretamente sobre el parámetro “viento” éste parece ser de baja intensidad pero constante<sup>53</sup>. Desde luego que si nos atenemos a las evidencias edáficas por un lado, que aun deben correlacionarse con las arqueológicas y éstas por otro, se llega a la conclusión de que las condiciones ambientales –aquellas que involucran a los limos como fracción indicadora de las mismas– del Valle de Chafarí han variado. Planteando dos momentos básicos, en un primer momento –bastante anterior a la ocupación humana– en los procesos que involucran al “parámetro eólico” predominaría el depósito frente a la erosión, de ahí la tendencia creciente (en profundidad) en la fracción limo mostrada en el Perfil Chafarí-I. Luego gradualmente se produciría otra situación, donde la erosión predominaría sobre el depósito de fracciones finas, con el descenso de las mismas en línea creciente, desde el holoceno, hasta la actualidad. En unos momentos perfectamente definidos por los sedimentos de CH-N3 se produce la ocupación humana del entorno, que coinciden con otros momentos –menos conocidos– en la secuencia de los suelos del contexto de Chafarí. Pero en ambos la tónica, en cuanto a los procesos donde el viento se encuentra involucrado como agente erosivo, es ya la misma.

#### **Resultados de la segunda analítica granulométrica.**

Los resultados obtenidos con el segundo análisis granulométrico, realizado con mayor cantidad de muestra y sobre una selección de las pertenecientes a la estructura de combustión de CH-N3, confirman los resultados comentados anteriormente. Efectivamente la fracción limo no supera –en las muestras arqueológicas analizadas– el 12%, distanciándose también en este sentido un tanto del contenido de la superficie actual del terreno, que supera el 14%.

En la mencionada selección, los contenidos en limos presentan su mínimo valor en el levantamiento 3 (6,53%) y el máximo en el 5 (11,37%). Cabe destacar que, con la excepción que suponen las características del sustrato edáfico superficial actual, los resultados en la fracción limo tampoco son homogéneos entre los diferentes levantamientos. Podríamos encontrar una cierta similitud, primeramente referente a los valores más bajos, entre los levantamientos 3, 4 y 6, mientras que en sentido contrario las similitudes se localizan en los levantamientos 2, 5, 7 (centro hogar) y 7 (límite del hogar),

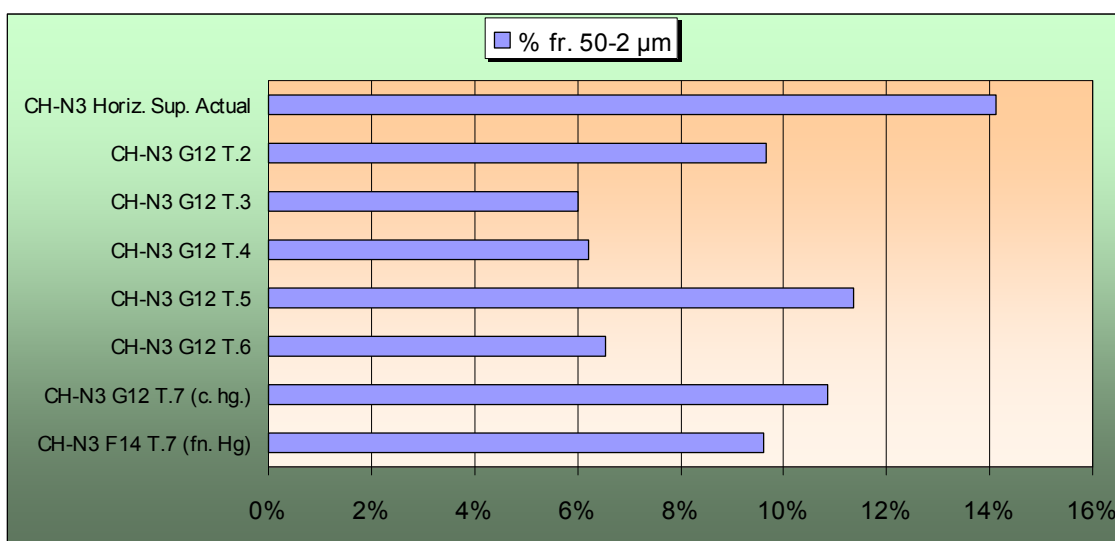
---

<sup>52</sup> Como veremos con el estudio concreto de la zona del Valle, mediante las muestras obtenidas del perfil Chafarí-I, la mayoría de éstas presentan valores >10% en la fracción 50-2 µm.

<sup>53</sup> Aunque los datos aportados por Bustos & Delgado (2000) pertenecen a serie del Observatorio de Izaña y la situación de esa zona es netamente diferente al Valle de Chafarí, los autores destacan los flujos que pueden afectar a Las Cañadas durante el año y que, al contrario que en Izaña, donde los dominantes son del cuarto cuadrante (WNW) existen situaciones en las que el componente es S, siendo SW con ocasión de las perturbaciones atlánticas, SE en invierno y SE en verano, con la llegada de aire sahariano.

que presentan los valores más elevados, todo ello dentro de la manifiesta escasez en esta fracción<sup>54</sup>.

Desde tales resultados se comprueba que no existe predominancia de la fracción limo, al menos en la selección de muestras analizadas con mayor volumen de las mismas. Ya que según nuestros datos son las fracciones correspondientes a las arenas (primero  $>200 \mu\text{m}$  y luego  $200-50 \mu\text{m}$ ) las que presentan un claro predominio en la estructura de combustión. En la selección de muestras arqueológicas analizada, solamente dos de ellas superan el 10% en la fracción  $50-2 \mu\text{m}$ , lo cual ofrece una nítida idea del bajo contenido en ésta en los sedimentos de la estructura de combustión de CH-N3 (Gráfico 122).



**Gráfico 122**, Porcentaje de la fracción limo en la selección de muestras de la estructura de combustión de CH-N3.

### Componente biomineral de la fracción limo de CH-N3.

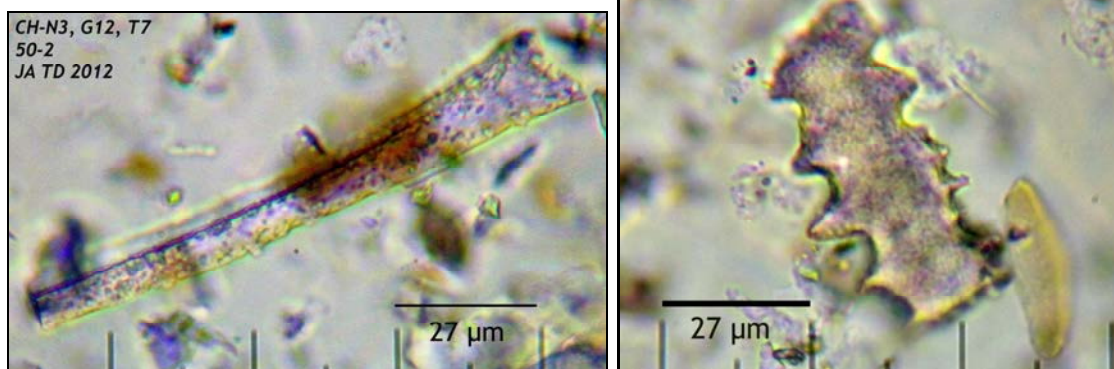
Salvo en aquellas muestras donde los conjuntos de fitolitos están compuestos mayoritariamente por agregados silíceos, tallas 5, 6 y especialmente 7, el componente biogénico se basa en partículas, cristales o sus fragmentos, de base carbonatada. Aquí cabe encontrar igualmente fitolitos de células cortas y algunos quistes de crisofitas. Una vez atendido el aspecto de la relevancia de las biomineralizaciones de base carbonatada y siendo necesaria la eliminación de éstas para proceder al estudio del componente silíceo, se intentó en la medida de lo posible detectar el de origen biogénico, aunque

<sup>54</sup> Si tomásemos como única referencia la valoración de los contenidos en limo, con fines paleoambientales, aportada por Chaline (1982) y situada en torno al 70% tras la descarbonatación de las muestras, desde luego que no estamos ante un sustrato que podamos asociar a condiciones propias de climas más fríos, como ocurre con los denominados suelos de loess europeos y asiáticos. En todo caso se trata de suelos desprovistos de limos en su gran mayoría, bien porque nunca los hubo, bien porque diferentes procesos pudieron hacer que resultaran eliminados de suelos y sedimentos. Pero en definitiva no estamos ante uno de esos casos donde la fracción limo ha resultado acumulada, obviedad que ya era indicada con la estimación de la fracción arena ( $>200 \mu\text{m} + 200-50 \mu\text{m}$ ).

muy probablemente una proporción del mismo solamente podrá ser entendido como fruto de una acumulación de silicificaciones sin propiedades de diagnóstico. Para ello se estudiaron al microscopio tres muestras de limo (50-2  $\mu\text{m}$ ) que correspondían a dos muestras del hogar (CH-N3, G12, T.5; CH-N3, G12, T.7) y la superficie cercana del Valle actual (CH-VLL-Sup. Edáf.):

CH-N3, G12, T7:

- Elevado componente silicificado, pero con escasa representación de morfologías de diagnóstico.
- Quistes de crisofitas, esféricos, lisos con poro o collar simple, 6-7-9  $\mu\text{m}$ .
- Posibles abundantes agregados silíceos.
- Células cortas trapezoidales (fitolitos de...).
- Células largas equinadas y sección elíptica (**Figura 624**).
- Indicios células largas equinadas/dendriformes tipo inflorescencia o grano de gramíneas cultivadas (**Figura 626**, blanco).
- Indicios de células largas, lisas, sección triangular, tipo detectado en rizoma de pteridofitos (*Pteridium aquilinum?*), **Figura 623**.
- Fitolitos de apéndice epidérmico tipo *Poaceae* (**Figura 625**).
- Abundantes partículas silicificadas de tamaño limo medio y grueso (y superiores).
- Escasa representación de los limos finos.
- Signos constatables de proceso de disolución de  $\text{SiO}_2$ , en partículas biogénicas y minerales.
- Componente mineral con afectación tafonómica de origen eólico prácticamente ausente.



**Figura 623** (Izqda.), fragmento silicificado de probable sección triangular. **Figura 624** (Drcha.), Fragmento fitolito equinado y sección elíptica. Ambas 600x.

Desde luego que en este nivel hay que destacar la presencia de morfologías en principio no propias del ambiente vegetal de acogida y que podrían suponer indicios de plantas alimenticias foráneas, portadas e introducidas desde zonas más bajas, como los cereales y el rizoma de helechos del tipo de *Pteridium aquilinum*. Que marcan de nuevo la pista de una alimentación complementaria en lo vegetal, donde determinadas coyunturas económicas y sociales pudieron —en este caso— estar relacionadas con el recurso a productos de recolección

muy habituales en la dieta aborígen. Planteando, a modo de hipótesis en este caso<sup>55</sup>, que compensasen la limitación al acceso de los que de forma tradicional habían supuesto la base alimenticia de las poblaciones aborígenes, caso de los cereales.



**Figura 625**, Silicificaciones y partículas minerales en limos del levantamiento 7, la flecha señala un silicofitolito de apéndice epidérmico *Poaceae*. 600x.

#### CH-N3, G12, T.5:

- Alto componente silicificado no de diagnóstico.
- Quistes de crisofitas, esféricos, poro o collar simple, 6-7-9 μm (626).
- Indicios células largas trapezoidales sinuosas.
- Indicios células largas equinadas/dendriformes, tipo inflorescencia o grano de gramíneas cultivadas (**Figuras 626-627**).
- Células cortas trapezoidales o cónicas.
- Fragmentos de espículas de esponjas silíceas.
- Componente mineral con afectación tafonómica eólica muy escaso.
- Microcarbón escaso.
- Escasa representación de los limos finos.

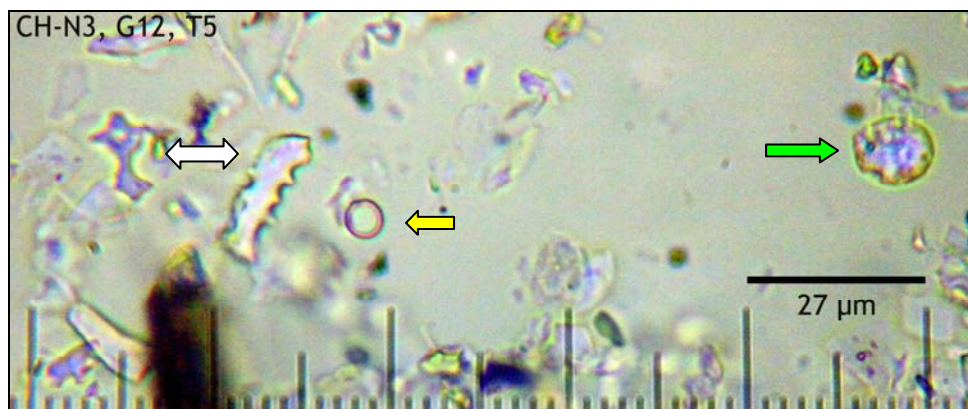
#### CH-VLL-Superficie edáfica:

- Descenso significativo de silicificaciones.
- Aumento de limos finos, piroxenos de augita.
- Apéndices epidérmicos *Poaceae*.
- Quistes de crisofitas aislados, esféricos, poro o collar simple, hasta 9 μm.
- Formas silicificadas globulares, lisas, tamaño hasta 10 μm, macizas.

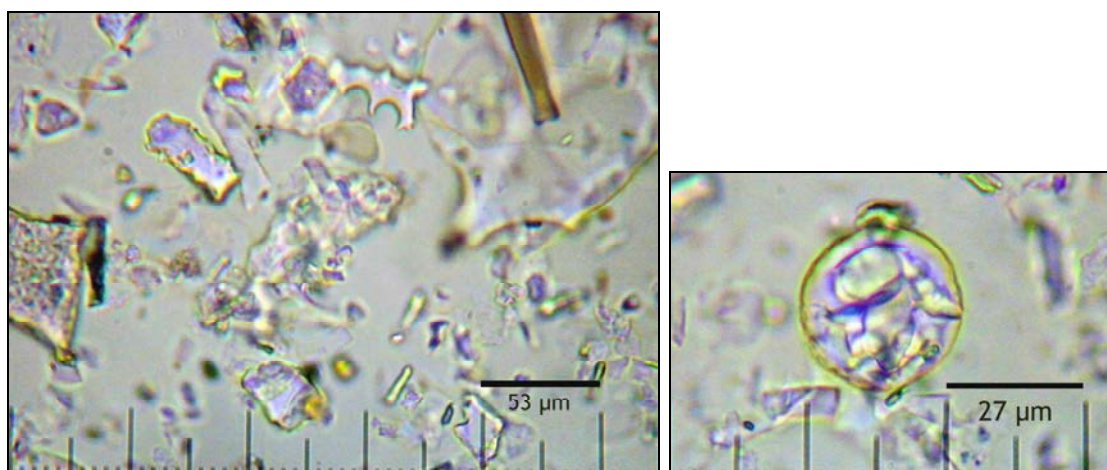
Los resultados de la inspección microscópica, de la selección de limos arqueológicos, revelan un componente silicificado muy elevado, aunque baja capacidad (preliminar) a nivel morfométrico y de diagnóstico. Especialmente en las muestras correspondientes al hogar destacan los limos gruesos (50-20

<sup>55</sup> En función de la tardía cronología de los últimos habitantes guanches de Chafarí, hacia el siglo XV d.C.

$\mu\text{m}$ ) y medios (20-8  $\mu\text{m}$ ), con muy escasa participación de los finos (8-2  $\mu\text{m}$ ). Incluso se detectan tallas  $>50 \mu\text{m}$  derivadas de la inexactitud de los pasos de malla de los tamices<sup>56</sup>. El bajo contenido en limos finos únicamente se



**Figura 626**, Varias tipologías de microfósiles en los limos de la talla 5. En blanco: fragmentos silicofitolitos de células largas equinadas; en amarillo: quiste de crisofita; verde: ¿silicofitolito globular liso?. 600x.



**Figura 627** (Izqda.), Limos altamente silicificados en el levantamiento 5, 300x. **Figura 628** (Drcha.), ¿Posible silicificación globular?, 600x.

invierte en la muestra edáfica superficial actual, donde cambian tanto su concentración (claramente al alza) como su composición, dejando de ser altamente silicificada. Probablemente en este caso porque las detectadas en los limos arqueológicos son en buena parte de origen biogénico, o bien porque se ponen de manifiesto condiciones diferenciales en la creación del depósito arqueológico, por un lado, y el edáfico por otro.

<sup>56</sup> Se trata ésta de una cuestión recurrente, dado que las partículas no suelen presentar formas esféricas y sí de tendencia rectangular, o simplemente más larga que ancha, lo cual facilita —cuando el extremo más estrecho supera las 50  $\mu\text{m}$ — que “se cuelen” por los orificios teóricamente dimensionados en 50x50  $\mu\text{m}$ . Sumado a ello, como efecto que potencia el anterior, está la práctica de emplear agua destilada a presión (manual) con la ayuda de un pincel fino, lo cual obviamente facilita que partículas del rango de las arenas traspasen el límite de 50  $\mu\text{m}$  de los limos.



El componente biogénico asociado a fitolitos parece reducirse a ejemplos aislados de células largas y cortas, en algunos casos *Poaceae*. Llamando la atención la presencia de fragmentos aislados de células largas equinadas o dendriformes en origen, propios de las inflorescencias de gramíneas cultivadas o sus granos, aunque se detectan a nivel de indicios. Igualmente resulta interesante, por orientar la identificación cualitativa hacia el componente alimenticio, la identificación de células largas con sección triangular y superficie parcialmente horadada como las presentes en el rizoma de *Pteridium aquilinum*<sup>57</sup>.

Sin embargo, el componente biogénico que parece más numeroso lo protagonizan quistes de resistencia de algas crisofitas, esféricos y pequeño tamaño que resultan especialmente concentrados en la muestra de la T.5. Estos quistes son de nuevo observados en la muestra del levantamiento 7 y con bastante menos frecuencia en la superficie edáfica actual del Valle.

Otros rasgos rastreados pero no detectados, al menos de forma relevante, son las huellas de procesos tafonómicos eólicos, prácticamente inexistentes en las tres muestras. La práctica totalidad de las partículas, minerales y biominerales presenta formas alargadas, angulosas, siendo casi inexistentes las de bordes romos y con huellas de impacto. No parece poder confirmarse dicho componente entre los limos analizados<sup>58</sup>.

Sin embargo, sí lo son aquellos vinculados a los de disolución de SiO<sub>2</sub>, especialmente evidentes en la muestra del levantamiento 7. Donde igualmente pueden observarse abundantes ejemplos de agregados silíceos.

Con respecto a la muestra proveniente del suelo actual del Valle, ya he comentado que son notables las diferencias con las anteriores, tanto en características de las partículas de limo como en el registro microfósil, que experimenta algunas variaciones. En cuanto a las primeras, resulta relevante la disminución de las partículas altamente silicificadas, sin morfología definida, con el incremento de otras más finas y claro predominio de los piroxenos de augita. El registro microfósil queda aun más restringido si cabe que en los niveles arqueológicos, con ejemplares muy aislados de quistes de crisofitas, de similares características pero incorporando algún morfotipo que hace alusión a posibles cambios paleoambientales.

Una de las conclusiones que pueden plantearse, a tenor de los datos y CH-N3, es obviamente que se trata de una fracción escasamente representada, más aun tras comprobar que en parte posee un componente biogénico, muy elevado en determinadas muestras de determinados levantamientos. Lo cual obliga a plantear que la estimación de la fracción limo es en algunos casos mucho menor a lo que cabría esperar, al menos en cuanto a un componente netamente mineral. Pese a que ello tenga una clara repercusión paleoambiental, definiendo condiciones en parte similares a las actuales, lo cierto es que nos encontramos ante una escasa pero relevante fracción

---

<sup>57</sup> Indudablemente la sola presencia a nivel de indicios de este tipo de silicificaciones aconseja un nuevo estudio de microfósiles vegetales, empleando en este caso la técnica de concentración —de todos los grupos biominerales— por flotación en un líquido pesado.

<sup>58</sup> Ver igualmente los datos referentes a la fracción limo del propio Valle de Chafarí, observados en detalle con motivo del estudio del perfil Chafarí-I.

mineral en CH-N3, ya que en ella se localizan tanto evidencias del entorno como del entorno antropizado<sup>59</sup>. Las evidencias mostradas con el estudio selectivo de un grupo de muestras, creo que únicamente indican (demandan) las posibilidades de un estudio microarqueológico, sobre la totalidad del conjunto muestral de la estructura de combustión de CH-N3, que podría aportarnos conocimiento complementario del funcionamiento de este enclave en tiempo y espacio definidos<sup>60</sup>.

#### **Fracción arcillas (<2µm).**

Dentro de las lecturas obvias, para un tipo de sustrato arqueológico donde predomina la fracción arenas, se encuentra la estimación (inicial y final) de sus bajos contenidos en arcilla (**Gráfico 123**). En casi todos los casos el contenido en partículas <2 µm se sitúa por encima de 8% (3 muestras) y 10% (5 muestras). Pero aun así parecen valores relativamente altos, sobre todo si los resultados son comparados con los obtenidos en el perfil edáfico Chafarí-I, donde el máximo supera en pocos puntos 10%. Posiblemente en este caso, como ocurre con los limos, existe una causa directamente vinculada al carácter del sedimento analizado, donde sin duda se han depositado partículas <2 µm de origen carbonatado y silíceo, dadas las particularidades de la flora local y su reducción a ceniza y carbón. Y que en muchos casos son observadas en las preparaciones confeccionadas con la muestra en bruto.

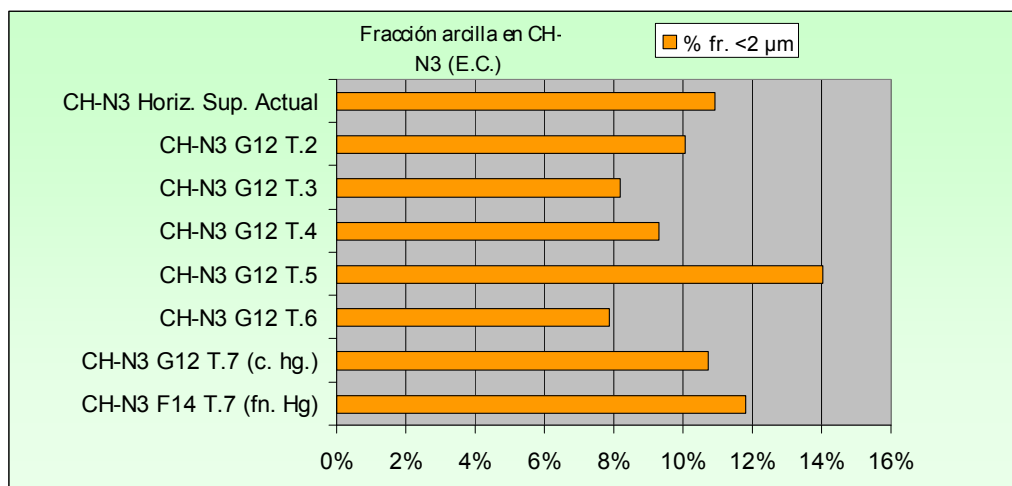
#### **Cuestiones asociadas al componente biogénico de la fracción arcilla.**

Sin embargo, su estudio microscópico no puede ir por el momento más allá de afirmar que efectivamente, corroborando la incidencia del funcionamiento de la estructura de combustión en el sedimento de CH-N3, las arcillas del sedimento igualmente presentaban un carácter biogénico, al menos en parte de las mismas. Y es que aquí, como en otros aspectos relacionados con un sedimento vinculado a prácticas antrópicas, debemos introducir al menos a nivel de hipótesis, planteamientos de lo que pueden calificarse resultados parcialmente parcos para la fracción coloidal. Ya que el hecho de la coexistencia de partículas minerales con biominerales, introducidas éstas en parte por una acción antrópica inducida, obliga a analizar las partículas <2 µm para comprobar si responden a parámetros propios de las de origen edáfico/sedimentario natural, o bien a aquellas derivadas de la desestructuración (química/térmica) de oxalatos de calcio contenido en las

<sup>59</sup> Discriminar uno y otro —limos y partículas de tamaño limo biogénicas— creo que podría ser todo un tema para otro trabajo, quizás otra Tesis o cualquiera que sea su forma científica, pero en todo caso de suma importancia para el pasado biológico y antrópico de Las Cañadas. *Los limos de Chafarí*.

<sup>60</sup> Dicha labor, inicial y teóricamente contemplada en la presente Tesis, debía acotar primeramente las posibilidades del sustrato arqueológico de CH-N3, lo cual pronto se reveló de alta complejidad, dadas sus características químicas y físicas. A ello se sumó la complejidad biomineral de la flora local y a todo...la pericia metodológica y los métodos empleados. Todo lo cual termina indicándonos que únicamente la práctica con muy diversos materiales, empleando el método menos lesivo y quizás más simple, puede llevarnos a lograr percibir lo buscado como objetivo prioritario: la búsqueda de la mayor cantidad de información fiable posible. Al cierre de esta Tesis doctoral, pero sólo ahora, se puede percibir el abordaje, del estudio completo de los sedimentos de CH-N3, como posible.

materias vegetales empleadas como material combustible. Conociendo que las partículas vegetales derivadas del choque térmico, situado entre 430-510 °C, producen pseudomorfos de calcita y que éstos si la temperatura supera los 600 °C se reducen a partículas de cal (Brochier & Thinon, 2003), la fracción arcilla de la estructura de combustión podía no sólo presentar una fracción coloidal derivada de su compleja génesis natural, sino también de la reducción de originales oxalatos de calcio en cal, bajo la forma de diminutos cristales de calcita. Pequeñas cristalizaciones que son precisamente las que creemos pueden observarse formando parte del sedimento, al menos antes de proceder a la descarbonatación de las muestras.



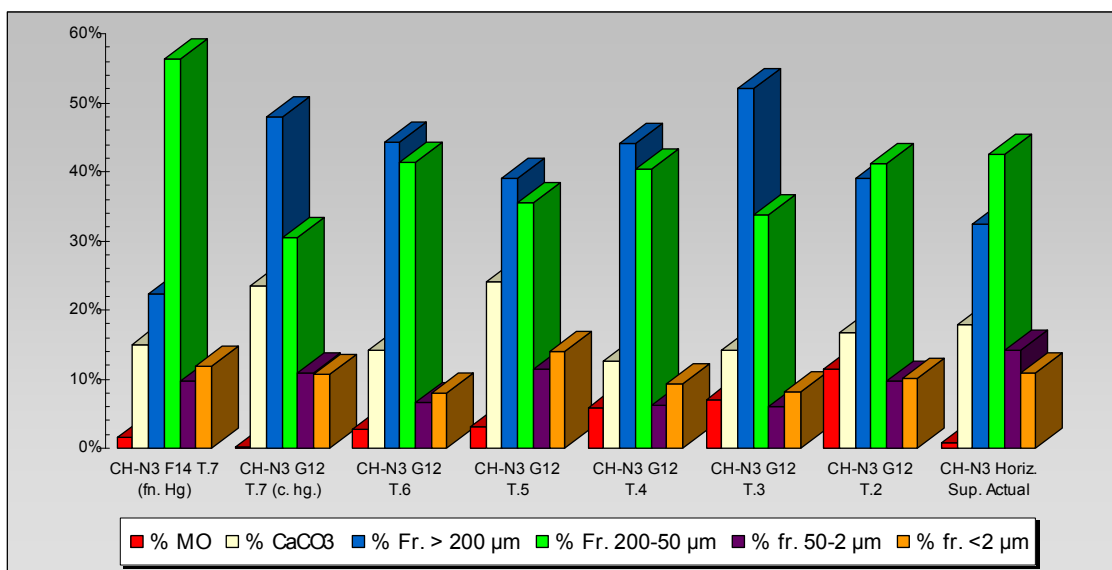
**Gráfico 123,** Contenidos en la fracción arcilla en CH-N3.

### Conclusiones sobre la caracterización parcial de sedimentos.

Las consideraciones finales, en base a todo lo mencionado, pueden concluirse con una valoración realizada sobre los resultados totales de los parámetros obtenidos por vía analítica, como los contenidos en materia orgánica, carbonatos y fracciones granulométricas (**Gráfico 124**), que entre todos sólo constituyen una parte de los parámetros (químicos y físicos) que caracterizan en parte la matriz que engloba los registros microfósiles, tomados estos últimos como motor real de las analíticas.

En base a dichos resultados pueden extraerse varias conclusiones, al menos sobre aquellos parámetros predominantes, susceptibles de ser puestos en relación con sustratos cuya formación deriva tanto de elementos naturales (suelos y condiciones ambientales) como de diversas actividades de origen antrópico. Entendiendo que en este último caso se produjo —con cambios en el tiempo— tanto aportes de materiales del entorno (en diferentes grados de cercanía) del yacimiento como modificaciones internas de éste.

De todos esos parámetros y en orden de predominancia, la fracción arenas >200  $\mu\text{m}$  aporta el primer datos destacable, puesto que caracteriza la mayoría de las muestras de la selección realizada, lo que supone entre el 50 y 20% de las mismas. Los contenidos en arenas 200-50  $\mu\text{m}$  son los siguientes en entidad y luego, netamente inferiores los vinculados a las dos fracciones restantes —limos y arcillas—, que aunque con variaciones presentan valores similares, alternantes en cuanto a su predominancia.

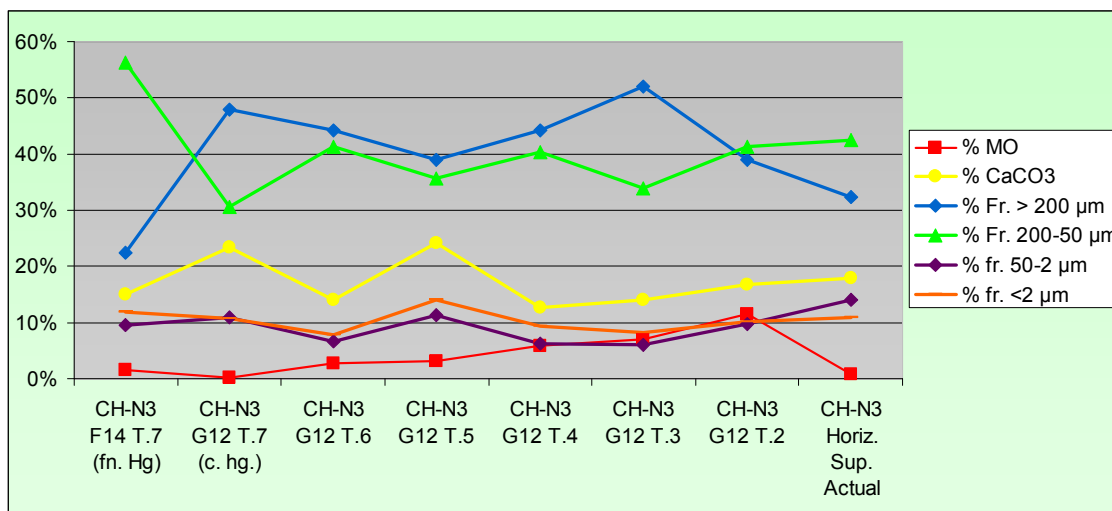


**Gráfico 124.** Contenidos conjuntos (%) de materia orgánica (M.O.), carbonatos (CaCO<sub>3</sub>) y fracciones granulométricas en selección de muestras de la estructura de combustión de CH-N<sub>3</sub>. J.A.

Llevando tales resultados al plano de los microfósiles, las impresiones preliminares con este fin son muy adversas, ya que si exceptuamos la fracción arenas 200-50 µm, que en ocasiones contiene parte de los microfósiles comunes<sup>61</sup> de mayor tamaño (150-100 µm), es la de los limos totales la que suele contener la mayoría de morfologías de fitolitos, tanto de células cortas (éstos especialmente) como largas. En la fracción arcilla resulta –por lo general– muy complejo llevar a cabo una filiación biológica de los microfósiles allí representados, salvo que se trate de los de tamaño que ronda las 4-5 µm y <2 µm, como ocurre con los quistes de algas crisofitas. Se llega así a la conclusión de que una mínima parte del sedimento arqueológico soporta la responsabilidad de contener evidencias de esta naturaleza. De tal forma de que, en esos 0,3680 grs. de muestra promedia de la fracción limo, que equivale a un 9,30% del peso total de partida (±5 grs.), deben contenerse las claves para valorar e interpretar el posible registro microfósil de origen vegetal.

Por su parte el cruce de información entre los diferentes parámetros, considerados para caracterizar parcialmente la matriz de los sedimentos portadores de microfósiles, aporta también aquí la idea de cambios en el ambiente sedimentario de la estructura de combustión de CH-N<sub>3</sub>. Efectivamente la gráfica de curvas acumuladas, al margen de la información ya proporcionada por la observación de todos los valores de parámetros contemplados (**Gráfica 125**), indica características de la matriz sedimentaria que sólo de este modo parece posible evidenciar. Obviamente en ellas el primer bloque de información lo aportan la similitud o diferencia de grupos de valores que, como los contenidos en materia orgánica, fracción arcilla y limo resultan los más bajos y estables.

<sup>61</sup> Con la ya mencionada salvedad de los esqueletos silíceos o fragmentos silicificados de tejido vegetal procedente de hojas, tallos o inflorescencias, en este caso hemos observado dimensiones que pueden superar ampliamente las 200 µm.



**Gráfico 125,** Curvas acumuladas de los datos obtenidos sobre la matriz sedimentaria de la selección analizada de CH-N3.

Los valores situados hasta un máximo que ronda 10% pertenecen a esos parámetros, siendo –como ya se ha expresado– reseñable el incremento en el porcentaje de materia orgánica oxidable observado en la muestra perteneciente al levantamiento 2. Luego son los valores en carbonatos los que introducen cierto matiz diferenciador, por levantamientos, que ya han sido analizados en detalle. De ambos sigue siendo evidente la diferencia entre el moderado contenido en carbonatos y el bajo en materia orgánica oxidable.

A nivel granulométrico la relación entre las fracciones arcilla y limo mantienen una sorprendente y moderada paridad que les convierte en las fracciones menos representadas, a gran distancia de las arenas >200 μm y las situadas entre 200-50 μm.

#### La cuestión paleoambiental: limos y microfósiles.

Los resultados obtenidos con la estimación de la fracción limo y su comprobación microfósil pueden tomarse conjuntamente para abordar la cuestión paleoambiental y arqueobotánica. Como veremos, la cuestión resulta tan relevante como para poder plantear que disponemos de datos suficientes para evaluar dicha cuestión desde ambos parámetros en los suelos y sedimentos arqueológicos del Valle de Chafarí. O al menos para cerrar el ciclo investigador sobre la posibilidad de identificar cambios paleoambientales desde su estudio, siguiendo la tan mencionada “cuestión Chaline”.

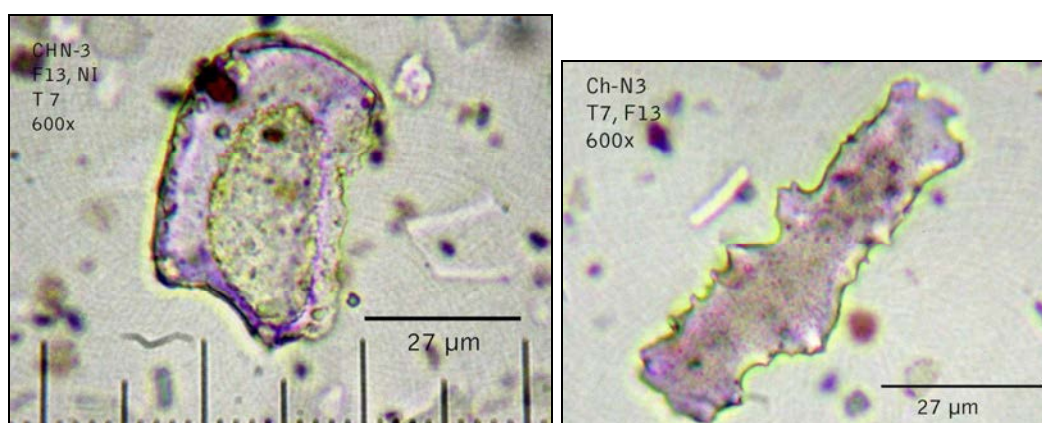
Los valores de los limos en CH-N3 son tan bajos como los primeros niveles del perfil Chafarí-I, con la salvedad que posteriormente, a medida que se sobrepasan los 15 cm. dichos valores ascienden de forma nítida, hasta situarse, a 45 cm. (límite muestreado) en >30%. La conclusión o mejor hipótesis a la que llegamos es que efectivamente estamos ante secuencias, edáficas primero y arqueológicas después, donde las condiciones ambientales fueron diferentes a las actuales, al menos para propiciar que los valores de la fracción 50-2 μm no se mantengan estables en las secuencias cronológicas que reflejan los valores a diferentes profundidades. Ciertamente esas condiciones, propicias para la acumulación de limos, se dieron cuando el sustrato edáfico del Valle de Chafarí no presentaba la potencia actual. Luego, gradualmente

tales condiciones fueron haciendo que su porcentaje descendiese, hasta llegar a un escaso 10%, que tanto presentan la parte de los sedimentos arqueológicos de CH-N3 que podemos vincular al contexto edáfico, como los niveles superiores del suelo central del valle.

El ciclo de investigación en ese sentido parece haberse cerrado, pese a que no se disponga de constatación cronológica absoluta de tal hecho. Los bajos contenidos en microfósiles de los limos más abundantes, los situados entre 15 y 45 cm. del Valle colaboran planteando que la cubierta vegetal podría ser aun más claramente ocupada por escasas gramíneas de la subfamilia *Pooideae*, a la que pertenecen tanto *Arrhenatherum* como *Bromus*, aunque son los restos silicificados de la primera los que mayor claridad y entidad microscópica presentan. Pero en todo caso un periodo donde quizás existían unas condiciones ambientales de menor temperatura y precipitaciones, las cuales ya habrían desaparecido, o al menos atenuado, algunos miles de años antes de la llegada humana a la zona de Las Cañadas. Al menos desde el estudio de los limos y su contenido en fitolitos así parece posible plantearse, de forma preliminar.

#### Evidencias de procesos de disolución de SiO<sub>2</sub>.

Los moderados contenidos en carbonatos del sedimento —y probablemente también de los suelos que han influenciado al primero a lo largo de la secuencia de formación del yacimiento—, ya pueden tomarse como indicativo de la posible apertura de procesos de disolución de SiO<sub>2</sub> sobre las silicificaciones fósiles del mismo. En este sentido, el microambiente sedimentario de los niveles que componen la estructura de combustión, habrían generado condiciones que habrían favorecido tal disolución, en especial su pH, que en la actualidad solamente puede considerarse básico en dos puntos (T.5 y 7) de la selección analizadas. Pero en todo caso no se trata de un proceso detectado en todas las muestras, ni siquiera en todas las silicificaciones presentes en una misma (**Figura 630**), aunque en algunos sus signos resultan inequívocos (**Figuras 629**).



**Figura 629** (Izqda.), Posible fitolito de célula buliforme cuneiforme afectado por proceso de disolución de la sílice que lo integra. **Figura 630** (Drcha.), Fitolito de célula larga con ornamentación dendriforme en origen también detectado en la cuadrícula F13, T.7, pero sin indicios de disolución. Ambas 600x.

La escasez de silicofitolitos supone también aquí una limitación a la hora de obtener información indirecta, que sí ha sido posible en otros contextos arqueológicos<sup>62</sup> y edáficos<sup>63</sup>. En todo caso las evidencias parecen indicar de que se trata de un proceso que afecta de desigual manera a las diferentes zonas y niveles de la estructura de combustión.

### Conclusiones sobre los sedimentos de CH-N3.

Sin duda los sedimentos estudiados de la estructura de combustión de CH-N3 y zonas anexas, e incluso externas al yacimiento, son de suma importancia, tanto a nivel arqueológico como paleoambiental. Si el primero es el objetivo principal de su estudio microscópico y analítico, el segundo se ha revelado con similar relevancia. Y lo es porque responde a preguntas que solamente se habían formulado como complementarias de las generadas por el abordaje del primer objetivo.

Los sedimentos de Chafarí parecen descartar la idea de unas condiciones ambientales más frías que en la actualidad, todo lo contrario, parecen marcar una pauta que las asemeja al periodo holocénico reciente. Al menos si se toman, como referencias parciales, el registro de la fracción limo a nivel edáfico, los contenidos en los sedimentos de la estructura de combustión y las lecturas arqueobotánicas, las derivadas del análisis antracológico de los mismos (Machado & Galván, 1997). Lo cual no hace sino acercarnos a un todo explicativo final: los sedimentos muestran parámetros similares y disímiles con respecto a lo que conocemos de los suelos y vegetación del entorno actual, dependiendo de estar ante una u otra muestra. Sólo una parte de esos sedimentos tiene la capacidad de contener información referente a las partículas microscópicas de origen vegetal vinculadas con su componente antrópico. Por el contrario, el resto de la matriz sedimentaria —lejos de la esterilidad informativa— nos aporta datos sobre sus principales características, también del entorno donde se han gestado plantas, suelos y sedimentos. Sabemos así que una y otra información se complementan, para ofrecernos la idea de que las referencias vegetales buscadas y los sustratos portantes ya en parte conocidos, ofrecen un mínimo pero diferencial corpus informativo, basado más en evidencias de base carbonatada que en las de tipo silíceo con propiedades de diagnóstico.

Hasta tal punto ha sido relevante el cambio de ruta informativa, que la fracción arcilla, despojándose de su habitual rango de fracción fundamental para el desarrollo biológico, ha pasado a contener algo tan simple pero tan complejo como partículas de cal. Pero no unas partículas cualquiera, sino aquellas que han pasado de formar parte de plantas de Las Cañadas del Teide a elementos de combustión, con varias funciones en el seno de una/s sociedad/es histórica/s y depositarse, finalmente, como cristales de carbonato cálcico <2 µm.

---

<sup>62</sup> Por ejemplo en varios niveles de La Cerera.

<sup>63</sup> Sin duda los registros de fitolitos afectados por disolución, localizados en paleosuelos, como Los Roques y DECA-1 son magníficos ejemplos de este proceso, que se vincula a condiciones alcalinas y en la mayoría de los casos parece relacionarse con el aumento del pH por aportes de carbonatos, bien por acumulación desde la presencia de agua bien por deposición de tejidos vegetales quemados por incendios.

Sin duda la caracterización parcial de este grupo de sedimentos ha facilitado comprobar aspectos básicos de la matriz que envuelve microfósiles, y sobre todo indicarnos qué relación (al menos cualitativa) existe entre ambos. Sin lugar a dudas, posteriores estudios habrán de incidir en las características completas (cualitativas y cuantitativas) de ambos conjuntos microfósiles: carbonatados (originalmente de oxalatos y de fosfatos) y silíceos, no exentos en ambos casos de complejidad. Por lo pronto, entre los resultados de CH-N3 y los emanados del estudio paralelo de los suelos locales (Chafarí-I) se han detectado dos situaciones netamente diferentes, que a nivel microarqueológico resultan ya adecuadas para los objetivos inicialmente marcados<sup>64</sup>.

### Registro microfósil vegetal en los sedimentos de la estructura de combustión de Chafarí Norte 3.

#### Consideraciones preliminares

Las analíticas de microfósiles, llevadas a cabo sobre este yacimiento, se caracterizan primeramente por su complejidad, vinculada a varios aspectos relacionados con la propia matriz de los sedimentos analizados y que fueron detectados durante las analíticas y observaciones preliminares. La cuales incluyeron pruebas sobre una pequeña selección de muestras de sedimento, todas ellas pertenecientes a la estructura de combustión del yacimiento denominado Chafarí Norte 3 (CH-N3). Los resultados permitieron detectar primeramente, a nivel analítico, un moderado contenido en carbonatos (>20,1% en CH-N3-G12, T.5, NI, 132), mientras que a nivel microscópico muy baja proporción de biomineralizaciones silíceas de formas consistentes. Aunque en otros casos, es cierto que sí se detectaron concentraciones de las mismas, éstas siempre presentan formas no-consistentes, caso de las que podrían clasificarse como *agregados silíceos (silica aggregates)*.

Desde esos primeros momentos se perfiló el esquema básico del registro microfósil de los sedimentos de CH-N3 que, contra todo pronóstico, resultó ser muy complejo de evaluar y cuantificar. Dado que la escasa representatividad de silicificaciones vegetales (porque las de tipo mineral están igualmente presentes), así como por la dispersión y escasez de formas diagnósticas con origen en oxalatos de calcio, y que llegaron al sedimento ya bajo una forma química carbonatada (pseudomorfos de calcita).

Con esos primeros datos se perfiló una hipótesis basada en que las biomineralizaciones más representativas, de esos sedimentos, podrían ser las de oxalatos de calcio, o desde una puntualización más acorde a la naturaleza de los mismos, de éstos transformados en pseudomorfos de calcita. Una lectura que únicamente se suma a las ya emitidas, al respecto de la presencia de carbonatos en dichos sedimentos, y cuyo origen deriva de la combustión de varias especies de gimnospermas y leguminosas (de sus troncos leñosos en este caso) empleadas como combustible (Hernández, 2006; Machado y Galván,

---

<sup>64</sup> Efectivamente, en uno de los paquetes edáficos del Valle, parece darse —en profundidad— la situación contraria: una mayor concentración de limos, no de carácter biogénico, y un mismo o similar registro de plantas del entorno, caracterizadas, según dichos análisis, por presentar una vegetación similar a la actual, al menos en lo que atañe a las gramíneas.



1998; Machado, 1999). Como ya he matizado, entendiendo que era necesario hacerlo en virtud de los estudios microscópicos de la flora local de Las Cañadas, en realidad las plantas consumidas no portaban probablemente ninguna forma de carbonatos, pero sí de oxalatos que generaron una forma de los mismos, los mencionados pseudomorfos de calcita.

La conocida mala preservación en el tiempo de estas últimas formas de biomineralización, tanto en sustratos arqueológicos (Albert *et al.*, 1999; entre otros) como edáficos, motivó la apertura de un periodo de reflexión teórica y metodológica que permitiera afrontar el estudio de microfósiles totales en las mencionadas muestras. El cual probablemente se vería privado, en esta Tesis, de un apartado cuantitativo semejante a los obligatoriamente especificados para todo el conjunto muestral de la misma. No obstante, confiando en la resolución del método microscópico empleado aquí de forma estandarizada, se procedió al estudio pormenorizado, preparación por preparación, de muestras pertenecientes a cada nivel, de cada sector, de la estructura de combustión de CH-N3. Optando con ello a la visualización y comprensión de las especiales circunstancias de formación de los sedimentos de dicha estructura, y en especial a las biomineralizaciones procedentes de las plantas allí empleadas como combustible.

El objetivo de detectar todos los tipos microfósiles existentes en las muestras, entrañaba una dificultad añadida para la metodología que se pensaba aplicar, obligando a proceder mediante un protocolo que permitiera la observación conjunta de todos los tipos microfósiles presentes en las mismas, básicamente de naturaleza silíceo o carbonatada. La presencia de carbonatos obligaba a afrontar la eliminación de dicho componente cementante, un particular no contemplado en el protocolo de actuación y que requiere de la utilización de reactivos ácidos fuertes, como los empleados de forma común en análisis de silicofitolitos (Albert *et al.*, 1999; Piperno, 2006; entre otros). Tales reactivos, como la conjunción clorhídrico-nítrico, son empleados para la descarbonatación de las muestras, suponiendo por tanto que neutralizan (por reacción exotérmica) todo el componente oxálico y carbonatado de las mismas. Pero esta opción no era inicialmente contemplada, ya que se contaba con poder garantizar la preservación de microfósiles no-silíceos, como los oxalatos de calcio o su derivación en pseudomorfos de calcita por acción del calor. Dos tipos de microfósiles muy importantes a nivel de flora y explotación del medio local de Las Cañadas, provenientes de especies vegetales fundamentales para el estudio arqueobotánico de este sitio arqueológico, como son el pino<sup>65</sup> (*Pinus canariensis*) y el cedro (*Juniperus cedrus*) canarios.

---

<sup>65</sup> Como ya se ha citado, especie mencionada en los trabajos paleoantracológicos de C. Machado (1999; entre otros) sobre sedimentos del mismo yacimiento. Aunque *Pinus canariensis* no es una especie mayoritaria en la zona de actuación, como puede ser la "triada *Fabaceae*", y en especial la "retama del Teide" y el "codeso de cumbre", su cercanía y desconocimiento del desarrollo real de la especie, en los momentos de funcionamiento del enclave prehistórico de Chafarí Norte-3, nos obligan a considerarla importante, tanto o más que las ya citadas al menos desde el punto de vista de producción y potencial arqueobotánico. Mientras que la producción biomineral de los pinos es muy alta, y de diagnóstico —pese a la manifiesta redundancia con respecto a otras especies *Pinaceae*—, en cuanto a oxalatos de calcio, las leguminosas —y en

Pero paralelamente a este planteamiento, razonábamos la cuestión de eliminar tales compuestos cementantes, que en este caso podían representar al propio componente biogénico de las muestras, esto es: los carbonatos presentes no sólo podrían proceder del sedimento (precipitación natural), sino estar añadidos a éste bajo la forma de biomineralizaciones de oxalato cálcico, transformadas por el calor en pseudomorfos de calcita (Brochier & Thinon, 2003). La resolución de la cuestión del contenido en carbonatos pasaba así a proponer una tarea extra: la de comprobarlos en los suelos locales, incluso partiendo de la idea de que los suelos de Las Cañadas han sido tomados habitualmente como de bajo contenido en ese sentido<sup>66</sup>.

Como ocurre con otras muestras arqueológicas, la importancia de identificar tales biomineralizaciones, obligó a buscar un método alternativo al tradicional empleo conjunto de ácido clorhídrico y nítrico (HNO<sub>3</sub>+HNO<sub>3</sub>), que supone la descarbonatación total de las muestras. Éste no fue otro que el baño de ultrasonidos, que aunque presenta el aspecto negativo de ser capaz de fragmentar algunos tipos de fitolitos<sup>67</sup> y microalgas, su aplicación puede llevarse a cabo limitando los tiempos de exposición de las muestras. Permitiendo entonces romper los enlaces presentes en los agregados de arcilla, e incluso los de posibles carbonatos existentes en la matriz sedimentaria— sin dañar los microfósiles de formas más frágiles.

Finalmente, dada la mencionada complejidad, se optó por llevar a cabo un estudio microfósil basado en dos tipos diferentes pero complementarios de preparaciones y observaciones microscópicas. Entendiendo que su conjunción dejaban pocas posibilidades para pasar por alto ninguna información referente a biomineralizaciones fósiles depositadas en el sedimento, y por tanto vinculadas a la actividad antrópica realizada sobre los mismos: la combustión de materiales vegetales. De este modo se realizaron frotis con muestras en bruto sobre preparaciones de 2x5 cm, para la detección de biomineralizaciones no-silíceas y preparaciones estandarizadas —del tipo empleado con el resto de muestras de esta Tesis— para las de tipo silíceo. Aunque sobre las primeras no podrían realizarse los necesarios cálculos por individuos concretos, que sí permiten las segundas, al menos nos permitirían —mediante la contabilización de 200 ejemplares— obtener una estimación preliminar de las concentraciones de pseudomorfos de calcita, al menos de aquellos con morfologías más detectables por separado. Obviamente con el

---

concreto las citadas más el “escobón”—, presentan muy baja concentración de las mismas. Esperábamos que la singularidad de las biomineralizaciones de *Pinus canariensis*, más cuando los materiales analizados pertenecían a una potente estructura de combustión, compensaran el posible vacío de información protagonizado por la no conservación y detección del registro generado por las especies mayoritarias, en especial la mencionada “triada *Fabaceae*”.

<sup>66</sup> Arbelo, 2011; Notario, 2011, Mora, 2012, Com. Pers.

<sup>67</sup> Sin duda algunos de los morfotipos clave para entender el posible efecto pernicioso, ocasionado por la exposición a los ultrasonidos —como técnica de dispersión de arcillas—, son las valvas de diatomeas y los fitolitos de células largas equinados y dendriformes, propios de las envueltas florales de los granos de cereal (ver Capítulo Resultados, 5-II, resultados de La Cerera), ya que ambos presentan todas las características para ser entendidos como “formas frágiles” ante el potente efecto de la cavitación generada, en medio líquido, por los ultrasonidos.

segundo método, exactamente igual en volúmenes de extracción y computo por preparaciones 2x2 cm. completas, ofrecería una veraz aproximación al número de biomineralizaciones silíceas (fitolitos y microalgas) existentes en los sedimentos de la estructura de combustión.

De este modo, hemos considerado que el método empleado debía considerarse al menos adecuado en función de los objetivos marcados, dado que no descarta la identificación de ningún tipo de microfósil, permitiendo tanto la de los de base silíceas como de oxalato, fosfato<sup>68</sup> y carbonato cálcico (esferulitas). No obstante, se afrontaba así la manifiesta dificultad de trabajar con muestras en bruto, que bajo el microscopio –al no haberse operado eliminación de compuestos cementantes y partículas de arcilla– se disponen en preparaciones de muy difícil observación en detalle, en concreto cuando se pretende observar determinados tipos de partículas por separado.

Pese a observar tales precauciones metodológicas, la identificación de microfósiles se ha vuelto en Chafarí –al menos en su estructura de combustión– esquivada y compleja. Entendemos que futuros estudios específicos, serán los que permitan obtener lecturas más concretas sobre posibles aspectos no reflejados en esta Tesis. No obstante, igualmente creemos que las tareas emprendidas con las muestras –atendiendo a su peculiar naturaleza– han permitido una primera aproximación a lo que supone el estudio registros microfósiles en sedimentos de una estructura de combustión, en este caso de grupos humanos de la Prehistoria de Canarias. Donde sin duda se afronta la máxima complejidad para un estudio de microfósiles vegetales, ya que previamente debe procederse a un ajuste metodológico que atienda a los objetivos buscados, y sobre todo para no obviar ninguna información que permita una lectura arqueobotánica lo más precisa posible.

Dicho proceder creo que puede ejemplificarse con el primer paso dado para el estudio de las muestras de sedimento, como es su montaje (en bruto) en preparaciones *tipo frotis*. Que finalmente han sido las que indicaban la relación existente entre dos tipos de biomineralizaciones vegetales diferentes en la estructura de combustión de CH-N3, cuyo primer resultado –entendido como conocimiento preliminar global– es la predominancia de oxalatos de calcio/pseudomorfo de calcita sobre el registro de fitolitos silíceos, al menos los de diagnóstico.

Aunque en todo caso, pese a la manifiesta dificultad para estructurar un esquema arqueobotánico válido, que especificara cuantitativamente los valores de unos y de otros, creo que puede entretenerse una suerte de lectura cualitativa y semicuantitativa de la relación entre ambos. Tarea que creo fundamental para un estudio que asume no sólo el uso de especies con posible

---

<sup>68</sup> Por el momento la única especie donde se han localizado fitolitos de fosfato cálcico es *Spartocytisus supranubius* (tallos fotosintéticos), empleando microscopía electrónica de barrido y sonda de rayos X. Desconocemos, hasta la fecha, el grado de perdurabilidad de tales biomineralizaciones una vez estas son depositadas en el suelo. No obstante, las analíticas realizadas sobre suelos de la zona ofrecen una alta concentración de fosfatos, pero aun es pronto para establecer una relación causa-efecto, en especial la que atañe a la existente entre fauna de herbívoros domesticados (ovicápridos), flora y suelos locales.

producción silícea (las menos) sino de todo lo contrario, con contenidos en SiO<sub>2</sub> incluso por debajo de 0,25% (en tejidos de *Spartocytisus supranubius*), pese a que se trata ésta de una de las especies más representada en el registro antracológico (Machado & Galván, 1997; Machado, 1998). O bien como en el caso de *Pinus canariensis*, cuyos tejidos presentan igualmente muy baja proporción silícea, entre 0,23-0,45% en virtud de los resultados obtenidos por vía experimental. Además, desde el principio pareció quedar claro que en la estructura de combustión no se había producido un uso de gramíneas ni de otras plantas con alto contenido en sílice, cuyo sólido rastro es puesto de manifiesto en el residuo analítico de sus tejidos, que quedan reducidos a un complejo entramado de silicificaciones de varias tipologías.

Obviamente, con tales postulados, resultados e impresiones preliminares una pregunta quedaba en el aire: ¿cómo evidenciar la existencia de combustible leñoso?, a todas luces el más empleado en la estructura combustión de CH-N3, pero cuyas biomineralizaciones podrían ser las más escasas. La respuesta requería de una valoración de amplio espectro, que sólo podía llegar de ampliar el rango de las observaciones, afrontando la limitación de no poder aplicar el análisis de microfósiles vegetales mediante los mismos parámetros cuantitativos de otros estudios arqueobotánicos, pero aportando la percepción al menos cualitativa y semicuantitativa de todos los tipos de biomineralizaciones asociadas a la estructura de combustión. Y esa respuesta pasaba por el estudio de muestras sin tratar, mediante preparaciones confeccionadas con la técnica de *frotis*.

#### **Consideraciones sobre la recapitulación metodológica finalmente realizada.**

Si en un principio la idea de dotarnos con la información existente en materia de conjuntos de fitolitos, y otros microfósiles de origen vegetal, parecía verse facilitada por la aparente escasez del registro de los mismos, dicha circunstancia se transformó en un complejo problema microarqueológico que debió ser abordado con nuevas intervenciones en ese campo. Como podrá comprobarse, a medida que se describen los principales hitos microfósiles detectados en el seno de los sedimentos del hogar de CH-N3, el mencionado carácter complejo de los registros comienza a manifestarse a la hora de definir las tipologías de los principales tipos microfósiles detectados, que en su mayoría parecen responder, de forma más rotunda, a biomineralizaciones fósiles del tipo pseudomorfos de calcita que a silicificaciones.

Efectivamente aunque aun debe llevarse a cabo un cuantitativo levantamiento por levantamiento, la impresión general es que, en las tallas donde existe mayor concentración de cristalizaciones carbonatadas (oxalatos transformados en pseudomorfos de calcita), no pueden esperarse de forma similar silicofitolitos. Y estos en todo caso no responden, como ejemplificamos en el cuantitativo pormenorizado de muestra CH-N3, T.5, 132, s.B, a unas concentraciones significativas de los mismos, aunque a nivel cualitativo se hayan podido diferenciar al menos 18 morfologías, incluyendo restos de microalgas diatomeas y crisofitas. Lo cual creo se constituye como uno de los alicientes del registro, una cierta diversidad biomineral que, para proceder de un elenco muy restringido de plantas, parece al menos indicarnos de que la realidad microscópica, intervenida con fines arqueobotánicos, es más compleja de lo que aparenta cuando es abordada con cierto prejuicio

etnobotánico. Efectivamente, las impresiones de las primeras observaciones microscópicas fueron tomar los registros microfósiles de CH-N3 como escasos, simplificados y complejos de evaluar por el alto contenido en carbonatos de la matriz que los envolvía. Hoy sabemos que esa matriz, también posee un alto componente biogénico microfósil.

Derivada de tal complejidad, la valoración del método empleado, tomado como idóneo en virtud de los resultados obtenidos con el estudio microfósil de La Cerera debió cuestionarse, puesto que fue detectada una doble realidad biomineral, la que era observada en las preparaciones *tipo frotis* y las derivadas de todo el proceso estandarizado para su confección<sup>69</sup>. Efectivamente creo que el método empleado no ha permitido abordar la complejidad del sedimento de CH-N3, ya que en las preparaciones realizadas, mediante la extracción de alícuota desde la muestra convenientemente tratada para ello, no se identifica el repertorio microfósil global que sí aparece en las preparaciones *tipo frotis*. La alternativa, para compensar tal desfase ha sido recurrir a un estudio paralelo donde primara la identificación del registro menos favorable: el de componente carbonatado o al menos no-silíceo.

La consideración final, antes de pasar a relatar los resultados obtenidos, es que aun debe aplicarse —sobre todas las muestras— un protocolo de extracción global de microfósiles, que permita valorar la totalidad de sus conjuntos de forma conjunta. El resultado de asumir tal importante cuestión, a la hora de ofrecer en esta Tesis una valoración lo más aproximada posible a la realidad de los registros microfósiles de CH-N3, ha sido únicamente hacerlo de forma cualitativa, indicando qué grupos microfósiles resultan más evidentes tras repetir su observación —por muestra y preparaciones— en varias ocasiones. En todo caso, la información ofrecida, con la definición de los grupos de fitolitos y otras biomineralizaciones detectadas, en conjunción con los datos e impresiones aportados con el estudio de los sedimentos que los englobaban como matriz, creemos que colabora en aportar un somero pero aproximado conocimiento a las características de los microfósiles de CH-N3. A los que, a pesar de solamente percibir por ahora de forma esquiva, creemos igualmente que nos acercamos mediante el estudio paralelo de los registros y características edáficas de los suelos del contexto del Valle de Chafarí. Ya que entre todos, sedimentos y suelos, naturaleza y sociedad aborígen, creo que se han abordado unos de los materiales de mayor complejidad, aportada tanto por las especiales características biominerales de la flora local (de Las Cañadas) como de sus suelos, y por derivación del uso que de ellos hicieron sus primeros pobladores.

#### **Análisis microscópico de muestras sin tratar (frotis): detección de biomineralizaciones fósiles no-silíceas.**

Atendiendo a las primeras observaciones, realizadas sobre el sedimento de CH-N3, se planteó —paralelamente a la aplicación del protocolo estándar— la posibilidad de estudiar, cada muestra de la matriz del sedimento

---

<sup>69</sup> Ver Capítulo 4, Técnicas Analíticas, Metodología de Observación Microscópica.

arqueológico, sin aplicar sobre ella más tratamiento que su dispersión y fijación sobre un portaobjetos<sup>70</sup> (técnica de *frotis*).

Debo precisar que el empleo de esta técnica fue determinante para obtener una perspectiva global de los grupos microfósiles existentes en las muestras de sedimento, permitido esbozar un esquema preliminar sobre las tipologías microfósiles totales (sílice y oxalatos) existentes en los sedimentos de la estructura de combustión de CH-N3. Lo cual posibilita al menos la cumplimentación de uno de los apartados de todo análisis microfósil, como es la aproximación a los vegetales que les dieron origen; aunque impidiendo por ahora llevar a la estimación cuantitativa de los mismos. Entendemos por ello que queda pendiente la necesaria tarea de proceder a un nuevo estudio, empleando esta vez la concentración de microfósiles en una única fracción. Aunque en el método empleado habrá igualmente que dar solución al problema de los carbonatos, que no pueden ser eliminados porque entre ellos se encuentran los de origen biomineral. La aplicación del método enunciado por Coil *et al.* (2003) y puesto en práctica por varios investigadores (Korstanje, 2006; entre otros) parece ser aquí la mejor opción.

Tras disponer de la mayoría de muestras tratadas mediante todo el protocolo descrito en el capítulo de prácticas analíticas<sup>71</sup>, se observó la baja concentración de partículas biominerales silíceas y comportamiento isótropo, al menos en cuanto a formas consistentes. Por el contrario, las de comportamiento anisótropo, que en este caso pertenecen a oxalatos de calcio transformados en pseudomorfos de calcita, son abundantes, o al menos más que las anteriores. También en algunos casos parece tratarse de partículas con alto contenido en celulosa, más que en oxalatos de calcio, en concreto las morfologías designadas como *células largas de sección cilíndrica con engrosamientos anulares* o traqueidas, que pueden adscribirse a la nominación de *cylindric sulcate tracheid* en la propuesta ICPN 1.0. Pero con la salvedad de que presentan comportamiento anisótropo, con un índice de birrefringencia inferior al de los oxalatos de calcio/pseudomorfos de calcita que nos obliga a plantear que no estamos, aparentemente, ante ninguna morfología netamente silícea.

Los resultados aportados por el estudio de frotis (Tablas 38, 39, 40, 41 y 42, 43 y 44) sobre muestras sin tratar, han seguido el único objetivo de indicar la presencia/ausencia de tres concretas formas de oxalatos, pseudomorfos de calcita o cualquier otro elemento que –como las mencionadas traqueidas no-silíceas– pueden presentar un índice tafonómico que aconsejaba su estudio de la forma menos lesiva posible. En concreto las muestras estudiadas, correspondientes a casi todas las tallas artificiales realizadas por el equipo de excavación bajo la dirección de la Dra. Galván, con excepción de la T.1, presentan sustanciales diferencias, tanto entre las

---

<sup>70</sup> En este caso, dado que se precisaba de una visión lo más amplia posible de la existencia de partículas microfósiles en el sedimento, se optó por aprovechar la mayor parte posible del portaobjetos convencional (7,5 x 2,5 cm.) con un cubreobjetos de 5x2 cm., de mayor tamaño al empleado para la confección del resto de preparaciones microscópicas empleadas para el fundamental estudio microscópico (cualitativo y cuantitativo) de las muestras de sedimento.

<sup>71</sup> Capítulo IV.

diferentes tallas como dentro de las mismas, atendiendo a los distintos sectores en los que se dividió cada cuadrícula (A, B, C y D) y sus respectivas profundidades.

### **Oxalatos de calcio y pseudomorfo de calcita.**

Al menos dos de los grupos de microfósiles detectados responden a las características de oxalatos de calcio, aunque en muchos casos se encuentran bajo la naturaleza carbonatada de pseudomorfos de calcita. Mientras que existe un tercer grupo de más compleja adscripción, pero que presenta mayor similitud (propiedades ópticas) con los oxalatos que con las biomineralizaciones silíceas. Ya mencionados anteriormente, se trata de morfologías que concuerdan con elementos traqueales del xilema, de tendencia alargada, probable sección cilíndrica y ornamentación de resaltes anulares transversales al eje longitudinal. Aunque su comportamiento óptico se asemeja más al de las biomineralizaciones de oxalato, igualmente podrían tratarse de partículas con alto contenido en celulosa. Lectura que es planteada en función de la no-identificación de partículas, de semejantes características, durante el estudio de muestras de referencia. De hecho, de confirmarse en ellas una composición basada en oxalato, se trataría de elementos nuevos para ciencia, al menos atendiendo al conocimiento experimental y el existente al respecto de las morfologías más representativas de los mismos (Franceschi & Horner, 1980; Meric, 2009; Prychid & Rudall, 1999; entre otros).

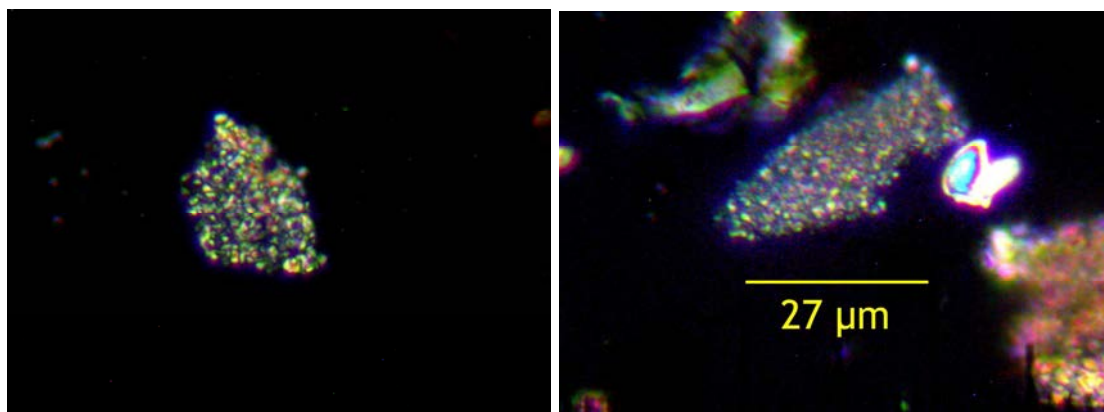
El grupo más fácilmente reconocible es el que se agrupa bajo la forma de arena de cristales (*crystal sand*, Franceschi & Horner, 1980) y que aparece disperso por el sedimento, particularidad que limita su cuantificación e incluso a veces su reconocimiento. Mientras estos cristales, que pueden presentar aisladamente un tamaño inferior a las 2  $\mu\text{m}$ , se mantienen unidos es posible identificarlos e incluso cuantificarlos, labor que se complica cuando se encuentran dispersos entre el resto de partículas del sedimento.

Su apariencia, cuando se encuentran en posición primaria, es la de un pequeño conjunto de cristalizaciones a modo de puzzle, tal y como han sido observados durante las tareas de identificación de biomineralizaciones con la Colección de Referencia (**Figuras 631-632**). En este caso también con gimnospermas existentes a nivel local en Las Cañadas del Teide, como el cedro canario (*J. cedrus*), aunque igualmente han sido identificadas en la sabina (*J. turbinata*). No obstante, no puede limitarse la afinidad biológica a ese restringido grupo, ya que leguminosas como *Spartocytisus supranubius* también las desarrollan<sup>72</sup>. A este grupo no pertenecen las agrupaciones de cristales detectados en muestras del levantamiento 5, constituidas por cristales individuales de formas cuadrangulares y tamaño ostensiblemente superior (>2  $\mu\text{m}$ ), que parecen más vinculadas con la desestructuración de

---

<sup>72</sup> Han sido localizadas en los residuos calcinados de sus tallos fotosintéticos y en menor medida en sus tejidos leñosos. Lo cual añade complejidad al reconocimiento taxonómico, por los estudios antracológicos conocemos que *Spartocytisus. supranubius* se encuentra más representada en el registro de carbones de CH-N3 que *Juniperus cedrus*, pero por el momento —en vistas de la posible redundancia existente entre los oxalatos producidos por ambas especies— solamente podemos plantear que en el sedimento arqueológico pueden haberlo depositado cualquiera de las dos, o ambas.

oxalatos de calcio, cuando ya han sido transformados en pseudomorfos de calcita por calor intenso<sup>73</sup>.



**Figuras 631-632**, Ejemplos de cristalizaciones de calcita (pseudomorfos) con morfología de arena de cristales bajo luz polarizada. Ambas 600x.

El siguiente grupo de microfósiles no-silíceos, asociados a los fitolitos de oxalato, es de tendencia alargada y superficie lisa y márgenes apuntados (propuesto como *elongate psilate with pointed ends oxalate phytoliths*), que sin duda hacen referencia aquí a *Pinus canariensis*<sup>74</sup> (Figura 633-634). Su estado en algunos casos presenta rasgos inequívocos de haber sido alterados por calor, aunque en otros –si este hecho se produjo– fue de relativa baja temperatura (aprox. 250°C), ya que cuando ésta es más alta, en especial cuando alcanza y/o supera los 400°C, el proceso de alteración de los oxalatos es tan acusado como para desdibujar fuertemente sus morfologías (Figuras 637-638), presentándose entonces bajo la forma de cristales de tendencia cuadrangular o poliédrica con fuerte componente anisótropo. Creemos que se trata del paso previo a la desarticulación de tales cristales en el seno de la matriz edáfica/sedimentaria. Y que en el caso del yacimiento que nos ocupa es muy frecuente en determinadas muestras de determinados niveles.

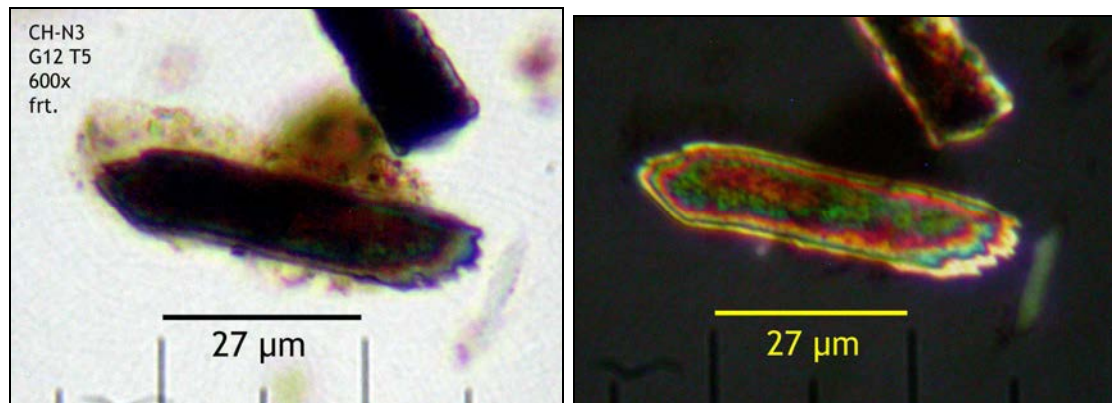
La tercera morfología citada, descrita bajo la propuesta de *traqueidas con engrosamientos anulares*, está constituida por elementos de moderado a gran tamaño, que pueden superar las 100 μm, de tendencia alargada (rectangular), bordes no-apuntados y engrosamientos anulares, que surcan –en sentido transversal– toda la superficie con respecto al eje longitudinal (Figura 635). Su comportamiento óptico presenta ligera birrefringencia y por tanto, aparentemente, no basa su composición en sílice amorfo<sup>75</sup> (Figura 636).

<sup>73</sup> Este efecto ha sido observado en calcinaciones experimentales, ver Capítulo 3, Elementos Microscópicos de Intervención, Oxalatos de calcio.

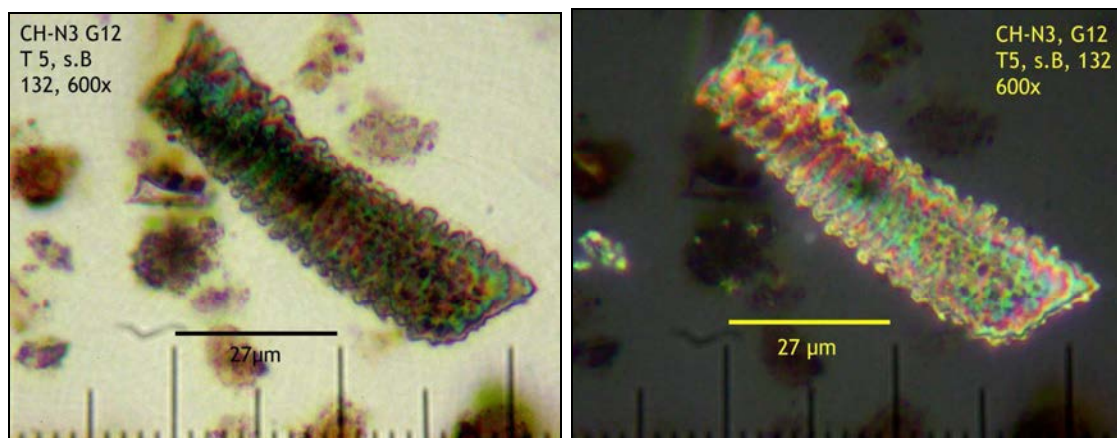
<sup>74</sup> Aunque hemos comprobado que no se trata de una morfología de diagnóstico de género botánico, dado que también las hemos localizado en *Pinus sylvestris* procedente de los bosques autóctonos del norte de Escocia, donde es conocido como “pino escocés”, sin que sea exclusivo de esa zona biogeográfica.

<sup>75</sup> Podría darse la circunstancia, ya reflexionada, de que estas morfologías contengan una similar de tipo silíceo en su interior. Pero aun deben hacerse más pruebas que lo confirmen. Parece demasiado casual que procedan de una planta que por un lado genere biomineralizaciones no-silíceas y otras similares altamente silicificadas.





**Figuras 633-634**, Posibles fitolitos de oxalato pertenecientes al género *Pinus* sp., observado a 600x con luz transmitida convencional (Izqda.) y polarizada (Dcha.). Su estado no revela haber estado expuesto a muy altas temperaturas. Ambas: 600x.



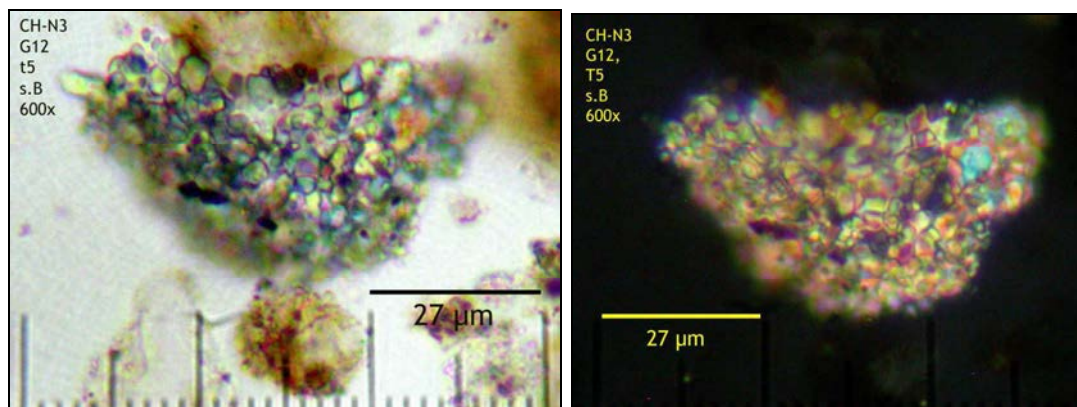
**Figura 635-636**, Traqueida con engrosamientos anulares, bajo luz ligeramente polarizada (Izqda.) y nícoles cruzados (Dcha.). Ambas 600x.

En las preparaciones realizadas con la muestra total mediante frotis, este tipo de elementos resulta quizá más evidente que ningún otro, dado su tamaño, morfología y comportamiento óptico. Como ya hemos mencionado, se trata de la morfología de más compleja adscripción morfológica y botánica, ya que por sus características morfológicas responde a la tipología de los fitolitos de *traqueidas con engrosamientos anulares (cylindric sulcate trachied, ICPN 1.0)* pero no así su comportamiento óptico, que al contrario que los silicofitolitos presenta la birrefringencia propia de cuerpos anisótrpos. Como también ya he mencionado, existe la alta posibilidad de que se trate de formas con alto contenido en celulosa<sup>76</sup>, que no habrían resultado eliminados

<sup>76</sup> Por motivos derivados de los protocolos al uso en la extracción de fitolitos desde plantas patrones, es prácticamente imposible detectar compuestos celulósicos, dado que la mayoría de los protocolos incluyen la calcinación de la muestra de tejidos vegetales. Hemos entendido, dado que se han detectado morfologías similares en

por combustión. Porque tampoco concuerdan con la apariencia cristalina de las biomineralizaciones de oxalatos, de tal modo que su estudio e interpretación ha resultado uno de los más complejos.

Existe igualmente un aspecto diferenciador que ha motivado el estudio de muestras sin tratar, y es que este tipo de partículas, de muy fácil identificación microscópica, no se han detectado con la misma frecuencia en las preparaciones finales, las confeccionadas tras haber eliminado la materia orgánica (por oxidación en H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) y la fracción arcilla. Mediando entre ellas además, como método de dispersión, la acción de los ultrasonidos.



**Figuras 637-638**, Agrupaciones de pseudomorfos de calcita o sus fragmentos, posiblemente derivados de la fragmentación de morfologías de mayor tamaño, de oxalatos de calcio, como las presentes en los tejidos de *Pinus*. El grado de anisotropía de estas cristalizaciones es patente incluso antes de aplicar completamente los filtros de polarización (Izquierda a derecha). Ambas 600x.

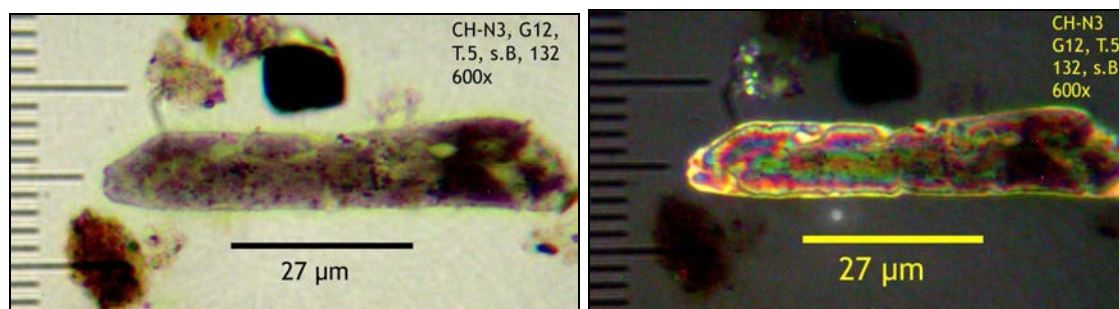
El conjunto de muestras correspondientes al levantamiento 5 es el más numeroso de todo el correspondiente a los sedimentos de la estructura de combustión de CH-N3, y el que mayor cantidad de información provee, a nivel de registros microfósiles. Confirmando esta tendencia, también aquí ha sido posible detectar agrupaciones de cristales, de morfología variable pero tendencia cuadrangular, que presentan birrefringencia y no responden a ninguna de las morfologías descritas para los oxalatos de calcio<sup>77</sup>.

---

muestras de suelos no tratados con medios lesivos para tales compuestos, que estamos ante elementos celulósicos en cuya deposición no ha mediado el calor.

<sup>77</sup> De hecho la mayor similitud, con otros referentes microscópicos detectados en las muestras analizadas para esta Tesis, la encontramos con las partículas de limos carbonatados que conforman mayoritariamente la matriz del nivel de margas/limos grises de la Formación Tereñes. Tanto en rasgos morfológicos como en comportamiento óptico, las similitudes llegan a ser tan evidentes, como para generar incertidumbre hacia la interpretación de dichos limos. Sin embargo, se trata de una coincidencia de rasgos aportados por dos tipos de partículas diferentes que presentan finalmente la misma composición y aspecto. Lo cual no deja de presentar cierta relevancia en el campo del reconocimiento microscópico, dado que nos permite detectar —en el caso de CH-N3— una tipología que otros contextos serían propias de un entorno geológico y edáfico con fuerte componente calizo y que en el que nos ocupa supone simplemente la reducción de tejidos vegetales (de una especie eminentemente leñosa) a su más simple forma biomineral final. Que en

Sin embargo, el hecho de haber detectado formas similares en otros enclaves arqueológicos<sup>78</sup> así como en prácticas experimentales, permite plantear que también en CH-N3 se trate de una forma residual de oxalatos de calcio, transformados y totalmente fragmentados por la acción de calor, muy probablemente de temperatura cercana o superior a 500°C. También en este caso su origen estaría en oxalatos contenidos en tejidos vegetales de *Pinus* sp., en los que puede seguirse todo un proceso de transformación que culmina con su fragmentación —en múltiples cristales del tipo señalado— y agrupación en agregados con formas que nada tienen que ver con las originales (**Figuras 639-640**).



**Figura 639-640**, Posibles oxalatos de calcio/pseudomorfos de calcita procedentes de tejidos de *Pinus*, afectados por una temperatura que aun no ha producido fragmentación interna.

#### Distribución de oxalatos de calcio/pseudomorfos de calcita en las muestras de sedimento arqueológico y suelo.

Los microfósiles basados en estas composiciones se distribuyen de forma diferencial por las muestras pertenecientes a la estratigrafía del hogar de CH-N3, así como en la muestra edáfica empleada a nivel comparativo, tomada de la superficie edáfica actual del Valle.

#### Suelo superficial Valle de Chafarí.

La información microscópica observada creemos que puede ser empleada de forma comparativa para con el estudio de sedimentos arqueológicos de la zona, pero que primeramente nos muestra las características de los depósitos de origen vegetal que la afectan en último término.

La primera estimación de su contenido en microfósiles no-silíceos, en los suelos superficiales del Valle, indica que existen indicios de elementos traqueales (**Figura 641**) y arena de cristales (**Figura 642**), pero no de cristalizaciones fusiformes o de su desestructuración. Los primeros se presentan, en los casos observados (aislados), formando grupos de dos ejemplares, de color amarillo verdoso u ocre y un tamaño cercano a 50 µm (eje longitudinal) y 15 µm (ancho). El aspecto que destaca es precisamente su

---

este caso posee la cualidad de comportarse también como microfósil vegetal en un contexto arqueológico perfectamente definido.

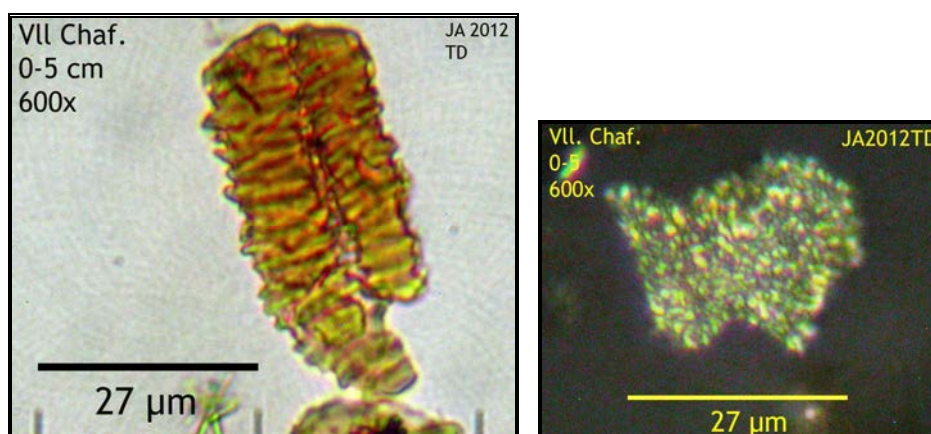
<sup>78</sup> Efectivamente en el yacimiento de El Tendal (Los Sauces, La Palma) se detectaron formas similares, aunque aun en posición anatómica, en este caso integrando oxalatos de calcio, de tipo alargado y apuntado, como los presentes en *Pinus* sp. (Afonso, 2010).

coloración, más viva que en las morfologías similares detectadas en el sedimento arqueológico.

Muestra	T./L.	Cuad.	Sectr.	Z	Obs.	Arena crist.	Fusiform.	Traq./Eng. Anul.
Valle Chafarí.				5	Suelo 0-5	indicios	no	indicios

**Tabla 38**

Del mismo modo se detectan ejemplares aislados de agregados de arena de cristales de oxalatos de calcio, que presentan características similares a las observadas en los sedimentos.



**Figura 641** (Izqda.), **Figura 642** (Drcha.), Ambas 600x.

La naturaleza del material analizado podría aquí reforzar la hipótesis de que tales evidencias derivan del depósito microscópico, en parte natural y en parte antropizado del Valle de Chafarí, al que llegan elementos del entorno, entre ellos de la vegetación circundante que, en este caso, podría hacer referencia a tejidos de leguminosas como *Spartocytisus supranubius*, que es el taxón hacia el que dirigimos la atención, dado que parece ser el potencialmente productor de este tipo de elementos microscópicos<sup>79</sup>. Del mismo modo los oxalatos observados no tienen porqué desvincularse del contexto arqueológico, también reciente, del Valle de Chafarí, puesto que no son pocas las evidencias en superficie que confirman constantemente el

<sup>79</sup> Ciertamente no ha podido lograrse aun el aislamiento de elementos semejantes, que no responden a la naturaleza de las biomineralizaciones contempladas como elementos microscópicos de intervención en esta Tesis, ya que no presentan propiedades ni comportamiento propios de oxalatos ni silicofitolitos. La ruta que hemos encontrado como más viable es ciertamente la de *S. supranubius*, que desarrolla en parte de sus tejidos aéreos (vainas) tejidos lignificados en los que hemos podido aislar esclereidas (Ver Ficha de esta especie en Capítulo Resultados 5-I. Desde los someros datos obtenidos, que aun así han debido serlo mediante numerosas pruebas de laboratorio y microscopía, podría plantearse que estamos ante restos recientes de dicha planta. Aunque también de la misma parte de la misma en sedimentos arqueológicos, donde obviamente adquieren diferencias en los parámetros que los caracterizan, y obviamente responden a un criterio de intencionalidad antrópica que en el suelo superficial del Valle sólo constituye una posibilidad.

tránsito por su superficie, así como de diversas actividades económicas históricas que pudieron prolongarse hasta los primeros años 60' del siglo XX.

#### **Sedimentos arqueológicos: biomineralizaciones no-silíceas.**

Hasta el momento en que puedan ser cuantificados los elementos aquí descritos, existen una serie de muestras donde las concentraciones de elementos del tipo oxalatos/pseudomorfo y elementos traqueales no vinculados a los anteriores son especialmente significativas. Estas son, a modo de aproximación<sup>80</sup>, las que corresponden a las muestras de la talla 5 (G-12, 133, barrido del hogar), talla 6 (G12, 137,5, hogar y 134-137,5, costra del hogar) y talla 7 (G12, 137,8-138,2, centro del hogar), siendo esta última la que presenta una elevadísima concentración de pseudomorfos de calcita.

Aunque la distribución de estas evidencias aun debe cuantificarse, el estudio de las muestras sin alterar ofrece siempre la oportunidad de observar concentraciones y aspectos originales, siendo el registro de silicificaciones el que mayormente resulta más complejo de observar en preparaciones microscópicas donde “todo” parece ser igual.

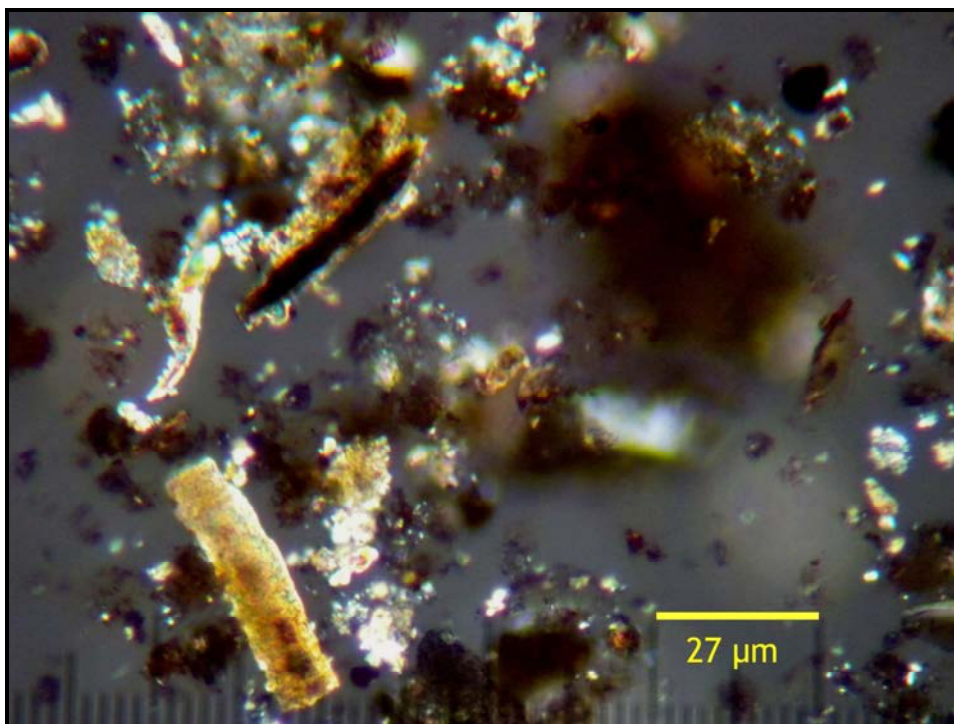
La estimación de las concentraciones de este tipo de biomineralizaciones<sup>81</sup>, por tallas/levantamientos, de más reciente a más antiguo, parece indicar que es a partir de parte del levantamiento 5 cuando comienzan a ser más significativas, como confirma la observación del barrido del hogar del levantamiento 5. Luego en el 6 se vuelven muy abundantes las biomineralizaciones carbonatadas, coincidiendo con la presencia de gran cantidad de agregados silíceos. Quizás sea esta la zona que mejor ejemplifique el contenido en biomineralizaciones derivadas de la combustión de diferentes materias vegetales y una donde mejor puedan estudiarse sus características. Aunque la primera de ellas sea su gran fragmentación y falta de definición morfológica, lo que se traduce en cierta incapacidad para evaluar un contenido microfósil, que se presenta como muy abundante igualmente complejo de definir mediante parámetros morfométricos precisos (Figura 643).

En las tablas mostradas a continuación (39, 40, 41, 42, 43 y 44) se ha buscado indicar, a falta de estimaciones cuantitativas precisas llevadas a cabo con cada tipo de elemento biomineral no-silíceo, una primera impresión sobre la presencia de los mismos. Los criterios de *ausencia*, *indicios*, *abundantes* y *muy abundantes* intentan compensar tal carencia de datos, aunque obviamente establecidos desde la relatividad que tales impresiones aportan, no obstante constituyen un punto de partida, ya que responden a observaciones realizadas sobre un volumen considerable de muestra en bruto.

---

<sup>80</sup> Asumiendo también aquí que cualquier estimación, cuantitativa en este caso, que no vaya acompañada de la cuantificación de un número suficiente de individuos, en cada muestra analizada, no supone sino la expresión de un opinión personal (Wallis, 1968).

<sup>81</sup> Para las cuales aun deberá establecerse un método de cuantificación, hasta ese momento, las estimaciones aquí reflejadas no dejan de ser una impresión personal.



**Figura 643.** Frotis confeccionado con muestra sin tratar del levantamiento 5, con numerosas partículas birrefringentes de muy diversos tamaños. 600x.

Muestra	T./L.	Cuad.	Sectr.	Z	Obs.	Arena crist.	Fusifform.	Traq./Eng. Anul.
CH-N3 e.c.	2	G12			suscep.	ind/aus.	no	sí
CH-N3 e.c.	2	G12			1	ind/aus.	no	sí

Tabla 39

Muestra	T./L.	Cuad.	Sectr.	Z	Obs.	Arena crist.	Fusifform.	Traq./Eng. Anul.
CH-N3 e.c.	3	G12			sed.8	indicios	no	si
CH-N3 e.c.	3	G12			suscp.	no	no	indicios

Tabla 40

Muestra	T./L.	Cuad.	Sectr.	Z	Obs.	Arena crist.	Fusifform.	Traq./Eng. Anul.
CH-N3 e.c.	4	G-13		128,8		no	no	no

Tabla 41

Muestra	T./L.	Cuad.	Sect.	Z	Obs.	Arena crist.	Fusifform.	Traq./Eng. Anul.
CH-N3 e.c.	5	G12	B	133	hg.	abund.	sí	sí
CH-N3 e.c.	5	G12	A	133-134	hg.	no	no	no
CH-N3 e.c.	5	G12	B	134-135	hg.	sí	frag.	si
CH-N3 e.c.	5	G12		134	limp. Hg.	indicios	indicios	indicios
CH-N3 e.c.	5	G12		133	barrido hg.	muy abund.	si	muy abund.
CH-N3 e.c.	5	G12	C	133	fuera hg.	indicios	indicios	no
CH-N3 e.c.	5	G12	B	132		ind.	indicios	ind.

Tabla 42

Muestra	T./L.	Cuad.	Sector	Z	Obs.	Arena crist.	Fusifform.	Traq./Eng. Anul.	Otros
CH-N3 e.c.	6	G12		137,5	hg.	si, muy ab.	si	si (birref.)	
CH-N3 e.c.	6	G12		134-137,5	costra hg.	muy abund.	muy abund.	muy abund.	agrg. SiO2
CH-N3 e.c.	6	G12	B		hg.	indicios	sí	muy abund.	muy ab. Cal.
CH-N3 e.c.	6	G12	C	137,4		si	indicios	si (birref.)	

Tabla 43

Muestra	T./L.	Cuad.	Sectr.	Z	Obs.	Arena crist.	Fusifform.	Traq./Eng. Anul.	Otros
CH-N3 e.c.	7	G12	C-D		ext. Hg.	sí	muy abund/frag	muy abund.	
CH-N3 e.c.	7	F14			fin susc.	no	no	no	
CH-N3 e.c.	7	F-13			fin hg.	no	no	no	carb/SiO2
CH-N3 e.c.	7	G12	B/A	137,8-138,2	costra hg.	altís. Conc.	altís. Conc.	altís. Conc.	agrg. Silíc.
CH-N3 e.c.	7	G12	C	137,5-138,7		indicios	sí	muy abund.	

Tabla 44

Las bandas grises de los cuadros anteriores reflejan concentraciones que han resultado especialmente significativas, que como puede comprobarse comienzan en las muestras de la talla 5 y son muy evidentes en varias muestras de la talla 6 y 7.

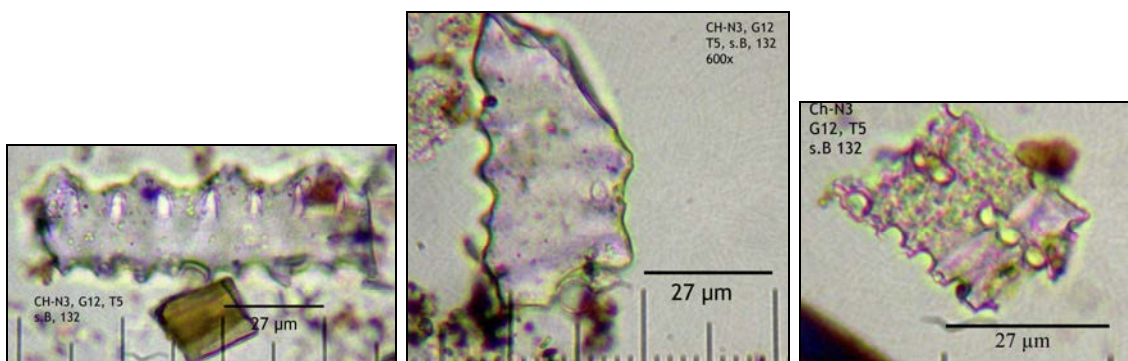
### Biom mineralizaciones silíceas.

#### Silicofitolitos

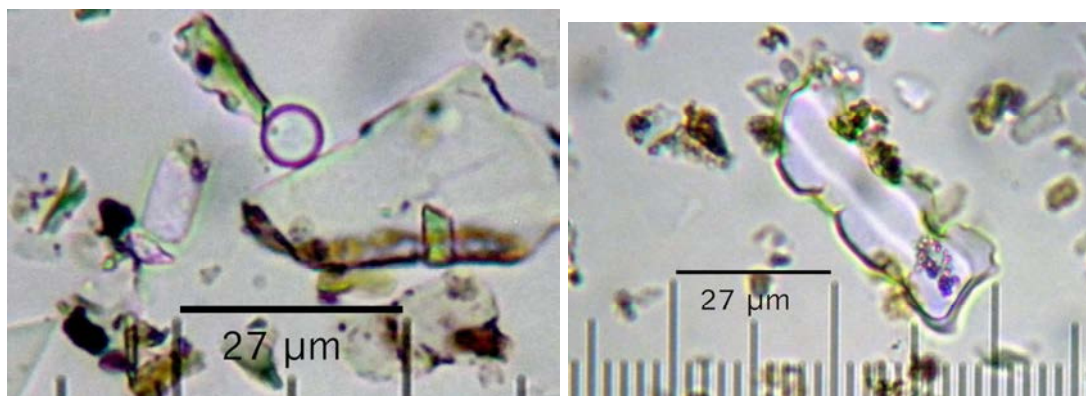
Pese a su importancia como microfósiles vegetales, en los sedimentos de la estructura de combustión CH-N3 supone un conjunto microfósil poco representado, no tanto en diversidad como en cantidad. Lo cual obviamente constituye, ha constituido, un claro inconveniente, que pese a haber sido contemplado como posibilidad –dada las características del contexto vegetal de inserción– ha supuesto la reorientación de las tareas analíticas e interpretativas, puesto que como principal grupo microfósil de nuestro trabajo, las labores previas de estudio botánico y de biom mineralizaciones de referencia iban encaminadas al de su recuperación y estudio pormenorizado. Aunque en general las concentraciones de fitolitos son muy bajas, hay que matizar que en algunos casos lo son en cuanto a formas consistentes, es decir que permiten su adscripción a morfologías ya conocidas y por derivación una filiación biológica más o menos precisa, en función del grado de redundancia existente entre distintos grupos vegetales (**Figuras 644, 645 y 646**).

Sin duda la talla 5 es una de las tallas donde mayor diversidad de silicofitolitos se observa y donde cabría plantearse una paralela interpretación arqueobotánica. Hasta ese momento, cabe plantear la presencia de morfologías que pueden adscribirse al menos a dos subfamilias de gramíneas, como *Pooideae* y *Panicoideae*, esta segunda con menor representación y reservas en cuanto a su entidad como evidencia microfósil. Mientras que a la primera pertenecen las gramíneas dominantes en la actualidad en Las Cañadas

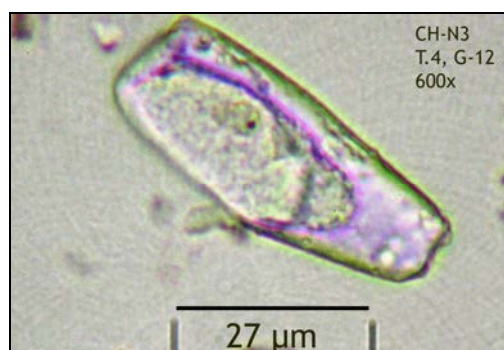
del Teide, la segunda hace referencia a gramíneas de clima cálido y en algunos casos seco.



**Figuras 644, 645, 646 (Izq. a Drcha.)** Silicificaciones de gran tamaño en levantamiento 5.



**Figura 647** (Izqda.), Quiste de crisofita entre partículas de limo. **Figura 648** (Drcha.), Fitolito de células larga trapezoidal sinuosa. Ambas 600x.



**Figura 649**, Fitolito de apéndice epidérmico con signos de disolución de SiO<sub>2</sub> en la talla 4. 600x.

**Elementos traquéales del xilema**

Los ejemplos de este tipo, pese a ser redundantes en múltiples especies vegetales, guardan la importancia de que pueden representar al elenco florístico ya perfectamente definido por Machado & Galván (1998) mediante sus análisis antracológicos y arqueológicos. En concreto son importantes los que podemos definir como fitolitos de células largas, posible sección circular y



marcados engrosamientos anulares, que atraviesan –en sentido transversal– toda la superficie del eje longitudinal de toda la superficie del fitolito.

Sin embargo, debemos establecer una rotunda diferencia entre estas morfologías (Figura 646) y la que hemos englobado dentro del grupo de las biomineralizaciones no-silíceas (Figura 641, por ejemplo), dado que probablemente las primeras podrían pertenecer a una gramínea *Pooideae*, en cuyos tejidos se desarrollan morfologías semejantes, en concentraciones significativamente inferiores al resto.

Parecen distinguirse, dentro de las traqueidas con engrosamientos anulares, dos tipologías, de las cuales una presenta elevada similitud con las desarrolladas por gramíneas, pero otras podrían serlo de leguminosas. Dado que como hemos comprobado al menos *Spartocytisus supranubius* y *Adenocarpus viscosus* las presentan en baja concentración, o bien de gramíneas *Pooideae* locales.

#### **Fitolitos de células propias de *Poaceae*.**

Se encuentran representadas casi todas las morfologías comunes en los tejidos de las hojas y los tallos de gramíneas, y aun en sus bajas concentraciones son aun más escasos los correspondientes a las inflorescencias, los designados como fitolitos de células largas con ornamentación equinada/dendriforme (*elongate dendriform long cell phytolith*, ICPN 1.0). En este último caso, por su relevancia como elementos presentes en las envueltas florales de los cereales (Figura 651), su presencia no se vincula con la flora local, sino con posibles restos llegados a la estructura de combustión por prácticas alimenticias vinculadas a la misma.

#### **Fitolitos de células largas dendriformes de tallos y hojas.**

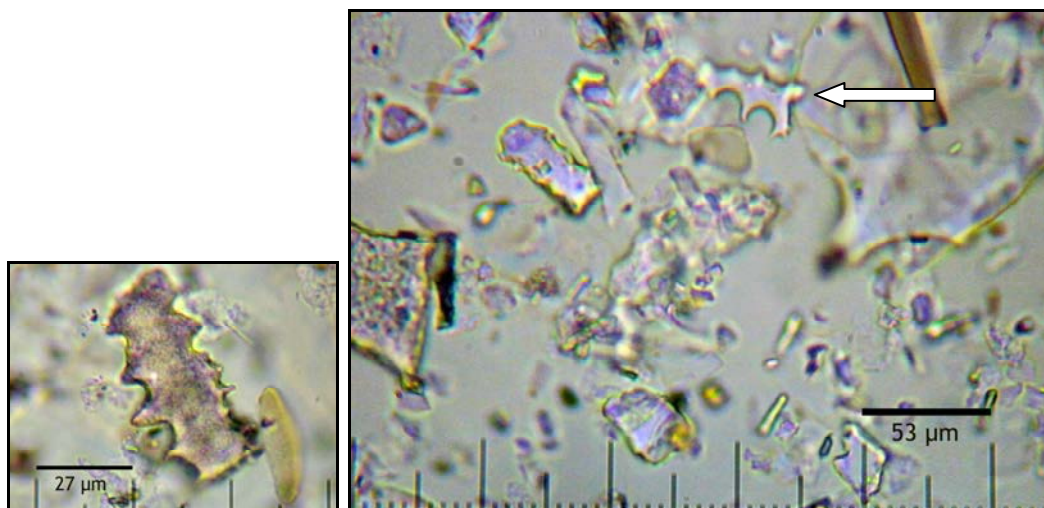
Debe distinguirse esta morfología de la desarrollada por las gramíneas cultivadas en la inflorescencia. En concreto porque conforman un morfotipo mucho menos frágil, con dimensiones superiores, especialmente en lo que atañe a su eje transversal y su grosor, que en este caso adquiere sección elíptica (Figura 650), como ocurre en *Arrhenatherum calderae*. Se trata de un morfotipo presente en la estructura de combustión, aunque no en concentraciones significativas, lo cual no impide pensar en su utilización en la misma, aunque fuese con fines oportunistas, dado que no pensamos en un desarrollo demasiado amplio en época aborígen, al menos en el entorno del yacimiento, dado lo apetecible que resulta para herbívoros ramoneadores, de amplio espectro, como las cabras.

La mayoría de este tipo de fitolitos no presenta en contextos arqueológicos y edáficos su ornamentación dendriforme, salvo que ésta sea observada al microscopio electrónico. Como puede apreciarse en la Figura 563, obtenida en las muestras del perfil R-18<sup>82</sup>, dicha ornamentación aun puede persistir pero no es apreciable bajo el microscopio óptico, al menos en una magnificación comprendida entre 400-600x.

En todo caso se trata de grandes fitolitos que representan a la flora local de gramíneas *Pooideae* y que no parece haber constituido un recurso vegetal importante, al menos como combustible, otra cosa es su papel en la alimentación animal. No obstante, como puede apreciarse a lo largo de toda

<sup>82</sup> Ver Capítulo Resultados 5-III, Suelos de Las Cañadas del Teide.

esta Tesis, estas células y la planta a la que pueden pertenecer (*A. calderae*) constituyen todo un paradigma arqueobotánico y paleobotánico, que permite abordar tanto cuestiones arqueológicas como edáficas, ya que en función de los datos obtenidos —gracias a su entidad morfométrica— podría ser la base para entender diferentes procesos, naturales y antrópicos, dentro de la Historia de Las Cañadas del Teide.



**Figura 650** (Izqda.), Fitolito de célula larga equinada pero sección elíptica y ornamentación dendriforme en origen, detectado en la talla 7. **Figura 651** (Drcha.), Fracción limos probablemente con alto componente biogénico, entre los que cabe señalar un fitolito de célula larga equinada/dendriforme que podría corresponder a las envueltas florales de granos de cereal, pero también a la inflorescencia de alguna gramínea local. 600x y 300x respectivamente.

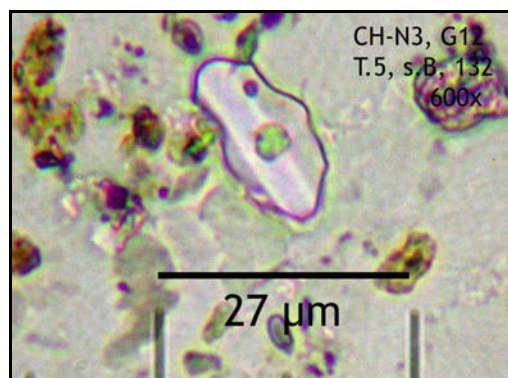
#### Células largas trapezoidales sinuosas.

Los ejemplos detectados responden al modelo que presenta márgenes sinuosos y suele representar a la subfamilia *Pooideae*. Su tamaño ronda 20 µm y en muchos casos no se conserva completamente (**Figura 652**).

#### Apéndices/tricomas epidérmicos *Poaceae*.

Bien representados en al menos dos morfologías. La primera de ellas propuesta como *apéndice epidérmico de base oval*<sup>83</sup>, para diferenciarla de los pequeños tricomas con forma de papilas (*papillae cell*). Se trata de células de gran tamaño (rondan las 50 µm) y que en los sedimentos se encuentran escasamente representados.

<sup>83</sup> La mejor descripción para esta morfología creo que es la que ofrecen Zucol & Brea (2005), a la que denominan *Aculeolithum*, que define un tricoma rígido y punzante de origen epidérmico, cuya zona inferior es la que se inserta en el tejido epidérmico de la planta, cuyo extremo apuntado es el que queda orientado hacia el exterior, a modo de barba punzante.



**Figura 652, 600x.**

Su baja representatividad en los sedimentos, permite afirmar que los habitantes de CH-N3 no emplearon las gramíneas de forma intensiva para alimentar la estructura de combustión de la cabaña<sup>84</sup>. Aunque su presencia, en bajas concentraciones ( $\pm 3,60\%$  en levantamiento 5<sup>85</sup>), es cierta al menos para confirmar la presencia de gramíneas en el entorno de la misma, pudiendo ser eventualmente empleada como combustible de encendido, o simplemente como práctica de limpieza del entorno de habitación.

La siguiente morfología que puede adscribirse a los tricomas epidérmicos es otra netamente diferente a la anterior y cuya descripción puede proponerse como *apéndice/tricoma epidérmico de base troncocónica masiva* y que en concreto puede hacer referencia a gramíneas *Pooideae* del género *Bromus*, ya que es en *B. tectorum* donde se han localizado formas similares, muy diferentes a los presentados en otras gramíneas *Pooideae*. Se trata de tricomas aparentemente macizos, donde destaca su base troncocónica, que suele medir algo más de 20 μm, de donde arranca una prolongación gradualmente aguzada que supera ampliamente 100 μm. En la especie mencionada este tipo de tricoma no es único, existiendo otros de apariencia hueca.

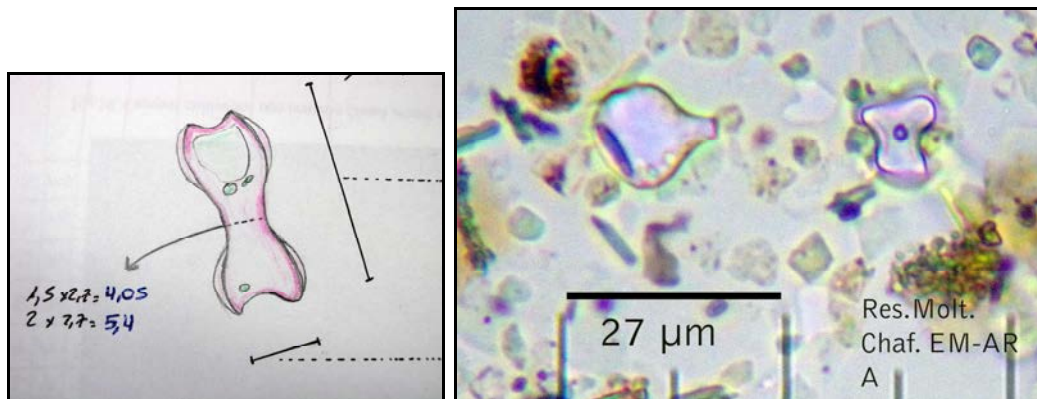
En la muestra de referencia (CH-N3, T.5, 132, s.B) este segundo tipo se encuentra ligeramente más representado (7,5%), que el anterior, entre las morfologías consistentes.

#### **Células cortas *Poaceae*.**

De al menos dos morfologías de diagnóstico a nivel de subfamilia, con otras tantas variaciones. En los dos casos más claros representan la morfología propia de las células cortas trapezoidales de la subfamilia *Pooideae* y en otro a las bilobuladas/cruz de *Panicoideae*, menos habitual pero muy clara en cuanto a la presencia de al menos dos variables (**Figuras 653-654**).

<sup>84</sup> Que aunque supone una obviedad tras tomar en consideración el registro antracológico existente, debe hacerse constar en un estudio de tipo microfósil, especialmente cuando a la inversa de aquellos, el de plantas altamente silicificadas como las gramíneas, reviste gran importancia a nivel paleobotánico, si no ya a nivel de recurso vegetal como combustible.

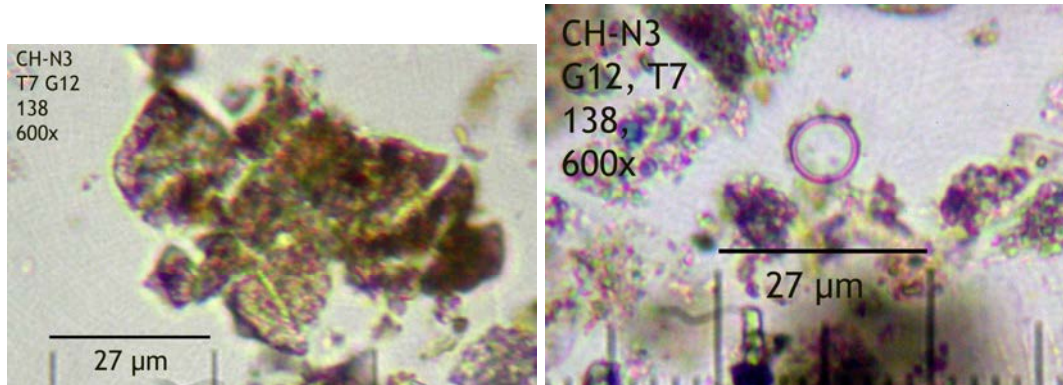
<sup>85</sup> Tomando como 100% el total de fitolitos de morfologías consistentes, detectadas y cuantificadas en preparación confeccionada con 500 μl de muestra en suspensión. Se trata por tanto de estimaciones que deben tomarse como valores relativos en espera de hacerlo, de forma absoluta, con su extrapolación al gramo de muestra de partida.



**Figura 653** (Izqda.), Dibujo de célula bilobulada detectada en la talla 5. **Figura 654** (Drcha.), célula en forma de cruz/bilobulada con diferente configuración, detectada en residuo de industria de molturación localizada en el conjunto arqueológico de Chafarí, tomada a 600x.

### Agregados silíceos.

Muy patentes al menos en las muestras de los levantamientos 5 y 7, se trata, como su nombre indica, de una serie de agregados compuestos por partículas altamente silicificadas que, en unión de arcillas, presentan un comportamiento óptico isótropo. Se trata siempre de agregaciones silíceas que no adoptan un patrón morfométrico preciso, sino altamente irregular, de ahí la dificultad para cuantificarlos (**Figuras 655-656**).



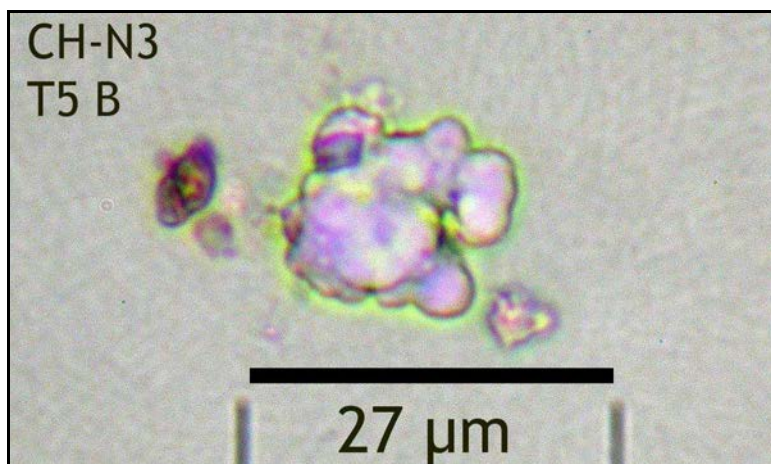
**Figura 655** (Izqda.), Agregados silíceos. **Figura 656** (Drcha.), Quiste de crisofita entre agregados silíceos. Imágenes tomadas en muestras correspondientes al centro del hogar (CH-N3, G12, T7, 138). 600x.

Sin embargo, no se ha podido diseñar una estrategia de conteo para este tipo de silicificaciones, cuyo tamaño es altamente variable. No obstante, son silicificaciones que parecen copar la totalidad de muestras pertenecientes a zonas del hogar como las situadas en la talla 7 (centro del hogar).

### Formas globulares lisas

Descritas para grupos vegetales como algunos tipos de gimnospermas (Hodson *et al.*, 1997), se han detectado de forma agrupada. La propuesta aquí es que pueden corresponder a los presentes en los tejidos de *Pinus canariensis*,

donde han sido detectados<sup>86</sup>. Su tamaño puede llegar a ser muy pequeño, incluso de sólo unas micras y su apariencia general es globular en todo su perímetro, no exactamente esféricas sino con pequeñas protuberancias romas (Figura 657).



**Figura 657**, Posibles elementos globulares agregados, 600x.

#### Diatomeas

Sin duda se trata del conjunto microfósil más escaso en los sedimentos de la estructura de combustión de CH-N3, lo cual obviamente es algo inherente a una estructura de combustión, aunque podría no serlo de haberse operado sobre la misma determinados procesos tafonómicos. En todo caso, la casi total ausencia de valvas de diatomeas podría relacionarse con aspectos relacionados con el emplazamiento de la estructura de combustión, a resguardo de las condiciones atmosféricas directas y con capacidad –en su génesis– de sellado continuo de sus niveles, que en unión del aporte sedimentario contextual, también en principio ajeno a aportes hídricos directos (acumulaciones, escorrentías, etc.) generaría condiciones no-aptas para el desarrollo de diatomeas.

Solamente se han detectado fragmentos de diatomeas, de simetría bilateral (pennadas), cuyas valvas parecen corresponderse con *Diploneis* sp. (Figura 658). Su presencia en mínima, a nivel de indicios, siendo la única valoración la ya citada al respecto de que los sedimentos no fueron afectados por una lámina de agua como para permitir su desarrollo ni ningún tipo de proceso de sedimentación que las depositara, desde zonas más elevadas, en esta parte del yacimiento.

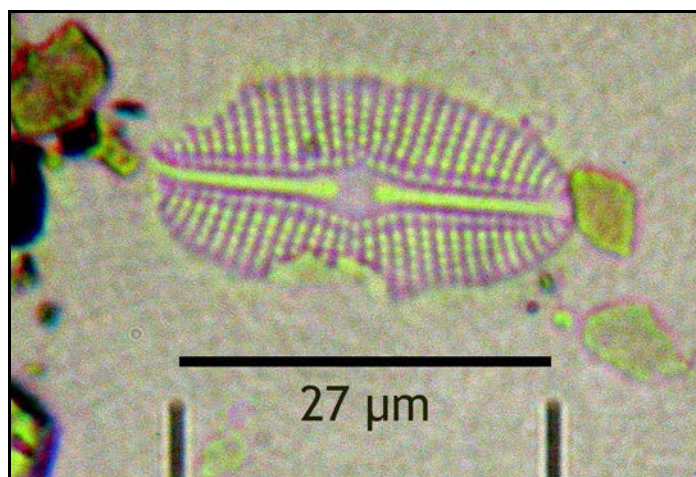
#### Quistes de crisófitas

Los quistes son un conjunto microfósil presente en las muestras del yacimiento, confirmando, como ocurre con los suelos y sedimentos de la zona, la existencia de procesos de inundación temporal, como los que pueden tener lugar de forma estacional.

Las morfologías detectadas corresponden al menos a dos tipos. El primero de ellos, más abundante en levantamientos como el 5 y el 7, presenta forma

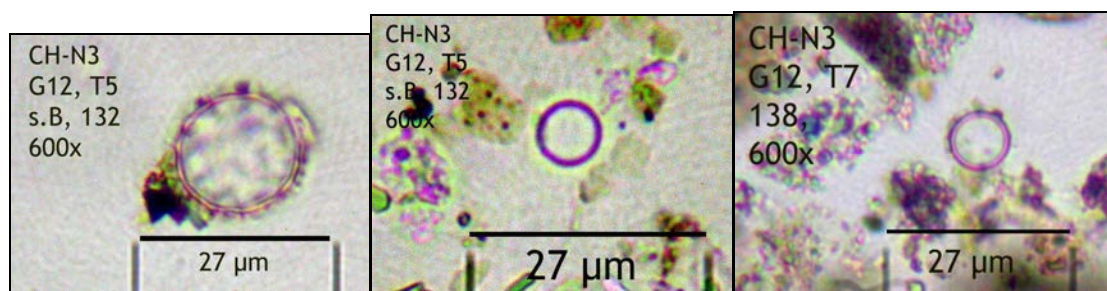
<sup>86</sup> Ver Capítulo Resultados 5-I, Plantas Patrones de Referencia.

esférica, superficie lisa, con collar simple o sin él (Figuras 660-661). Su filiación biológica es compleja dado lo común de sus características. En una primera aproximación podría hacerse al Grupo A propuesto por Nygaard (1956) así como al género *Chrysostomum* descrito por Chodat (1922) y citado para *Chrysomonadaceae* por Deflandre (1936), según expone Cronberg (1986). Según las ilustraciones que presentan Duff *et al.* (1995) correspondería al estomatocisto 356 descrito por Taylor & Smol (1997), pero se trataría de una tipología de la que aun está poco clara su filiación biológica<sup>87</sup>.



**Figura 658**, diatomea pennada, propuesta como *Diploneis* sp.

La segunda morfología presenta forma esférica a semiesférica, superficie ornamentada a modo de reticulación y collar complejo (Figura 659). Las propuestas de filiación biológica que podemos establecer son con el Grupo F de Nygaard (1956) e incluso con alguna especie del género *Clericia*, según las descripciones realizadas por Tappan (1980).



**Figura 659**, Quiste de crisofita elíptico, ornamentado y con collar simple. **Figuras 660 y 661**, quistes esféricos y sin collar. Todas a 600x.

La complejidad en la filiación biológica de los estomatocistos/quistes detectados parece únicamente posible de abordarse a nivel de familia. Siguiendo a Tappan (1980) podría hacerse al menos a ese nivel, entendiendo

<sup>87</sup> En este caso puede tomarse como referencia biogeográfica los datos de localización de la muestra donde fue localizada esta morfología, tratándose en este caso de sedimentos de entre 0-1 cm. de profundidad, muestra denominada Lake "Yel-1" (62°47' N; 113°40' W) en los territorios del noroeste de Canadá (Duff *et al.*, 1995:14).

que se trata de especies insertas en *Chysostomataceae* (Chodat, 1921), una familia de crisofitas presentes desde el Terciario al Holoceno.

Las connotaciones paleoambientales vinculadas a su desarrollo en los sedimentos arqueológicos de CH-N3 no son menos complejas de abordar, fuera de la generalidad de responder a una aparición estacional, de primavera, verano e incluso otoño, en zonas de agua encharcada, no demasiado limpia (Cronberg, 1986). Según Birks *et al.* (1990) estos contextos tenderían a ser acidófilos pero no ácidos<sup>88</sup>. Aunque habría que conocer la secuencia total de la presencia de quistes en el yacimiento, hipotéticamente se trataría de un medio oligotrófico donde no prosperaron las diatomeas y sí las crisofitas. De hecho a la inversa se expresa Smol (1985), cuando puntualiza que durante las fases eutróficas de los lagos, con fuerte desarrollo de diatomeas, se produce una disminución de quistes de crisofitas.

Podría plantearse que su desarrollo en el contexto arqueológico vendría aparejado del encharcamiento de éste, de forma estacional. La propia naturaleza del medio sedimentológico propiciaría el aporte de nutrientes químicos al somero y eventual ambiente húmedo donde se desarrollaron estas microalgas. Al igual que ocurre en los sedimentos arqueológicos de La Cerera, podríamos estar ante un referente arqueobotánico que incorporar a los parámetros que permiten conocer el funcionamiento de los enclaves prehistóricos de las Islas. Aunque en este caso se trata de indicadores de concretas condiciones ambientales y que por ahora, en el contexto de Las Cañadas del Teide, quizás solamente nos esté indicando procesos naturales habituales en las mismas, pero también en este caso involucrando —sin conocer causas y efectos— las actividades antrópicas en un entorno habitado únicamente una parte del año.

El hecho de no observar de forma paralela valvas de diatomeas, indica obvias diferencias con zonas de mayor presencia de agua, de escorrentías e incluso avenidas, y especialmente de su acumulación en sedimento. Parámetro este último directamente relacionado con las condiciones edáficas de baja impermeabilidad. Pudiendo concluirse con que, en la zona donde se localiza el yacimiento, no se opera un proceso similar natural, al menos no en todos los casos, ni ninguno que haya involucrado el encharcamiento del sedimento como para permitir el desarrollo de este tipo de microorganismos vegetales. Conclusión que igualmente nos lleva a otras referentes a la propia configuración de la estructura del yacimiento durante sus etapas de funcionamiento como hábitat. Ya que la llegada de agua a una zona arqueológica, no situada en cueva, sería un hecho repetido a lo largo de los siglos, pudiendo plantearse que al menos la mayoría de los sedimentos de la estructura de combustión de CH-N3 no se han visto afectados por procesos de encharcamiento. Futuros trabajos similares o complementarios, sobre la totalidad de los que conforman el paquete sedimentológico del yacimiento determinarían lecturas más completas al respecto.

---

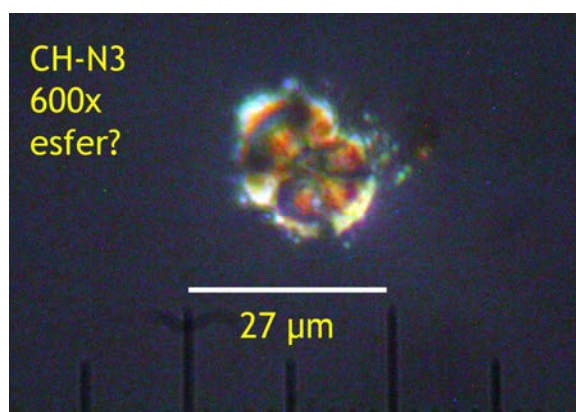
<sup>88</sup> Estos autores detectan un gradual descenso del pH en lagos del suroeste de Noruega, en base a los datos conjuntos de microfósiles y los sedimentos donde aparecen y que relacionan con un proceso de acidificación —no vinculado al manejo del suelo— que se vería acentuado con posterioridad a 1914.

A nivel cuantitativo la muestra de referencia (G12, T5, 132, s.B) no puede ser más explícita, dado que el registro de microfósiles totales (**Gráfico 126**) y tras los fitolitos de células largas lisas y trapezoidales onduladas de gramíneas *Pooideae*, el grupo microfósil más abundante es el de los quistes/estomatocistos de crisofitas.

#### Otros microfósiles.

##### Esferulitas de fauna herbívora

Pese a que se trata aquí de un microfósil esquivo, dado que el método de montaje de las muestras no contempla la concentración de todos los microfósiles en una única fracción, han podido detectarse esferulitas al menos en los sedimentos de la Talla 5, donde resultan complejas de identificar dada la gran concentración de biomineralizaciones de base carbonatada existentes. Sus características son inequívocas y se presentan bajo la forma de cuerpos birrefringentes de coloración con gama de tonos amarillos a verdosos y blancos, su tamaño se encuentra cercano a 20  $\mu\text{m}$  (**Figura 662**).



**Figura 662**, Esferulita de fauna herbívora, 600x.

##### Espículas de esponjas

En algunas muestras (talla 5) se detectan fragmentos de espículas silíceas de esponjas, un hecho también constatado en suelos de Las Cañadas. Su presencia es muy episodial y podría vincularse a momentos de encharcamiento esporádico con cierta intensidad, quizá contemporáneo con los que produjeron floración de crisofitas.

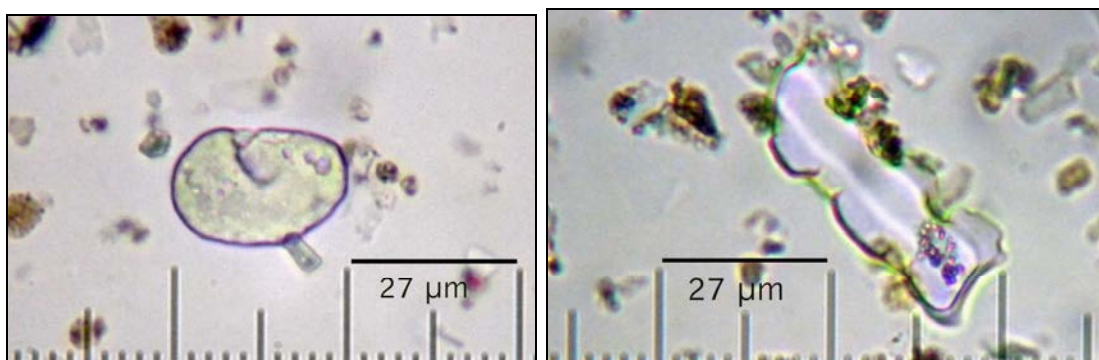
##### Muestras de la Talla 5, sedimento hogar: muestras de referencia.

La Talla 5 correspondiente al Nivel I y los parámetros talla 5, G12, sector B, ofrece una textura muy fina, con abundancia de limos medios y finos y muy pocos ejemplos de arenas ( $>50 \mu\text{m}$ ). La matriz engloba claros ejemplos de microfósiles de base silíceas, especialmente silicofitolitos de células largas y cortas, y bastante menos de otros microfósiles, como quistes de resistencia de crisofitas. Llama la atención la presencia de partículas minerales de morfología esférica a subsférica, superficie pulida y algunos ejemplos de impacto con otras partículas, lo que parece indicar su relación con procesos de transporte eólico (**Figura 663**). Estas partículas presentan un tamaño cercano a las 30  $\mu\text{m}$  y por tanto podrían funcionar como otras clasificables dentro de los limos gruesos (20-50  $\mu\text{m}$ ).

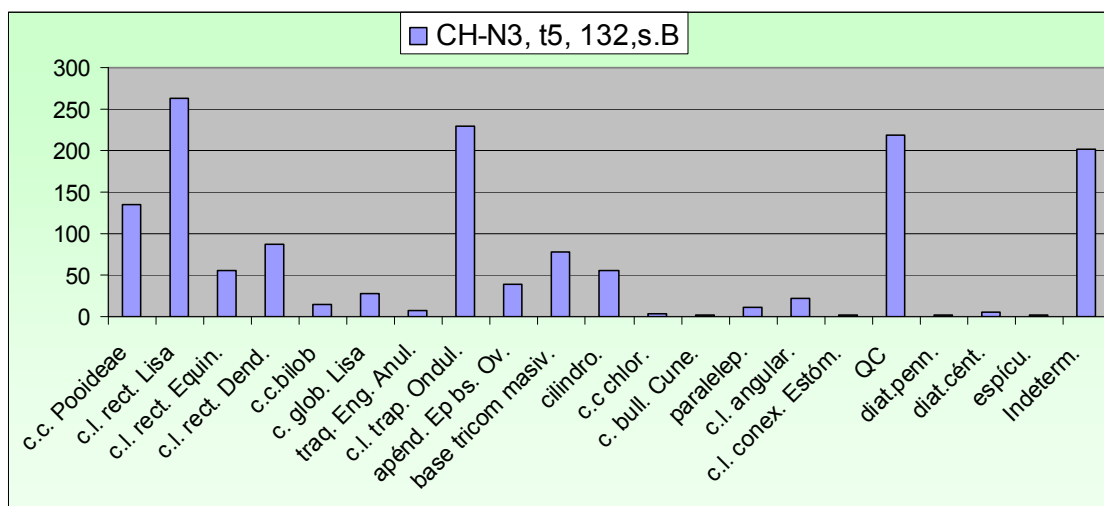


Al respecto de los fitolitos de células largas, estas pertenecen en su mayoría a la familia *Poaceae*. Dentro de las que pueden considerarse de diagnóstico se detectan células polilobuladas (tres o más lóbulos) y sección trapezoidal. Si bien también podrían adscribirse a células largas trapezoidales sinuosas, la diferenciación entre ambas tipologías parece crucial, dado que el en primer caso deberíamos adscribirla a la subfamilia *Panicoideae* y en la segunda a *Pooideae* (Figura 664).

La primera adscripción taxonómica de estas células se ha orientado hacia la subfamilia *Pooideae* y en concreto hacia fitolitos propios de sus tejidos foliares, una morfología que según Brown (1984) puede considerarse única de esta subfamilia.



**Figura 663** (Izqda.), Partícula mineral con rasgos propios de la erosión y transporte eólico. **Figura 664** (Drcha.), Silicofitolito de célula larga trapezoidal polilobulado. Ambas: 600x.



**Gráfico 126**, Cuantitativo microfósil desde 500 µl de muestra en disolución, en preparación de 2x2cm. Realizado como ejemplo de valores cuantitativos relativos.

**¿Fitolitos de células buliformes cuneiformes?**

La detección en este nivel de un posible ejemplo de fitolito de célula buliforme (Juan-Tresseras, 1997) y más concretamente de tipo cuneiforme (*cuneiform bulliform cell*, Madella et al., 2004) o de tipo *Arc:triangle* (Bowdery, 1998) propio de las hojas de gramíneas (*Poaceae*) de subfamilias

como *Arundinoideae*, introduce un inquietante aspecto sobre la metodología empleada y sus resultados. Y aunque obviamente podría suponer una ampliación y toda una novedad en los elencos florísticos detectados mediante el análisis microfósil, su detección debe tomarse con precaución.

Dicho esto, su estudio se ha llevado a cabo atendiendo a que se trata de una de las morfologías más trabajadas de esta Tesis, y que obviamente hace referencia a especies vegetales foráneas al ambiente actual de Las Cañadas del Teide. Y que si debemos valorarla como evidencia, no derivada de un proceso de contaminación durante los trabajos analíticos, representa a las plantas introducidas por grupos humanos prehistóricos en esa zona de Las Cañadas.

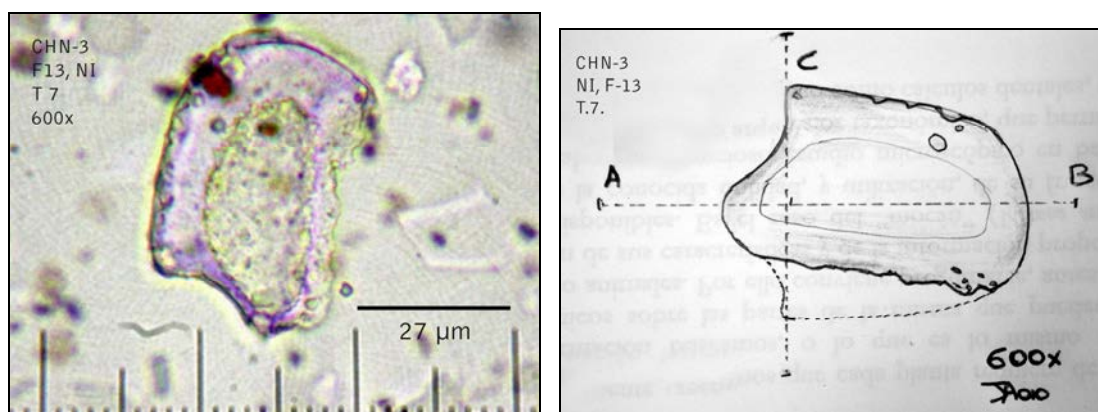
Se trata de una célula de gran tamaño, que supera las 55  $\mu\text{m}$  ( $\pm 57,48 \mu\text{m}$ ) en su eje longitudinal total (A + B) y que por tanto puede clasificarse dentro de los grupos mencionados, que por lo general se encuentran alojados entre las partículas de arenas 200-50  $\mu\text{m}$ <sup>89</sup>. Su grado de afectación por disolución de SiO<sub>2</sub> es alto, afectando gravemente a uno de los laterales del morfotipo, hasta haber hecho desaparecer buena parte de éste (**Figura 665**). Por ello hemos realizado una posible reconstrucción (**Figura 666**), de esta zona, en base a los datos (imágenes + morfométricos) existentes en la colección de referencia Fitoliteca-1. Aunque no puede hablarse de una concentración significativa para el volumen de muestra analizado (1 gr.), ésta se asemeja a la detectada en otros contextos arqueológicos, en este caso del yacimiento –de ocupación más compleja– de La Cerera (Gran Canaria). Parece posible por tanto que, por alguna razón, tejidos de una gramínea *Arundinoideae* se acarreasen desde las zonas de habitación de medianías o de costa, de donde partían los grupos humanos a su estancia estival en Las Cañadas. Podríamos igualmente vincularla a otras especies de otra subfamilia *Poaceae*, como es el género *Chloris* sp., que da nombre a la misma (*Chloridoideae*).

Pese a asumir con seguridad que la flora de Las Cañadas ha experimentado cambios en tiempo y espacio, con directa repercusión sobre las formaciones vegetales existentes en cada momento, unos y otros aun deben definirse con precisión. No obstante, la presencia de fitolitos de una gramínea *Arundinoideae* resulta muy compleja de interpretar, tanto en el plano arqueobotánico como paleobotánico. Pero, en ese mismo plano no puede olvidarse que se presenta en el contexto de un lugar de ocupación aborigen, aunque éste fuera no permanente y que ello incluye llegada de partículas biogénicas desde contextos muy dispares. En los mecanismos de ese proceso, y en el caso de Chafarí, no puede descartarse que junto con los desechos propios de la propia actividad humana llegaran otros aportados por los ganados de ovicápridos que transitaron –por mediación de la primera intervención– la zona. En todo caso, la llegada de tejidos vegetales portadores de este tipo inequívoco de fitolitos, siguiendo dichas versiones, sería la lógica, otra cosa es introducir el parámetro paleoambiental, sin duda más complejo de abordar.

---

<sup>89</sup> El hecho de que las dimensiones de esta partícula la sitúen en el límite máximo de los limos (USDA), obliga a tomar en consideración la lectura del transporte eólico, dado que se encuentra aun dentro de los rangos de partícula que pueden ser arrastradas e incorporadas a las corrientes atmosféricas.

Pese a que un primer momento la detección de estas células pareció ser aislada y por supuesto fuera de su contexto natural, los trabajos realizados con otros materiales arqueológicos de esta zona de Las Cañadas, como de suelos más o menos cercanos al entorno de Chafarí, volvieron a confirmar la presencia de **registros microfósiles en contextos no-usuales**. Y por tanto aludiendo al componente que involucra, primero desde el plano antrópico, la dinámica de un proceso del que se desconocen los detalles, pero que muestra evidencias claras durante el estudio arqueológico, en este caso también a escala *micro*. Un componente que está asociado al transporte o traslado de elementos vegetales muy fuera de su área de captación. Tanto como para no entender, de primera mano (vista en este caso), su presencia en un contexto totalmente ajeno a sus áreas comunes de desarrollo, ya que hablamos ahora de plantas y sus restos microscópicos. Pero que en el plano arqueológico, supone encontrarse materiales, industrias, en zonas donde casi parece impensable su llegada por vía antrópica. El significado de fitolitos de células buliformes cuneiformes con la disposición de ejes de simetría que detectamos en la Talla 7 de la cuadrícula F-13, es decir la que no contiene directamente la estructura de combustión de CH-N3, lleva aparejado ese componente de evidencia en un contexto no-usual.



**Figura 665 (Izqda.),** Posible fitolito de célula buliforme y **Figura 666 (Drcha.),** propuesta de reconstrucción de sus principales ejes de simetría. 600x.

Y segundo, planteando la posibilidad de que ese contexto no-usual no lo haya sido en el tiempo, incorporando —como ya hemos hecho— el concepto de cambio paleoambiental y por derivación el que contempla secuencias climáticas muy diferentes a las actuales, asumiendo que las que contextualizaron los periodos de ocupación de CH-N3 tampoco fueron muy diferentes a éstas.

#### **Contextualizando los fitolitos de células buliformes en CH-3 y Las Cañadas del Teide.**

Este apartado conlleva trasladarnos a contextos no-anthropizados de forma actual, como son buena parte de los suelos de Las Cañadas, fundamentales sustratos directamente involucrados en la dinámica ambiental y por ello en el desarrollo diferencial de la vegetación en tiempo y espacio. En este caso, no podemos desvincularnos tampoco de la ocupación humana que se produce —en imprecisos momentos— muchos siglos antes de la llegada de poblaciones

modernas a Tenerife. La tasa de creación de suelo, extremadamente lenta en la actualidad en la zona y un medioambiente al que se supone muy similar al actual, parece permitirnos afirmar que también los suelos de Las Cañadas deben considerarse relacionados con la actividad antrópica del pasado. Aunque las huellas de la misma, especialmente las microscópicas, resulten más que imposibles de detectarse si no media primero las de tamaño macroscópico. Sí, estamos planteando que hasta ahora no se han contemplado los suelos de Las Cañadas como un sustrato antropizado. Y aunque en esta Tesis únicamente proponemos futuros estudios —en su mayoría microscópicos de alta resolución— tendrán que contemplar cómo los paquetes edáficos fueron afectados, durante generaciones, por actividades animales y humanas. Y al menos las primeras como verdaderamente incidentes en los suelos, al menos en sus horizontes superficiales.

### **Muestras superficiales de los suelos actuales del Valle de Chafarí.**

Aunque estas muestras no pertenecen a sedimentos arqueológicos sino a suelos existentes en el Valle/Llano de Chafarí, su vinculación con los mismos, en especial con las zonas del Conjunto Arqueológico de Chafarí situadas en su extremo es compleja de precisar pero no improbable. Descartando que pertenezcan a los niveles superficiales de cualquier tipo de yacimiento, dicha vinculación es establecida en el contexto de una zona, muy acotada espacialmente, donde a la manifiesta estabilidad que aparenta poseer le sigue una historia de ocupación humana continuada aunque cambiante en el tiempo. Desde esa perspectiva, los contenidos microfósiles existentes en las muestras edáficas superficiales así como las características de la matriz donde se hallaban, son considerados como susceptibles de estar relacionados con la dinámica antrópica en la zona, al menos en el pasado.

### **Análisis de residuos: industrias cerámicas y líticas de las Cañadas del Teide.**

#### **Aspectos generales**

Los residuos analizados pertenecen, en su totalidad, a los extraídos de industrias cerámicas de factura aborigen, recuperados en el transcurso de prospecciones arqueológicas por Las Cañadas del Teide entre los años 80´-90´. Se trata de piezas, o de sus fragmentos, que en su mayoría presentan buen estado de conservación, depositadas en los fondos del Museo Arqueológico del Puerto de La Cruz.

Se analizaron un total de 21 residuos, extraídos en su mayoría de los fondos de recipientes cerámicos de gran tamaño, en otros casos —cuando no se observaba ningún tipo de concreción en el fondo de los mismos—, se intentaba localizar cerca de los orificios de salida (mango con vertedero) o similares. Sólo en dos casos se muestreó el mismo recipiente (MPC-67 y MPC-68), intentando identificar diferencias de contenido entre el fondo y el vertedero, y el fondo y los laterales respectivamente.

Los resultados indican diferencias importantes en las características de los residuos, siendo, la primera de ellas, que algunos se encuentran formados básicamente por carbón, en tamaño de microfragmentos, derivados de la ligera molturación (mortero de ágata y cristal) a la que fueron sometidos para poder reducir, el residuo extraído, al tamaño idóneo para confeccionar una

preparación microscópica. Se trata, en este caso de los residuos más homogéneos, donde en todo caso pueden aparecer, aislados, oxalatos de calcio bajo la forma de *arena de cristales (crystal sand)*. En los residuos carbonizados se localizan por lo general muy pocos microfósiles, como gránulos de almidón, microalgas y casi ningún silicofitolito, por lo que parece clara la última actividad que se realizó dentro de ellos: combustión, hasta el grado de carbonización (<500°C), de materiales vegetales con nulos, o muy bajos, contenidos en biomineralizaciones silicificadas. De este modo puede descartarse, aunque con excepciones, el empleo de gramíneas, ni de ningún otro grupo vegetal caracterizado por una alta concentración de silicificaciones en sus tejidos.

En varios de los residuos se detecta contaminación por sedimento/suelos contextuales, que en su mayoría responden a las características de la zona de Las Cañadas (color y granulometría).

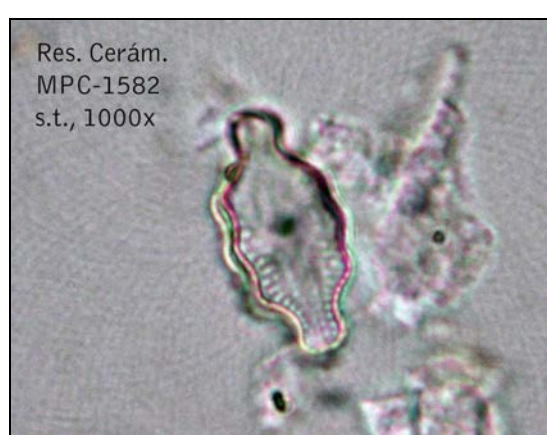
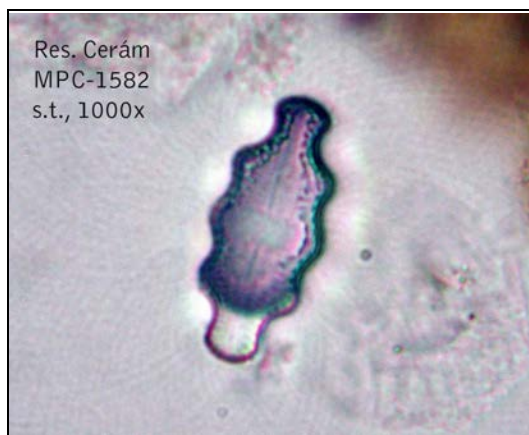
#### Aspectos microscópicos del análisis de residuos.

Dado que en la mayoría de los casos la inspección microscópica fue negativa, en cuanto a microfósiles vegetales, únicamente se exponen aquellos en los que fue posible identificar algún tipo de ellos, aunque entendiendo que aun en los casos donde solamente se detecta carbón, ya supone un dato sobre las prácticas realizadas con este tipo de recipientes.

#### Residuo en MPC-1582.

Se trata éste de un residuo claramente identificable por su color claro, que ocupa una extensión considerable del fondo y parte del lateral superior de un pequeño cerámico cuenco de unos 22 cm. de diámetro. Sin embargo, para lo evidente de dicho residuo, éste contiene una información microscópica compleja, no fácil de interpretar, y donde se encuentran ausentes elementos microscópicos que cabría esperar, como gránulos de almidón o incluso fitolitos (**Figura 669**).

Dentro del escaso registro detectado destacan pequeñas diatomeas de simetría bilateral, extremos bicapitados y triondulada, zona hialina central que toma forma de lazo (*bow-tilde*), pequeño tamaño (20 µm), **Figuras 667-668**. Esta descripción concuerda con el género *Luticola* sp., con grandes similitudes con la especie *L. obligata* (Hustedt) D.G. Mann] descrita por Hartley (1989).



**Figuras 667 y 668**, Diatomeas en MPC-1582. 1000x.

Al ser varios los ejemplares detectados de este tipo de valvas, se ha planteado interpretar este registro vinculándolo al conocimiento adquirido con el estudio de sedimentos de zonas húmedas de Las Cañadas. Las únicas valvas de diatomeas con las que pueden relacionarse, las detectadas en MPC-1582, proceden de los puntos situados en la zona sureste del pico del volcán Teide, en concreto en los puntos denominados “Puntos Húmedos Altos”, situados en la vertiente del cono orientada hacia la caldera de Pico Viejo. En algunos de ellos se realizaron muestreos y análisis de sedimentos, en lo son varios enclaves ya citados por T. Bravo como “hoyos de la nieve”.

Dentro del registro de microfósiles silicificados de esos puntos destacan las valvas de diatomeas y en menor medida los quistes de crisofitas, y dentro de dicho registro, con especial concentración en P-Hum-Alt-3, las pertenecientes al género *Hantzschia* sp., y *Luticola* sp. (con alta probabilidad de ser *L. obligata*). La morfología que presentan éstas últimas se asemeja en forma, ornamentación y tamaño a las valvas detectadas en el residuo de MPC-1582.



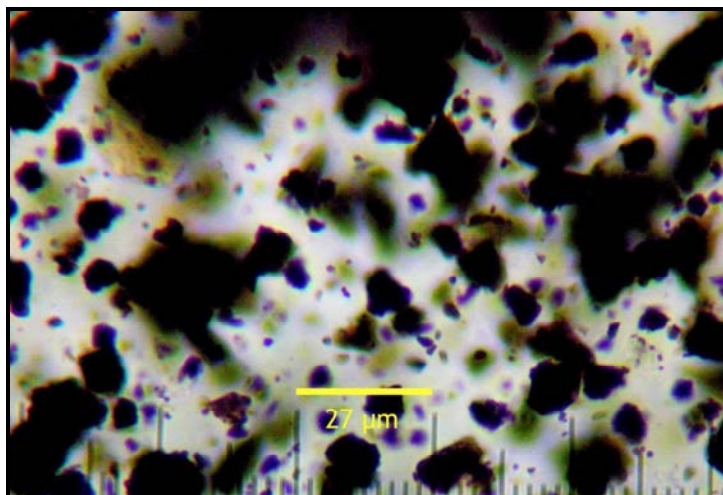
**Figura 669,** Vaso cerámico MPC-1582

La asociación *Hantzschia-Luticola* no es nueva en aspectos limnológicos, propia de contextos de zonas húmedas de regiones desérticas, tanto frías como cálidas, y que indicaría la existencia de condiciones húmedas subaéreas, de hecho en ambos géneros se encuentran especies vinculadas al poco conocido grupo de las diatomeas que prosperan en esos ambientes (Douglas & Smol, 1999; Johansen, 1999).

Pese a que las inferencias que pueden esbozarse con estos datos resultan altamente tentadoras, ya que puede enlazar la funcionalidad del vaso cerámico con una zona de captación de agua concreta y muy específica, no dejan de ser datos aislados y por ello se impone la cautela. Pero en todo caso, la primera impresión –del muestreo de ambos materiales– no puede ser más esperanzadora. A todo ello hay que sumar el hecho de que en el resto de sedimentos, analizados hasta el momento correspondientes al área de Las Cañadas, no se han detectado valvas de diatomeas similares a las propuestas para el género *Luticola* sp. e identificadas en los P-Hum-Alt-3 y 2.

#### **Residuo en MPC-54**

Residuo totalmente carbonizado, indicios de gránulos de almidón. Se trata de una matriz formada por fragmentos de carbón (**Figura 670**), que pese haber sido molturado para conocer un posible contenido en microfósiles vegetales, no permitió reconocer nada más allá de gránulos de almidón de pequeño tamaño que no obstante constituyen en sí una evidencia. En principio su adscripción biológica es a cereales de la tribu *Triticeae*.

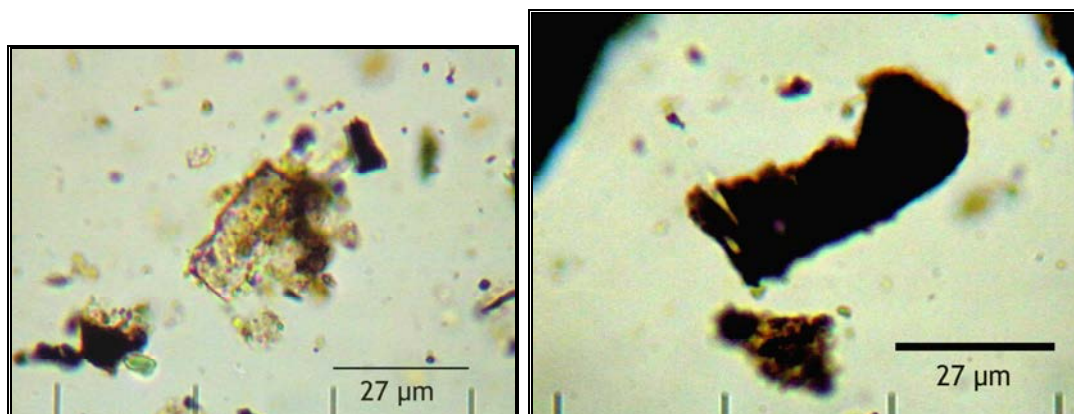


**Figura 670**, 600x.

#### Residuo en MPC-60.

Residuo igualmente formado por microcarbón en su totalidad, con indicios de arena de cristales de oxalatos de calcio. En algunos casos se perciben silicificaciones de formas comunes entre las gramíneas (*Poaceae*), pero de forma muy aislada y probablemente asociada a partículas de arcilla (**Figura 671**).

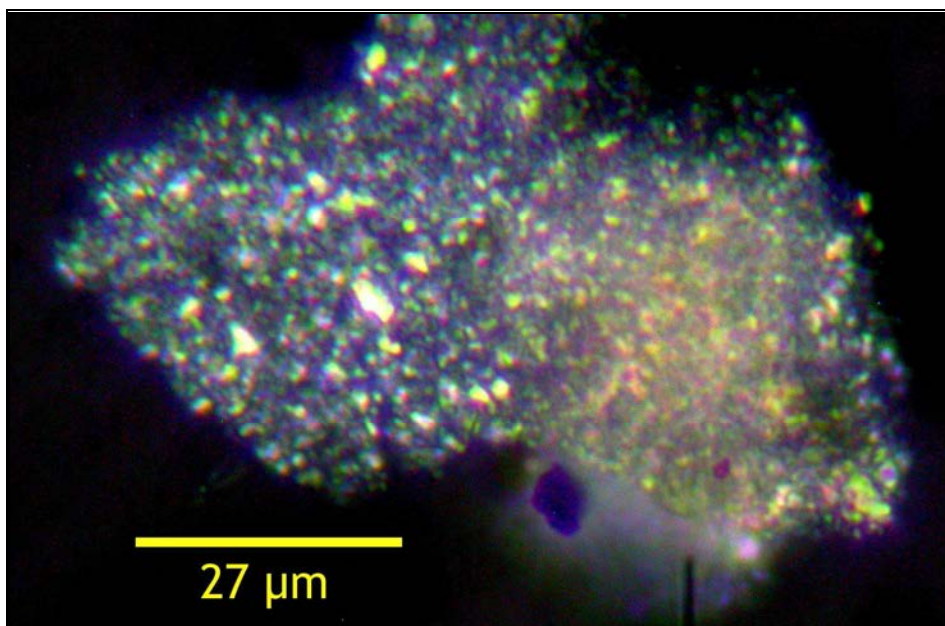
También se intuyen formas que podrían pertenecer a tejidos vegetales con signos de carbonización, con cierta similitud a traqueidas con engrosamientos anulares similares a los detectados en sedimentos y suelos de Las Cañadas (**Figuras 672**)



**Figura 671**, Posible fitolito asociado a partículas de arcilla. **Figura 672** (Drcha.), fragmento/elemento microscópico de tejido vegetal carbonizado. Ambas 600x.

#### Residuo en MPC-40

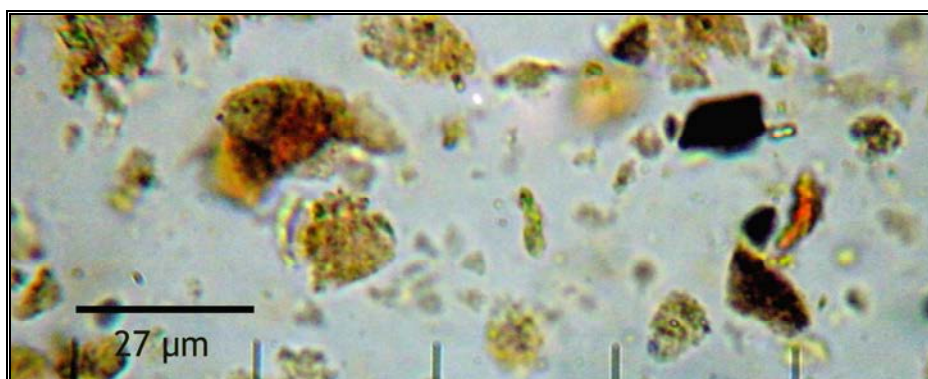
Residuo totalmente formado por microcarbón, con indicios aislados pero evidentes de oxalatos de calcio bajo la forma de arena de cristales.



**Figura 673, 600x.**

#### Residuo en MPC-1

Gran cantidad de partículas de arcilla (<2 μm), estériles en su mayoría (**Figura 674**). Únicamente destaca un elemento silicificado alargado y facetado (*elongate faceted*, ICPN 1.0), entre otras morfologías de fitolitos probablemente pertenecientes a la misma matriz arcillosa. Se detectan algunas partículas amorfas, opacas y color negro que podrían pertenecer a microcarbón. En todo caso parece claro el componente, por contaminación contextual, de este residuo, que ejemplifica otros casos similares detectados en las muestras analizadas y dificulta en extremo la tarea de identificar microfósiles asociados a la propia funcionalidad de los recipientes.

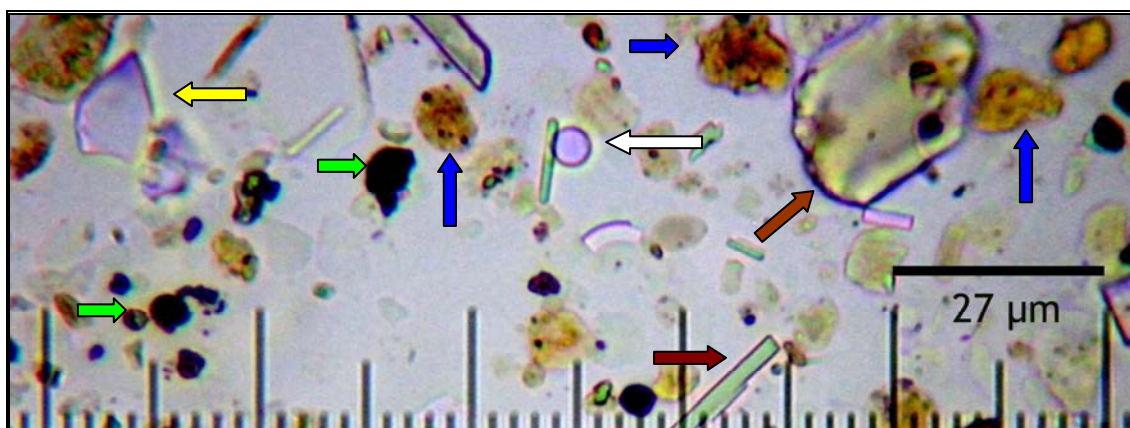


**Figura 674, 600x.**



### Análisis de residuos de elementos de molturación.

La práctica iniciada con los complejos estudios realizados con las industrias líticas de molturación de La Cerera<sup>90</sup>, permitieron abordar igualmente el de algunos ejemplos de elementos de molturación localizados en Las Cañadas del Teide. Como en aquel caso, el método empleado permitió contar con dos tipos de residuo, uno más vinculado a la propia matriz sedimentaria contextual a la pieza lítica (residuo A) y otro, significativamente más escaso, que podría responder a la partículas microscópicas derivadas de la molturación de productos empleados como alimento (residuo B). En estos últimos, como viene siendo habitual solamente se detectaron gránulos de almidón aislados, lenticulares y de pequeño tamaño. Por ello se centró la evaluación de su contenido en el residuo A, entendiendo que nos aportaba información contextual (**Figura 675**).



**Figura 675**, Registro microscópico del residuo A de la pieza signada para su tratamiento como E.M./E.R., donde pueden apreciarse fitolitos globulares (blanco), fragmentos de otros no identificables (amarillo), partículas de carbón (verde), agregados de arcilla (azul) y partículas minerales de tamaño limo (marrón). 600x.

### Sobre los residuos de cerámicas e industrias de molturación.

El estudio microscópico de los residuos existentes revela pocos datos a nivel microfósil, salvo la existencia en algunos de ellos de una matriz carbonizada, cuyo estudio debería acometerse también en base a su composición química. Aunque desde cierta obviedad se trata de residuos carbonizados de origen vegetal, su origen debe estar en plantas no-productoras de silicificaciones, ya que entre las partículas de carbón no se localizan apenas indicios de biomineralizaciones, salvo en el caso de cristalizaciones de oxalatos de calcio/pseudomorfo de calcita que adquieren la forma de arena de cristales (*crystal sand*, Franceschi & Horner, 1980). Estas morfologías han sido detectadas en tejidos de plantas como la sabina (*Juniperus turbinata*) pero también en los de retama del Teide (*Spartocytisus supranubius*). Desde una hipótesis razonable podríamos enlazar aquí con la experiencia llevada a cabo por Arnay *et al.* (1985b), para la identificación de un residuo adherido a otro recipiente cerámico aborigen localizado en Las Cañadas del Teide. Experiencia de tratamiento y análisis microscópico donde se llegó a la

<sup>90</sup> Ver Capítulo 5, Resultados, Análisis de industrias cerámicas de La Cerera.

conclusión de que los tejidos correspondían con los localizados en *S. supranubius*.

### **¿Y los microfósiles de origen alimenticio?**

La primera conclusión al respecto debe aclarar que los tejidos de esta especie no son comestibles, ni siquiera su fruto —propio de una leguminosa— ya que posee altas dosis de alcaloides. Tampoco la existencia de un residuo completamente carbonizado favorece una lectura relacionada con posibles prácticas alimenticias, aunque un residuo escaso no tiene porque negar la misma. Obviamente la funcionalidad podría ir aparejada a la tipología de los recipientes, aspecto que no hemos entrado a valorar en este estudio.

La práctica ausencia, de microfósiles vegetales vinculados a la alimentación, es sin duda la que marca esta primera impresión microscópica, en concreto la de silicofitolitos y gránulos de almidón. Pero partiendo únicamente partiendo de la hipótesis del consumo de cereales y/o leguminosas y su procesado o almacenamiento en este tipo de recipientes, tal y como se presupone cuando se dispone de los mismos y de productos lácteos. Pero obviamente otros usos, de tales recipientes, descartan por supuesto dicha hipótesis. Por ello llama especialmente la atención la ausencia de gránulos de almidón más allá del nivel de indicios, dado que se trata de partículas muy abundantes por gramo de semillas de cereal y leguminosas, cuya capacidad de adherencia es muy superior a la de los silicofitolitos que pueden encontrarse en la cubierta de las mismas.

### **Las industrias cerámicas y “la cuestión del agua”.**

Obviamente parece fundamental abordar la cuestión de la funcionalidad de algunos de estos recipientes con la propia dinámica prehistórica de Las Cañadas del Teide, sobre todo con el aprovisionamiento de agua, una cuestión fundamental en nuestro trabajo y para la que se desplegaron estrategias de muestreo y análisis de contextos vinculados al líquido elemento.

Las evidencias detectadas, en cuanto a la presencia de un determinado tipo de microalgas, tanto en el residuo de uno de los vasos como en el sedimento de los denominados Puntos Húmedo Altos, plantea —al menos como resultado preliminar— la posibilidad de enlazar el estudio de residuos con los registros de sedimentos, encontrando un nexo de unión vinculado a la explotación de los recursos hídricos de la zona.

Lamentablemente resulta muy complejo ofrecer una reconstrucción de los hechos que llevan a que, en un determinado recipiente cerámico se depositen microalgas vinculadas al contexto de un enclave llamemos “húmedo”, con presencia de agua potable, en estado líquido o sólido, que en Las Cañadas pudo ser, es, completamente factible. Para ello el recipiente debía tomar contacto con el sustrato inmediato al agua/nieve/hielo, que no en todos los casos tendría que ser sedimento, lo cual solamente ocurriría en fuentes o manantiales pero...¿para qué introducir el recipiente tomando sedimentos del fondo?. Obviamente la casuística de tal operación es muy amplia, sobre todo en zonas donde el agua escasea y requiere de estrategias de captación específicas, lo cual nos permite enlazarla con la experiencia llevada a cabo con sedimentos de fuentes y arroyos, donde los restos de microalgas silicificadas presentan muy altas concentraciones.

Sin embargo, en el caso estudiado y ateniéndonos a las características de las diatomeas detectadas, en uno y otro material, podría acotarse el tipo de ambiente de desarrollo de las mismas, que no obligatoriamente tendría que ser sedimento, sino sustratos rocosos donde el desarrollo de hongos liquenizados<sup>91</sup> (líquenes) y algunos tipos de briófitos sirvieran de soporte para microalgas epifíticas. Este podría ser el caso de zonas rocosas, inestables en su mayoría, como las situadas en el volcán Teide donde se localizan los llamados “pozos de la nieve” y donde, guiados por las referencias etnográficas existentes, se localizaron indicios arqueológicos de adecuación y aprovechamiento de nieve o hielo, probablemente en época estival. En algunos de esos puntos, donde llevamos a cabo la toma de muestras de mínimas cantidades de materiales finos<sup>92</sup>, se detectaron condiciones similares a las mencionadas, con un ambiente umbrío, con mayor humedad y menor insolación que el existente unos escasos metros más arriba, donde aparecían restos de flora muscinal. En estas oquedades localizamos masas de hielo/nieve residual, bajo la cual se detectaron dichos materiales finos.

Sería con la llegada de las altas temperaturas cuando se producirían cambios sustanciales en estos enclaves, permitiendo la existencia de agua y humedad, al menos de forma más acusada que durante el invierno. Produciéndose un incremento de la producción en la mínima lámina de agua formada en algunos de ellos, donde creemos que se cumplen de forma más común las condiciones para el desarrollo de microalgas sujetas a un sustrato rocoso húmedo, con o sin soporte de líquenes o musgos. En esa situación, la extracción de hielo o nieve podría suponer también la de dicha vegetación, macro y microscópica, ésta última —por su componente altamente silicificado— pasaría a formar parte de un residuo no-perceptible a simple vista en el fondo de los recipientes empleados con la función de retener el agua procedente de estos puntos<sup>93</sup>.

#### **Aspectos vinculados a la funcionalidad del ajuar cerámico.**

El planteamiento final, a tenor de los resultados obtenidos, podría ser el que plantea la existencia de prácticas de limpieza de algunos de estos recipientes,

---

<sup>91</sup> Como se sabe los líquenes son asociaciones de hongos con algas o cianobacterias (Mauseth, 2003; Gabriel y Galán, 2002; entre otros).

<sup>92</sup> Entendiendo como tales aquellos formados por partículas edáficas de tamaño inferior a las gravas y que inicialmente toman la apariencia de sedimentos derivados de la meteorización de las rocas circundantes, sin que por el momento pueda hablarse en ellos de un proceso de edafización.

<sup>93</sup> En este sentido la presencia de cerámicas, de tipologías de grandes y medianos cuencos, podría asociarse a un uso similar, al menos de forma hipotética. En su momento Luis Diego Cuscoy (1969) planteó que el diseño de tales tipologías obedecía a su relación con el almacenamiento de agua, en concreto desde charcos y manantiales (Diego, 1968), sobre todo de aquellas con mango vertical, que permitiría la recogida de agua en zonas de difícil acceso, pero se trata de una hipótesis que no ha sido corroborada. Desde luego que la detección de microalgas, como las descritas, permite —al menos como hipótesis plausible— vincular la pieza cerámica analizada con la captación de agua en una zona concreta de Las Cañadas del Teide, como es la que corresponde a los Puntos Húmedos Altos, al menos hasta que tales microalgas puedan ser localizadas en otras zonas de las mismas. O bien ofrecer otra versión en función de nuevas comprobaciones.

ayudándose de elementos vegetales del entorno. Una vez estos han dejado de ser empleados —con varios fines— y van a ser depositados en oquedades del terreno para protegerlos de la intemperie, salvaguardando igualmente su integridad ante otras personas que transitaran el entorno. Salvo en aquellos casos donde los recipientes no se empleaban para procesar alimentos, sino para contener diversos productos en estado sólido o líquido, sin llegar a generar residuos. Aunque en algunos casos, la naturaleza claramente carbonizada de los mismos apunta hacia procesos que podían incluir productos vegetales. Serían inferencias básicas pero plausibles y que podría enlazarse con el conocimiento arqueológico existente, al respecto de este tipo de evidencias cerámicas, que aparecen en lo que han venido a denominarse “escondrijos” (Diego, 1968; Arnay, 2000, entre otro; Machado & Galván, 1998; entre otros).

Del mismo modo, las escasas evidencias microscópicas —de origen vegetal— orientan lo que podrían ser tales prácticas de limpieza, quizá muy somera, hacia una esquivada pero evidente especie vegetal del entorno: la retama del Teide (*Spartocytisus supranubius*).

#### **Aspectos básicos sobre residuos de industrias líticas de Las Cañadas del Teide.**

Lamentablemente han sido escasas las piezas arqueológicas asociadas al yacimiento de Chafarí que han podido ser estudiadas con metodología de análisis microfósil. Si bien dentro del muestreo de residuos realizado en industrias cerámicas procedentes de Las Cañadas del Teide y depositados en los fondos del Museo Arqueológico del Puerto de La Cruz existen algunas piezas que pueden vincularse con la actividad aborigen en la cercana zona —de la vertiente sudoeste de Las Cañadas— de Montaña de El Cedro.

Por lo cual el resultado del análisis de residuos —de dicha pieza— es incluido en el del escaso conjunto formado por otra, de tipo lítico, recuperada en las inmediaciones del propio yacimiento de Chafarí. Sin dejar de considerar las diferencias entre ambas, tanto por su propia naturaleza como industrias de uso, como por las características de los procesos postdeposicionales que pueden afectarles en base a dicha diferenciación conceptual, entiendo que su tratamiento y análisis pormenorizado ofrece información muy valiosa, pese a que ambos casos se halle encriptada, tanto por la afectación de dichos procesos como por las propias características de los residuos existentes en ambas. Uno asociado a los productos contenidos y quizás procesados de forma propia a las de un recipiente cerámico, y otra a los procesados por un utensilio lítico como es un molino circular de mano.

En ambas y especialmente en la segunda, es claramente perceptible la afectación por contaminación contextual del posible residuo dejado por productos vegetales procesado, en este caso por el propio sedimento arqueológico y suelos cercanos al yacimiento, ya que las características ambientales y en concreto de los dinámicos procesos de transporte y sedimentación (eólicos e hídricos eventuales) locales han propiciado la llegada de partículas edáficas (minerales y también probablemente biominerales), que se han sumado al residuo original de ambas industrias, más acusado como he mencionado en la de naturaleza lítica que en la cerámica.

Como ocurre con el estudio de otros elementos semejantes, que se ejemplifica especialmente con el consistente conjunto muestral de fragmentos de molinos de La Cerera y que finalmente se incluye en esta Tesis<sup>94</sup>, la carga negativa, de contar con un sustrato contaminante de los posibles residuos —de contenido o procesado—, puede volverse a nuestro favor, al contar con una muestra complementaria que confirme o descarte las preguntas-problemas previas al estudio de este tipo de evidencias arqueológicas y con este tipo de metodologías. Además de disponer de una muestra —a la que debe aplicarse un filtro discriminador— que hace referencia directa a parte de la historia sedimentaria del espacio que ocupaba la pieza, en este caso a nivel microsedimentario, mostrándonos parte de las características del sustrato que llegó a constituir el contexto inmediato de la muestra.

En el caso de Las Cañadas del Teide dichos procesos y aspectos se operan de forma rotunda e importante para el estudio microfósil, ya que nos informan —desde lo que pueden ser residuos directos de muy concretas prácticas antrópicas— también del contexto ambiental contemporáneo y posterior, hasta el momento de extracción de la pieza de su posición original, de la misma.

#### **Residuos de fragmento de molino (Chaf-EM-AR).**

Únicamente es tratado aquí el residuo A extraído de esta pieza, localizada en el entorno del Valle de Chafarí, dado que el residuo B no ha podido ser localizado. Sin embargo, la importancia del de tipo A radica en su contenido en silicofitolitos de gramíneas *Panicoideae*, que no concuerdan con los esquemas de aprovechamiento vegetal desplegados por los aborígenes tinerfeños. Al menos no en cuanto a los de tipo alimenticio, dado que gramíneas de esta subfamilia sí que debían desarrollarse ya en la prehistoria de Canarias. El hecho de encontrarlas asociadas al residuo A, junto con gran cantidad de partículas propias de sedimento contextual invita a pensar en su contaminación en el entorno de Las Cañadas pero ¿de dónde proceden los fitolitos de células bilobuladas *Panicoideae*?

---

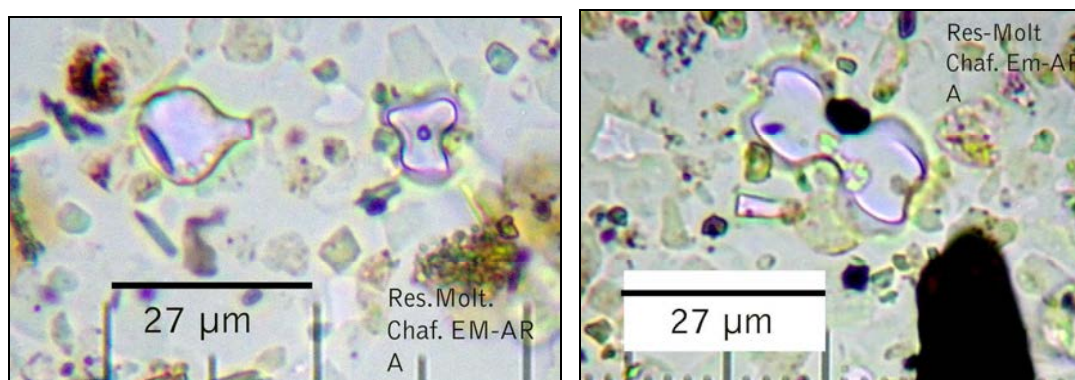
<sup>94</sup> Efectivamente se analizaron una veintena de piezas de molturación pertenecientes al yacimiento de La Cerera, que fueron muestreados con fines microfósiles, en las dependencias del Museo Canario (Las Palmas de Gran Canaria). Lamentablemente los resultados obtenidos no pudieron ser incluidos en esta Tesis. Sin embargo, si es posible plantear que sus resultados —en función de los cuales se vierte la afirmación que estamos comentando— reafirman el papel explicativo de los gránulos de almidón con respecto a los elementos silicificados (fitolitos) en materia de alimentación vegetal. De hecho parece posible afirmarse que se logró aislar el residuo perteneciente a las prácticas de molturación de cereales —y quizás leguminosas— del que estaba formado por sedimento contextual, adherido a las piezas especialmente por su componente arcilloso. Un sustrato plagado de fitolitos de células largas equinadas propias de las envueltas florales de cereales vestidos que en el residuo procedentes de la molturación, creemos que pasa a un segundo plano, como corresponde al tratamiento de elementos vegetales donde el porcentaje de silicificaciones es inmensamente más bajo que el compuesto por hidratos de carbono, bajo la forma de innumerables gránulos de almidón. Ver Anexos I.

## Residuo A

Sin duda se trata de un residuo de enorme importancia y complejidad, dado que se localizan numerosas partículas edáficas que muy probablemente llevaban incluidas las de tipo biomineral propias del conjunto de sedimento y suelo asociados al yacimiento de Chafarí. Se trata de una muestra rica en microfósiles vegetales y en concreto de células cortas de ejemplares de la familia *Poaceae*, aunque también se localizan otras de ésta de células largas, aunque aparentemente menos abundante. La importancia citada radica precisamente en el componente informativo, contextual, del residuo denominado A, que nos ofrece datos especialmente vinculados al entorno y quizás asociados, en menor medida, al propio residuo vinculado con la funcionalidad de la pieza de molturación.

### Fitolitos adscritos a la familia *Poaceae*: células cortas

Primeramente cabe destacar los de células cortas, de tipo bilobulado (bilobate, ICPN 1.0), vástago central corto y extremos lobulares rectos o ligeramente cóncavos (*Dumb-bell, short sank*, Gallego & Distel, 2004). La presencia de estos morfotipos fue tomada como poco usual, dada la escasez de gramíneas pertenecientes a la subfamilia *Panicoideae* en la zona de Las Cañadas del Teide (Resultados 5-I), a la cual pertenecen la mayoría de los mismos, con la salvedad de existir redundancia con algunas de las especies de *Chloridoideae*, en la que Twiss (1992) incluye el morfotipo en forma de cruz (cross, N.C. ICPN 1.0; cuadra-lobate?, ICPN 1.0) y Gallego & Distel (2004) limitan ésta a la subfamilia *Panicoideae*. Por ello, la presencia también del mencionado morfotipo en forma de cruz, o bilobulado, en el *Residuo A* parece confirmar la presencia de gramíneas de esta subfamilia en la zona donde se recuperó la pieza lítica (Valle de Chafarí). No obstante, también aparecen representadas células cortas de tipo *Pooideae*, con lo cual parece atestiguada la contaminación del espacio microsedimentario de las piezas, con el sustrato edáfico local (Figuras 676-677).



**Figura 676** (Izqda.), Célula corta bilobulada y posible fragmento de apéndice epidérmico o de otro tipo de célula bilobulada. **Figura 677** (Dcha.), Célula corta bilobulada. Ambas 600x.

## Análisis microscópico de residuos de restos bioantropológicos de poblaciones aborígenes de Tenerife.

Como se ha expresado en el Capítulo de Materiales Arqueológicos analizados, solamente se ha podido contar con escasos conjuntos de materiales

relacionados con enterramientos aborígenes. Los resultados en ambos casos, aunque basados en ésta limitación, ofrecen algunos datos que han permitido calificar como idónea la metodología empleada, ya que la información proporcionada permite abordar la casuística, de este tipo de restos, en un contexto biogeográfico con especiales características de ocupación antrópica. Sin embargo, debe destacarse la diversidad e importancia de las evidencias microscópicas detectadas, especialmente si nos atenemos al tipo de materiales arqueológicos muestreados para realizar el estudio de microfósiles vegetales. Ya que, como ocurre en uno de los casos, no se conservan los tejidos blandos del cadáver cuyos residuos contienen aun restos de las últimas procesados de alimento. Si los cálculos dentales, relacionados directamente con productos alimenticios –o no– nos ofrecen la posibilidad de indagar sobre dichos productos, al menos en la secuencia de formación de dichos cálculos, los residuos intestinales y paleoheces fecales (coprolitos) aportan también información directa, pero esta vez mucho más inmediata, correspondiente a las últimas ingestas de alimento.

### **Enterramiento de La Cañada del Capricho (Las Cañadas del Teide, Tenerife).**

#### **Registro microfósil**

Si bien, como se ha mencionado, el estado de estos restos humanos<sup>95</sup> no era el apropiado para la realización de un muestreo global (cálculos dentales y residuos intestinales), dada la inexistencia de cráneo ni de vísceras, la recuperación de una cantidad mínima de residuo, asociado al hueso sacro, posibilitó la obtención de importantes datos asociados, de forma preliminar, al consumo de vegetales. Así como al de otros aspectos que en algunos casos pueden complementar la investigación taxonómica llevada a cabo sobre los dos individuos que formaban el enterramiento.

El residuo presenta un marcado carácter orgánico y biomineral, siendo muy escasas las partículas minerales observadas. Los elementos más representados son secciones completas de tejidos vegetales, correspondientes a varias partes de los mismos, pero igualmente se localizan partículas aisladas, también con este origen, como gránulos de almidón y oxalatos de calcio. Destacan, por su especial atributo como morfologías de diagnóstico, algunos ejemplos de esqueletos silíceos (**Figuras 678 y 679**), pertenecientes a las envueltas florales de granos de cereales vestidos, que responden a las características de los fitolitos denominados esqueletos silíceos (*silica skeleton*, Miller Rosen, 1992).

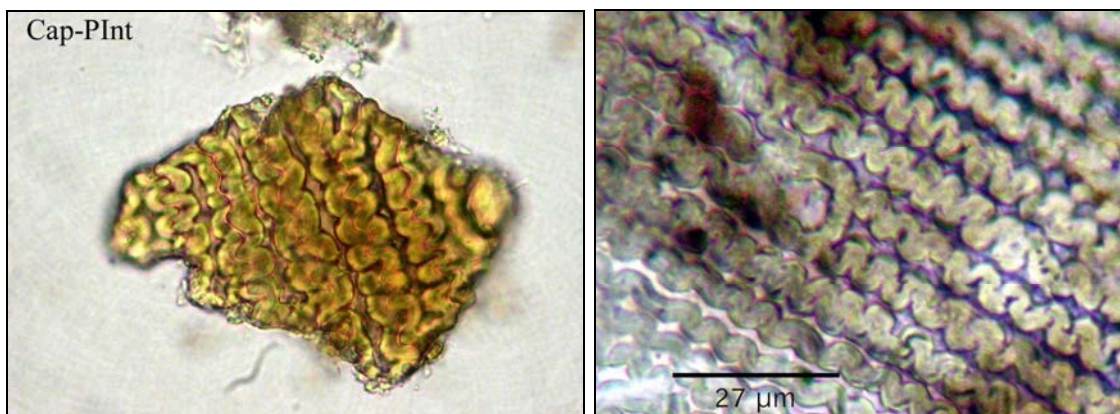
En este caso las estimaciones básicas (morfología de circunvoluciones y características de células largas y cortas) realizadas sobre los ejemplos detectados, parecen indicar que pertenecen a granos de cebada<sup>96</sup> (*Hordeum vulgare*). Aunque algunos de tales parámetros parece permitir adscribirlos a la

---

<sup>95</sup> Para mayor información puede seguirse el estudio tafonómico llevado a cabo por Trujillo & González (2011).

<sup>96</sup> Contamos, además de con la información proporcionada por las plantas patrones y las características de sus biomineralizaciones, proporcionada por la Colección de Referencia Fitoliteca-1, con la opinión preliminar de la Dra. A. R. Miller (Institute of Archaeology, University College, London), 2011, Com. Pers.

variedad de seis carreras (*H. vulgare* subs. *hexasticum*), la complejidad de los mismos aconseja tomar tal identificación como preliminar.



**Figuras 678 y 679**, Fragmentos de fitolitos de esqueletos silíceos localizados en el paquete intestinal de la momia de la Cañada de El Capricho. Izqda. 400x, Drcha. 600x.

La coloración de estos elementos difiere, no obstante, de los actuales, estudiados mediante técnicas analíticas, en concreto por el particular tono amarillento de algunos de ellos (**Figura 678**), y que concuerda con los observados en contextos igualmente de la Prehistoria de Canarias (Afonso, 2004a), en concreto con el residuo localizado en un yacimiento del Barranco de Guayadeque (Gran Canaria), que se encontraba formado por innumerables gránulos de almidón<sup>97</sup>, formando una matriz muy similar en coloración a la detectada en el individuo de La Cañada del Capricho. No obstante, debe subrayarse que ambos tipos de estructuras microscópicas se encuentran formados por diferentes tipos de elementos, en función de la zona de la planta a la que pertenecen, pese a que en este caso sea la misma: granos de cereal.

En el caso de los esqueletos silíceos podemos afirmar que se trata de las estructuras que forman las envueltas florales de dichos granos, y en concreto de las variedades vestidas, donde tales envueltas han permanecido tras los procesos de trilla y/o similares.

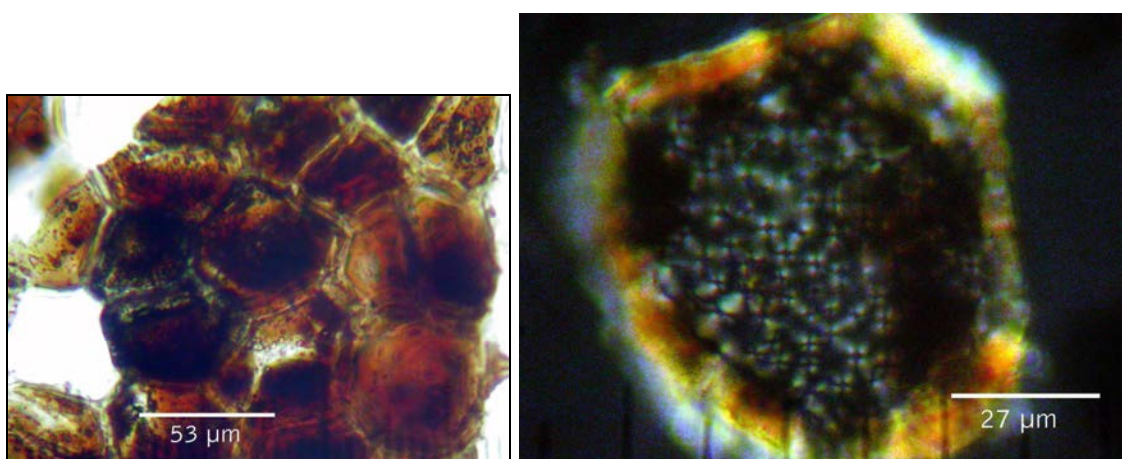
Las formaciones con gránulos de almidón hacen referencia, cuando se localizan entre células poligonales (**Figuras 680 y 681**), a las capas del grano de cereal situadas bajo la de aleurona. Por el contrario, los gránulos de almidón asociados entre sí, y sin ningún tipo de cobertura vegetal nos indica su agregación fuera de las mismas, y posiblemente relacionados ya con un proceso de molturación y quizás tostado de los granos, que ha eliminado en parte las zonas celulósicas de los mismos, como parece ocurrir en el caso del Barranco de Guayadeque (**Figura 15**, Introducción).

Futuros estudios determinaran si dicho parámetro obedece a un determinado proceso antrópico y/o posdeposicional y si es factible obtener algún tipo de información arqueobotánica al respecto de los mismos, en especial en cuanto a tipos de grano y procesado de los mismos.

<sup>97</sup> Figura Nº 15 de esta Tesis, Ver Índice de Figuras.



Otros restos microscópicos afianzan el consumo de cereales por parte de este individuo, al menos en sus últimas ingesta de alimentos. Se trata de secciones de otras zonas del grano, como las paredes del mismo, siendo observables las reservas de almidón situadas bajo las capas de *aleurona* (**Figura 681**), rasgo que permitió asociar estos tejidos, muy abundantes en el residuo intestinal, también al consumo de este tipo de granos. Debe destacarse la posible significación de tal lectura, ya que la capa de aleurona suele ser eliminada durante el proceso de molienda, junto con la epidermis nuclear, la cubierta de la semilla y el pericarpio, constituyendo lo que los molineros denominan *salvado* (Hoseney, 1991), ¿estaríamos entonces ante una característica del tipo de molienda ejecutado por los guanches en Las Cañadas?, ¿del modelo generalizado de la misma o de un caso concreto?. De no ser así, no existiría ningún tipo de técnica de purificación de la harina, sino que ésta sería consumida con toda la fibra original. En todo caso estaríamos ante una evidencia directa de tal proceso, y por tanto requiere de toda nuestra atención, ya que pese a la posibilidad real, de llegar a conocer parte del registro microscópico dejado por la molturación de cereales en las industrias asociadas al mismo (cerámicas y líticas), sólo el estudio de los residuos intestinales colabora en una lectura más fidedigna, acorde con la importancia dada al consumo de cereales en la alta montaña de Tenerife<sup>98</sup>.

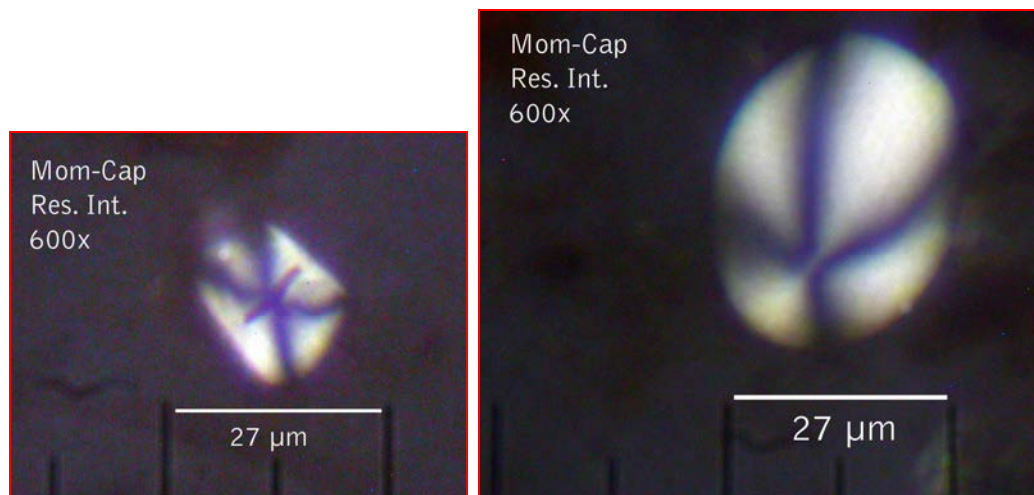


**Figura 680** (Izqda.), Células poligonales de posible correspondencia con la capa de aleurona de los granos de cereal. **Figura 681** (Drcha.), Célula de la capa de aleurona bajo la cual se observa la correspondiente a la de gránulos de almidón. 300x y 600x respectivamente. J.A.

Por su parte los gránulos de almidón aislados, además de afianzar las lecturas anteriores, permiten, mediante su estudio morfométrico, determinar la presencia de dos tipos de éstos. En ambos casos se trata de gránulos aislados, donde se percibe claramente la zona denominada “cruz de extinción de luz” o “cruz de Malta”, pero siendo patente su diferencias en cuanto a tamaños (**Figuras 682 A-B**). Atendiendo a las dimensiones de sus ejes longitudinales, en un caso presentan 20 µm y en otros supera las 40 µm, lo

<sup>98</sup> En este sentido cabe mencionar de nuevo el trabajo pionero de Mathiesen (1960), ya que entre los elementos detectados en el residuo intestinal de la momia de Roque Blanco identificó restos de aristas de cebada.

cual —también en base a su morfología—, podría indicar, en el primer caso, la presencia de trigo como de cebada, y en el segundo —atendiendo a las estimaciones de Wallis (1968)—, estaríamos ante el límite que indica la presencia de trigo y no de cebada (granos >40  $\mu\text{m}$ ), al menos en el tipo de gránulo más escaso en sus reservas de almidón.



**Figura 682 A y B** (Izqda.), Gránulos de almidón. 600x.

#### Otros elementos microscópicos.

El residuo aun contiene elementos microscópicos que deben ser tenidos en cuenta, aunque su adscripción resulte más compleja. Se trata de tejidos escasamente birrefringentes, color verde amarillento y tamaño aproximado de 50  $\mu\text{m}$ . La morfología de parte de estos elementos, concuerda con las células hipodérmicas de sostén localizadas en la testa de las semillas de leguminosas (**Figuras 685-686**).

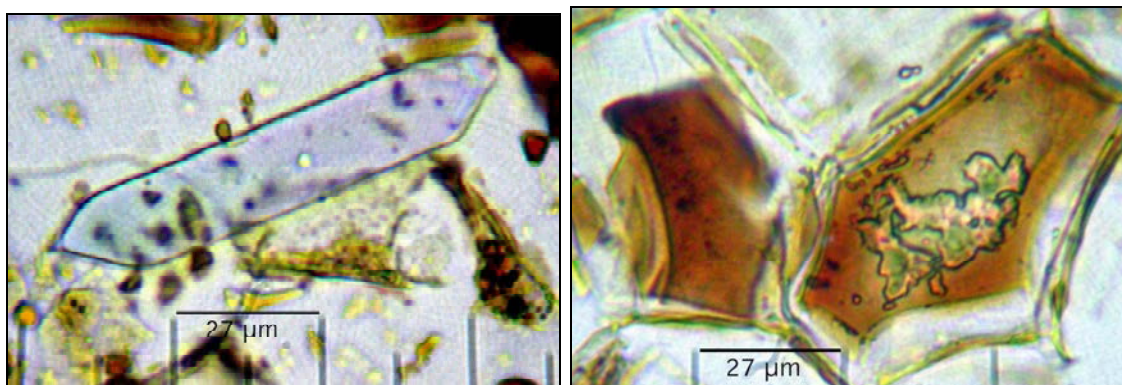
Otro tipo de biomineralizaciones de origen vegetal han sido igualmente detectadas. Se trata de cristales de oxalatos de calcio, de morfología estiloide<sup>99</sup>, que no parecen presentar alteración por choque térmico y situarse, en algunos casos, en posición anatómica (**Figuras 683-684**). Se trata, sin lugar a dudas de secciones de tejido perteneciente a *Pinus* sp. (muy probablemente a *P. canariensis*) que no fueron sometidas a calor y que podrían formar parte de la estructura funeraria donde se encontraba el cadáver.

Igualmente se observa una gran cantidad de tejidos celulares vegetales de más compleja adscripción taxonómica, pese a ser el tipo de microfósiles —de esta naturaleza— más abundante en las muestras de residuo intestinal. Puede observarse su estructuración en forma poligonal, lo cual podría ser sinónimo de pertenecer a las células propias de la capa de aleurona de los granos de cereal ya descritas, aunque presentando alto grado de fragmentación y desestructuración.

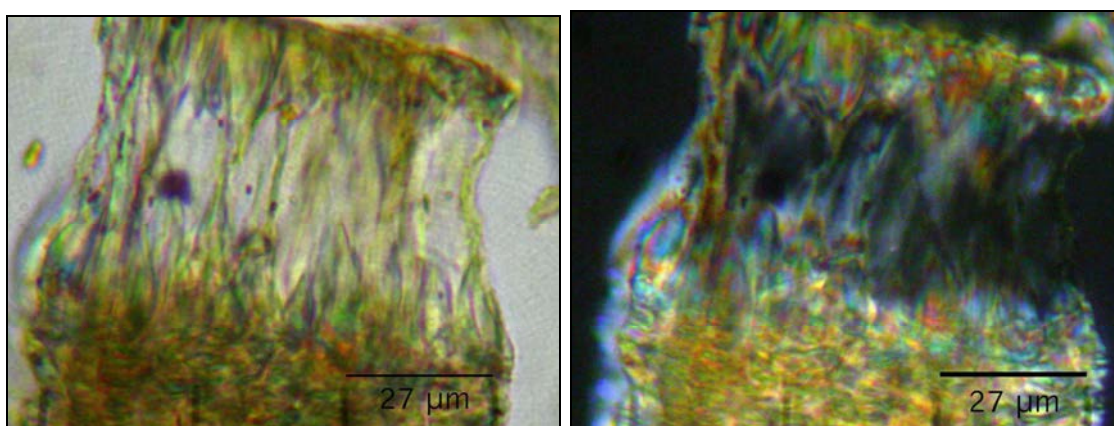
Dentro de los grupos vegetales, a los que pueden adscribirse los microfósiles detectados, podría hablarse de la presencia de tejidos propios de la semilla de leguminosas (*Fabaceae*), si nos atenemos a las características de

<sup>99</sup> Alargadas y lisas con extremos apuntados (*elongated with pointed ends*).

ciertas estructuras microscópicas que parecen corresponderse con las denominadas células hipodérmicas pilariformes, o de sostén, presentes en la testa o cubierta de las semillas o granos de leguminosas como las del género *Phaseolus*<sup>100</sup>, al que pertenecen las judías (Wallis, 1968). Estas estructuras presentan cierto grado de birrefringencia, aunque no bajo la forma de cristales que las conforman, por lo cual su composición parece más basada en compuestos celulósicos vegetales (Figuras 683 y 684).



**Figura 683** (Izqda.), Oxalato de calcio de *Pinus* sp., donde no se aprecian signos de alteración por choque térmico. **Figura 684** (Izqda.), Células poligonales de naturaleza celulósica. Ambas 600x.



**Figura 685** (Izqda.), Posibles células en empalizada bajo luz transmitida convencional. **Figura 686** (Drcha.), las mismas de la figura anterior bajo luz polarizada. Ambas 600x.

Su tamaño (alto) alcanza las 58,5  $\mu\text{m}$  y su estructura ofrece un adelgazamiento en su zona central, con ensanchamiento en ambas bases.

Se trata de células que pueden asociarse por tanto al consumo del fruto de leguminosas comestibles o legumbres, quedando pendiente aun adscribirlas a una especie concreta de las mismas. Pese a que la mayor similitud se

<sup>100</sup> Sin embargo debe tenerse en cuenta la posibilidad de que tales estructuras también puedan localizarse en semillas de los géneros *Vicia* y *Vigna*, que por el momento no han sido estudiadas —para esta tesis— en profundidad, y que al menos en el primer caso ya ha sido documentada en algunos yacimientos de Tenerife (Arco, 1990; Arco *et al.*, 1992).

presente con *Phaseolus vulgaris*, el conocimiento que se tiene de la misma en cuanto a su origen sudamericano aleja la posibilidad de que estemos ante restos de la misma. Siendo más posible la adscripción al grupo del haba, los guisantes o las lentejas, aunque dejando abierta la investigación también en este sentido, al estudio de un mayor número de estructuras microscópicas similares, presentes en las plantas de referencia, en este caso comestibles.

#### **Análisis de fragmentos de madera presentes en el sedimento.**

Los fragmentos de madera localizados en el yacimiento revelaron, tras el tratamiento de laboratorio<sup>101</sup>, que estaban constituidos por muy baja concentración de biomineralizaciones, que en todo caso se basan en oxalatos de calcio y no en sílice amorfo. Las morfologías detectadas indican que se trata muy pequeños cristales de tendencia alargada que únicamente podemos adscribir al grupo denominado “arena de cristales” (*crystal sand*) propuesto por (Franceschi & Horner, 1980) y que se encuentra presente, entre otras especies, en las coníferas, del género *Juniperus* en Canarias (*J. cedrus* y *J. canariensis*).

#### **Otros restos bioantropológicos de época aborígen: momia del Cabrera Pinto (La Laguna).**

Pese a que en este caso no se trata de restos vinculados a Las Cañadas del Teide, no al menos en cuanto al área de donde provienen los restos<sup>102</sup>, la importancia de su estudio radica en su propio registro microscópico, dado que creemos puede pasar a engrosar el escaso conjunto de los que nos aportan información directa sobre la alimentación vegetal, en contextos arqueológicos aborígenes de Tenerife<sup>103</sup>. Como ya se ha citado, se siguió un protocolo específico de muestreo, que permitió recuperar algunos gramos de residuos depositados en el interior de la cavidad anal, suficientes para llevar a cabo tanto las analíticas de microfósiles como las de parásitos intestinales.

Los restos humanos muestreados y analizados corresponden, en este caso, a una momia extraída, probablemente en el siglo XVIII, de un enclave arqueológico de imprecisa localización actual, aunque probablemente del sur de Tenerife. Su pertenencia, a nivel patrimonial (Gabinete de Arqueología del INB *Cabrera Pinto*, La Laguna), junto con otras evidencias arqueológicas procedentes de la zona del Barranco del Agua de Dios (Tegueste), motivo que tradicionalmente se la tomara como procedente de esa zona, pero sin que se hubiese localizado información documental que lo confirmara.

---

<sup>101</sup> Se aplicó un protocolo lo menos lesivo para la integridad de las biomineralizaciones existentes en el fragmento vegetal. Consistió en un lavado previo mediante agua destilada y ultrasonidos, con el fin de eliminar las partículas adheridas y no pertenecientes propiamente al tejido vegetal, que posteriormente se reveló de baja densidad e integridad, aspectos que fueron asociados a su exposición a los agentes atmosféricos por siglos y que sin duda colaboraron en su parcial desintegración, muy evidente en su superficie y menos en su interior.

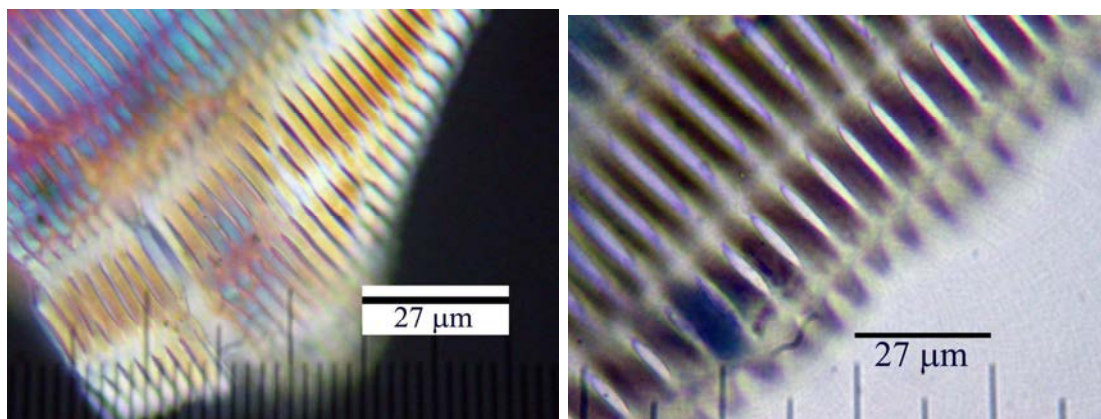
<sup>102</sup> Obviamente no se puede afirmar ni negar que el individuo en cuestión no haya sido de los que transitaron Las Cañadas del Teide, por el simple hecho de no haber recibido sepultura allí.

<sup>103</sup> Con referencia a los estudios, sobre restos humanos, por parte de Mathiesen (Diego, 1968).

En todo caso se trata de un cadáver perteneciente a la etapa aborigen de Tenerife, aunque sin disponer actualmente de datación absoluta para el mismo, pero pudiendo adscribirla, de forma relativa, a las últimas secuencias de dicha etapa. Corresponden a un individuo adulto, de unos 1,60 metros, probablemente femenino, en buen estado de conservación, envuelto en un sudario de pieles cosidas entre sí. El muestreo se realizó a través de la cavidad anal, donde se localizaron fragmentos de lo que podían ser restos fecales no expulsados, que formarían parte de los excrementos postmortem (*coprolitos* dado que se trata de restos arqueológicos) producidos por el proceso habitual de relajación de los esfínteres, tras detenerse las constantes vitales (Juan-Tresserras, 1997). En este caso únicamente se obtuvieron los mencionados fragmentos en el interior de la cavidad anal, por lo cual a nivel de descripción arqueológica y bioantropológica, corresponden más al origen mencionado que a verdaderos coprolitos, pese a que, muy probablemente, tendrían la misma composición.

#### Registro microfósil.

Se trata de uno de los residuos con mayor concentración de elementos microscópicos de origen vegetal de todos los analizados, aunque la diversidad de evidencias microscópicas existentes no puede adscribirse en su totalidad a los grupos vegetales a los que representan. En todo caso pueden identificarse hasta tres tipos de elementos microscópicos diferentes, que uno de los casos parecen pertenecer a la misma especie vegetal. El primero de ellos forma un entramado birrefringente de bandas y huecos intercalados de tendencia alargada y dimensiones que superan las 100  $\mu\text{m}$ . Las puntuaciones o huecos se sitúan en el centro de estos, dándoles aspecto de costillas o entramado simétrico (**Figuras 687-688**).

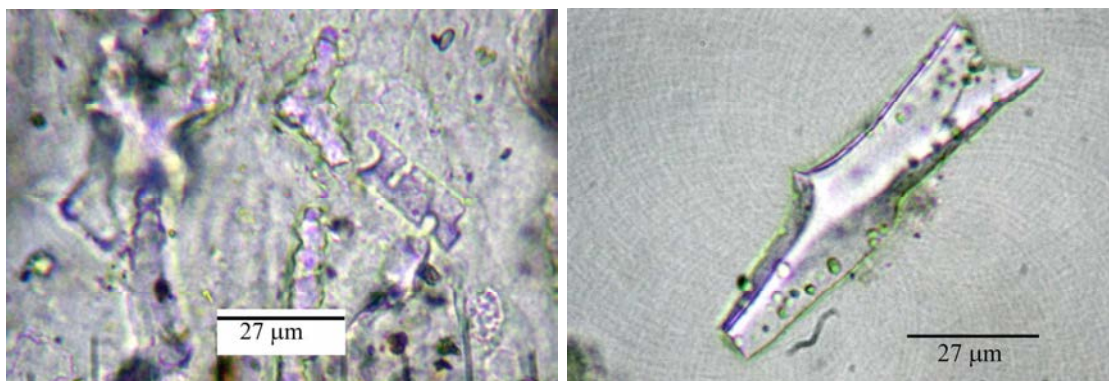


**Figuras 687-688**, Elementos birrefringentes. 600x

El siguiente elemento detectado es isótropo, de naturaleza altamente silicificada, tendencia alargada, superficie pulida o con perforaciones circulares y sección aparentemente triangular (**Figuras 689-690**), sus concentraciones son significativas.

La adscripción biológica de estos elementos únicamente puede realizarse, en el estado de conocimiento actual sobre partículas silicificadas de plantas en Canarias, al grupo de los pteridofitos y en concreto a la especie *Pteridium aquilinum*, cuyo rizoma posee elementos microscópicos muy semejantes a los

aquí descritos. Tanto en el primer caso como en el segundo, los elementos detectados se corresponden con los observados en varias zonas de esta parte de esta planta. Mientras que los elementos birrefringentes son los primeros que llaman la atención por su abundancia y comportamiento óptico, están formados por un material que podría ser celulosa vegetal, los segundos aunque resultan menos evidentes –dado su alto contenido en SiO<sub>2</sub>– suponen, en su originalidad, una prueba fehaciente de estar ante las abundantes silicificaciones que *Pteridium aquilinum* desarrolla en los tejidos internos y externos de su raíz rizomatosa.



**Figuras 689-690**, Silicificaciones lisas con sección triangular. 600x

La lectura arqueobotánica que se deriva de estas observaciones es quizás de la más reveladoras, puesto que supone una verificación microscópica directa de las informaciones etnohistóricas (Humboldt, 1975; entre otros) y arqueológicas (Diego *et al.*, 1960) existentes al respecto del consumo del rizoma de *Pteridium aquilinum* entre la población aborigen de Tenerife<sup>104</sup>. Pero además, creemos, que tal evidencia ofrece otros aspectos que nos permiten profundizar en cuestiones arqueológicas más complejas, como son las razones y consecuencias de emplear el rizoma de una planta como alimento, pese a que su consumo se encuentre condicionado a la restringida distribución de la misma, así como a su específico valor como alimento.

En otro sentido, el consumo del rizoma de *Pteridium aquilinum* ya ha sido relacionado con patologías intestinales asociadas al mismo (Alonso, 1999). Patologías a las que sumamos nuestra opinión sobre la naturaleza de las mismas, al menos en cuanto a las que atañen a la ingesta de abundantes partículas altamente silicificadas, como las que contienen los tejidos (externos e internos) del rizoma de *Pteridium aquilinum*. Efectivamente, tal y como muestran los residuos restantes del tratamiento experimental del rizoma de esta planta<sup>105</sup>, además de una reserva de almidones<sup>106</sup>, en concentraciones significativamente menores a las presentes en los granos de

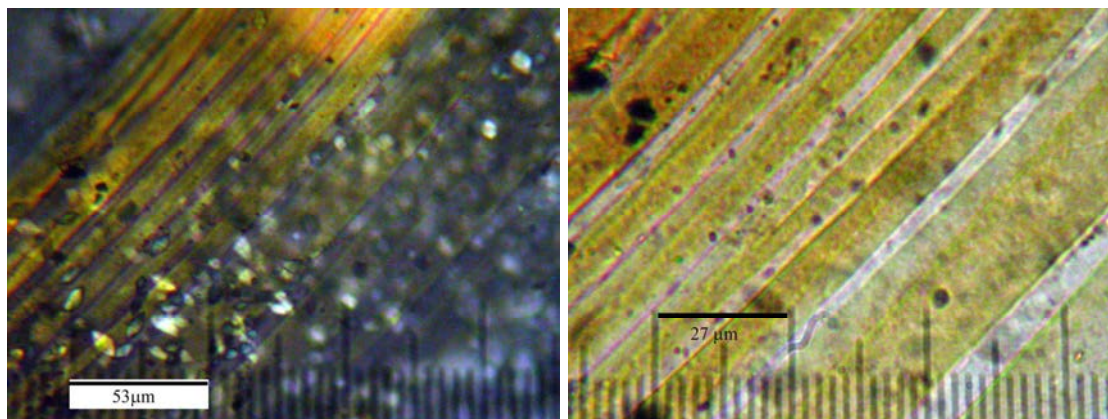
<sup>104</sup> Que no supone sino una evidencia más del recurso a esta planta, para la cual igualmente se cita su empleo, en este caso también de sus frondes, con la función precisa de servir como desgrasante vegetal en la confección de cerámica (García, 1984).

<sup>105</sup> Ver Capítulo Resultados-I, Análisis de Plantas Patronas, *Pteridium aquilinum*.

<sup>106</sup> Ya citada por Mathiesen (1960).

cereales y leguminosas, los elementos altamente silicificados se presentan en gran concentración.

El tercer elemento es complejo y sin duda tiene una naturaleza vegetal, se halla formado por células o bandas de color amarillento, comportamiento isotrópico y bajo polarización presenta abundantes cristalizaciones, posiblemente de oxalato de calcio, trapezoedrales o trapezoidales, con tamaño aproximado de 20  $\mu\text{m}$  (Figuras 691-692).



**Figuras 691-692**, Tejidos vegetales no identificados, 300x y 600x respectivamente

## Análisis de heces fecales de fauna herbívora actual.

### Antecedentes

Como en el caso de las heces fecales humanas, la información microscópica obtenida debe tomarse como directa, al igual que ocurre con otros restos de la misma naturaleza, como cálculos dentales y residuos intestinales. Mientras que en el primer caso la información se refiere a una secuencia más o menos larga de tiempo, como la que media entre la acumulación de sarro y su transformación en cálculo dental, en el de las heces fecales se trata del material de desecho de las últimas ingestas de alimento, por lo general referidos a las últimas 12 horas.

En Canarias disponemos de la experiencia realizada con las heces fecales de varios herbívoros introducidos como el conejo (*Oryctolagus cuniculus*) y el muflón (*Ovis musimon*) por Alfayate (1990) y Alfayate & Rodríguez-Luengo (1991), con objetivos dirigidos hacia la incidencia —por estos herbívoros— sobre la flora local, en concreto de Las Cañadas del Teide. Aunque el estudio realizado siguió rutas analíticas diferentes a las aquí expuestas, los resultados indican que es posible identificar y valorar las especies vegetales consumidas por estos animales, permitiendo conocer sus costumbres y preferencias alimenticias.

### Características de las muestras.

Los materiales analizados corresponden a muestras tomadas en las mismas zonas donde existía presencia de cada grupo de herbívoros, en su mayoría en estado de suelta, en ninguno de ellos estabulado. Este hecho es de suma importancia, ya que la información microscópica referida a los vegetales consumidos, viene derivada del consumo de la flora silvestre donde pasta uno u otro tipo de herbívoro, y no tanto al consumo de pienso, que aunque esté

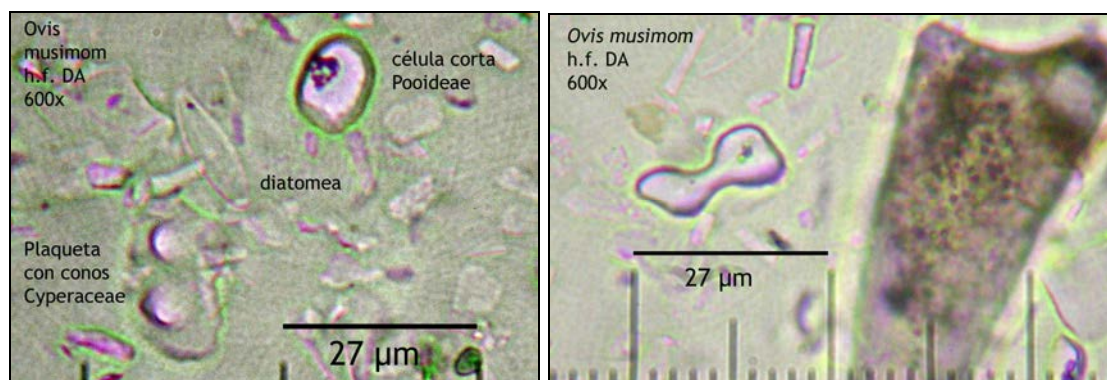
compuesto en su mayoría por vegetales, en la mayoría de los casos éstos no provienen del entorno natural. La única excepción la podría constituir *Capra aegracus hircus*, cuyas heces corresponden a ejemplares de movimiento trashumante, de corta distancia, y en parte estabulada (zona alta de La Esperanza, El Rosario, Tenerife).

### Resultados generales.

Los resultados pueden considerarse positivos en todas las muestras analizadas, ya que cada una de ellas –correspondientes a los diferentes herbívoros mencionados– se detectan un nutrido registro de silicificaciones, que en su mayoría pueden ser adscritas a un grupo vegetal, especialmente hasta el nivel taxonómico de familia y subfamilia, y en algunos casos de género.

### Heces fecales de muflón (*Ovis musimon*)

Las heces fecales de muflón revisten la importancia de considerarse un referente de la flora de Las Cañadas del Teide consumida por estos animales, circunstancia que suscitó gran preocupación, tras confirmarse la acción depredadora de los mismos sobre la flora local y en especial sobre varias especies endémicas (Alfayate & Rodríguez, 1991), que en algunos casos se consideran en peligro de extinción, suponiendo por tanto –tales animales– una amenaza que habría que eliminar (Wildpret & Martín, 2000).



**Figura 693** (Izqda.), Parte del registro de silicificaciones presentes en las heces de muflón, con células cortas de gramíneas *Pooideae*, conos apuntados de ciperáceas y diatomeas pennadas. **Figura 694** (Drcha.), Fitolitos de célula corta bilobulada y apéndice epidérmico de base oval. Ambas 600x.

Las heces fecales de este animal presentan primeramente concentraciones muy altas de silicificaciones, no sólo bajo las morfologías propias de fitolitos sino además de valvas de diatomeas y quistes de crisofitas (**Figuras 693-694**).

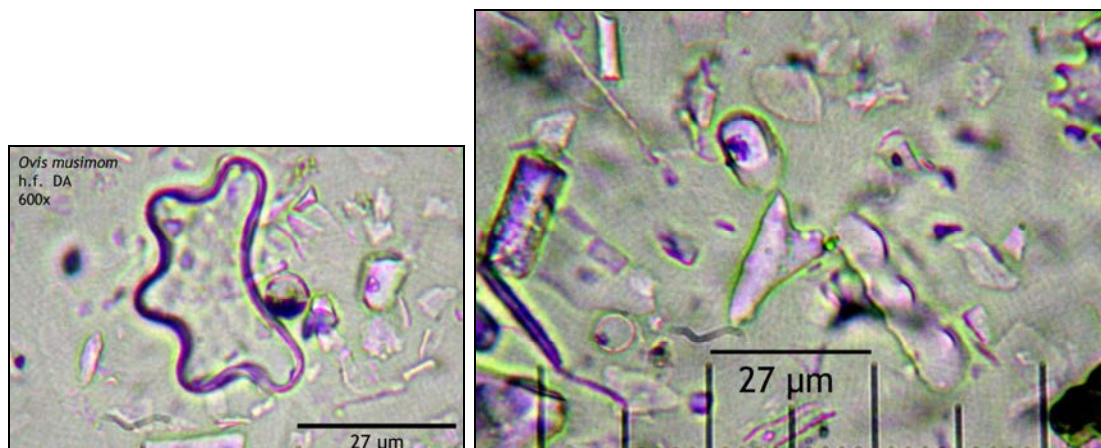
El registro se caracteriza por altas concentraciones de fitolitos de células largas y cortas de gramíneas, siendo especialmente abundantes los de células largas rectangulares y lisos (*psilate rectangular long cells phytoliths*, ICPN 1.0), también de tipo trapezoidal, liso u ondulados. Dado que estas últimas son las que menor grado de afinidad taxonómica permite, o al menos más allá del nivel de la familia botánica *Poaceae*, son las células cortas las que ofrecen una mayor posibilidad de lograr una afinidad mayor.

El repertorio de fitolitos de células largas y cortas es muy amplio, como lo es de apéndices epidérmicos, que entre todos hacen referencia a gramíneas



de la subfamilia *Pooideae*, así como los de células cortas bilobulados lo hacen con *Panicoideae*, bastante menos representadas. Mientras que en el primer caso estamos ante a la que pertenecen la mayoría de gramíneas del entorno de Las Cañadas del Teide en la actualidad (**Figura 696**).

Otro grupo de silicificaciones pueden pertenecer al grupo de las ciperáceas, como las plaquetas con conos apuntados, simples o dobles, que son descritas por Ollendorf (1992) como *sedge cones* (**Figura 693**).



**Figura 695** (Izqda.), Diatomea del género *Eunotia* sp. **Figura 696** (Drcha.), Silicificaciones de células cortas, largas, apéndices epidérmicos de tipo *Poaceae*, entre otros. Ambas en heces fecales de *O. musimon*, 600x.

El grupo de las microalgas se encuentra sorpresivamente representado en al menos tres morfologías, de las que dos responden a las propias de diatomeas de simetría bilateral (pennadas) y otra a quistes esféricos de crisofitas. No se trata de microfósiles muy representados pero obviamente permiten una aproximación más fidedigna a los hábitos alimenticios de este animal. De las tres morfologías detectadas, una de ellas presenta valvas asimétricas, triondulada con respecto al plano apical que presenta igualmente forma cóncava. Su tamaño se encuentra por encima de 30 µm, pudiendo tratarse de una especie perteneciente al género *Eunotia*, un género restringido en su mayoría a agua dulce de diatomeas propias de aguas oligotróficas y de ambiente epifítico (Round *et al.*, 1990; Hartley, 1996). Por el momento no ha sido hallada ninguna diatomea similar en ninguno de los sedimentos de puntos húmedos de Las Cañadas (**Figura 695**).

Igualmente se detectan quistes/estomatocistos de crisofitas, del tipo más común localizado en suelos y sedimentos arqueológicos como el que presenta pequeño tamaño aproximado de 10 µm, esféricos, lisos, aparentemente sin collar y poro regular. Con esa descripción nos aproximamos de nuevo a *Chrysostomum* (Chodat, 1922 emend. Defl.) o bien al denominado Grupo A de la clasificación de Nygaard (1956) según muestra Cronberg (1986). Un grupo extremadamente común, propio de aguas oligotróficas y ligeramente

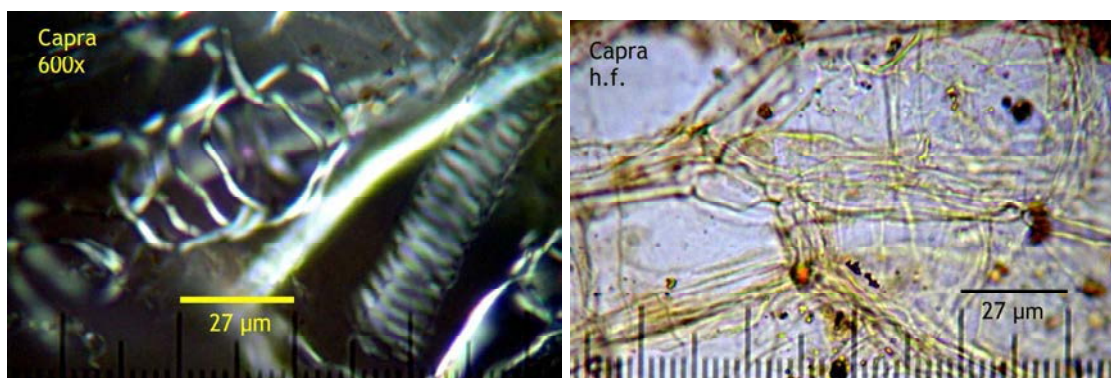
alcalinas. En Las Cañadas del Teide también fue detectado en puntos del barranco de El Riachuelo, en incluso en la zona alta del Teide<sup>107</sup>.

#### Heces fecales de *Capra aegracus hircus* (cabra común)

La referencia a la dieta de esta especie es obviamente realizada desde la heterogeneidad, dada la conocida capacidad de la misma para adaptarse a casi cualquier situación ambiental.

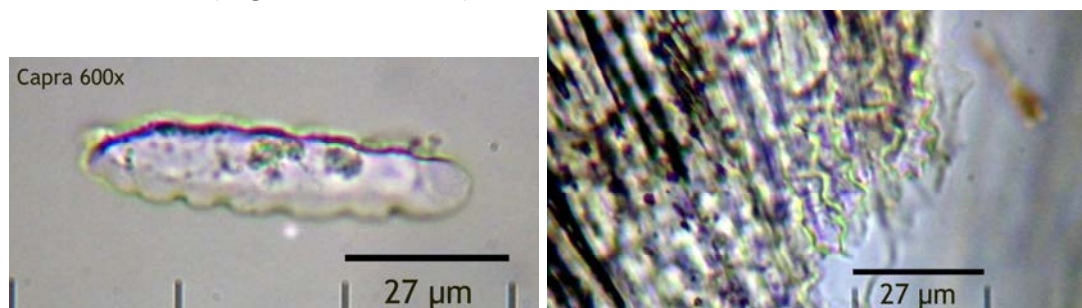
Afortunadamente se pudo acotar el área de movimiento de los animales a los que pertenecen las muestras, circunscrito al área de medianías de la zona alta del Municipio del Rosario (Tenerife).

A pesar de ello, el contenido microscópico mayoritario de sus heces tiene una base celulósica, formada por tejidos largos y estrechos así como tejidos fibrovasculares que pueden pertenecer a frutos (**Figuras 697-698**) con los que se suelen alimentar a los ganados de esta zona, quizás de solanáceas como el tomate (*Solanum lycopersicum*).



**Figuras 697** (Izqda.), Tejido fibrovascular vegetal. **Figura 698** (Drcha.)..., Epidermis vegetal. Ambas 600x.

Las partículas/elementos microscópicos pertenecientes a gramíneas (*Poaceae*) se encuentran escasamente representados, por lo que planteamos que se trata de animales que habrían sido alimentados últimamente con desperdicios y no con pasto. Unas de las pocas evidencias en ese sentido lo constituyen fitolitos de células largas trapezoidales sinuosas y algunos esqueletos silíceos, aparentemente no de cereal o bien no de sus inflorescencias (**Figuras 699-700**).

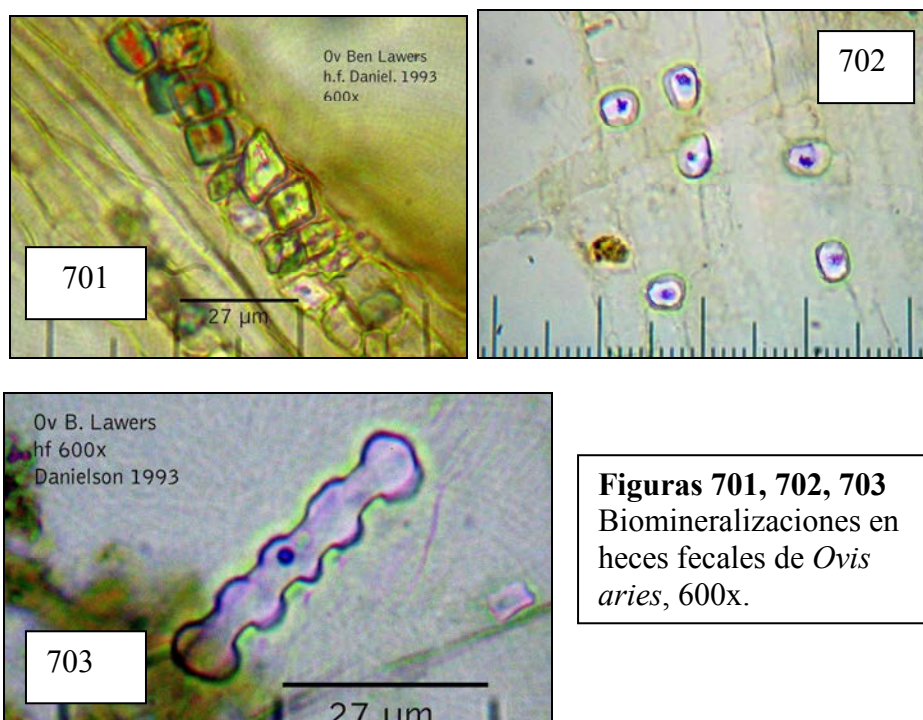


**Figura 699** (Izqda.), Fitolito de célula larga trapezoidal sinuosa. **Figura 700** (Drcha.), Esqueleto silíceo. Ambas 600x.

<sup>107</sup> Puntos Húmedos Altos, Capítulo de Resultados 5-III.

### Heces fecales de *Ovis aries* (oveja).

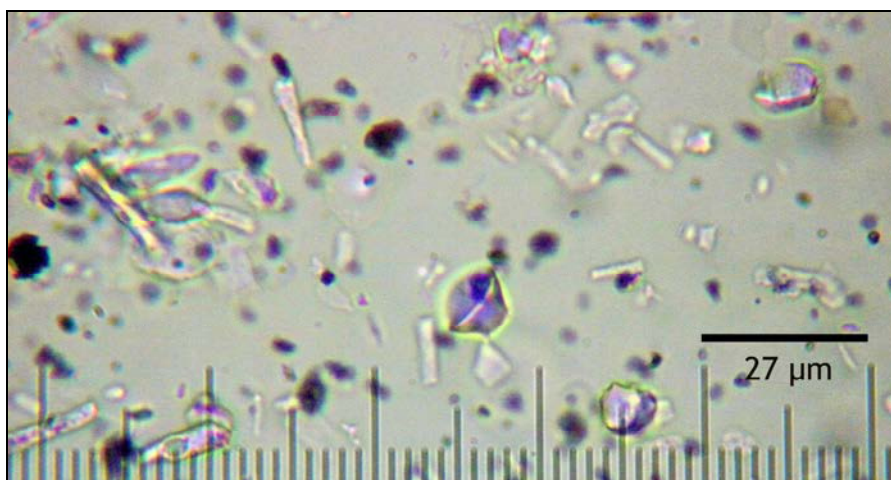
Probablemente las heces fecales con un registro biomineral más diverso, después de las de cabra. En ellas pueden observarse tanto abundantes oxalatos de calcio (Figura 701) como silicificaciones de diagnóstico (Figuras 702 y 703). Tanto en un caso como en otro responden a la composición de la dieta del animal muestreado, en este caso ovejas “de suelta” en valles meridionales de las Tierras Altas (*Highlands*) de Escocia. El terreno de estos valles se encuentra colonizado por vegetación de plantas alpinas, con abundancia de saxifragas, brezos y algunas gramíneas que ocupan suelos de turberas, propios de los páramos que conforman aproximadamente el 17% de los paisajes escoceses. Es probable que las biomineralizaciones observadas en las heces representen, en el primer caso, a dicha flora de saxifragas y ericáceas, mientras que las células cortas y largas hacen referencia expresa a gramíneas *Pooideae*.



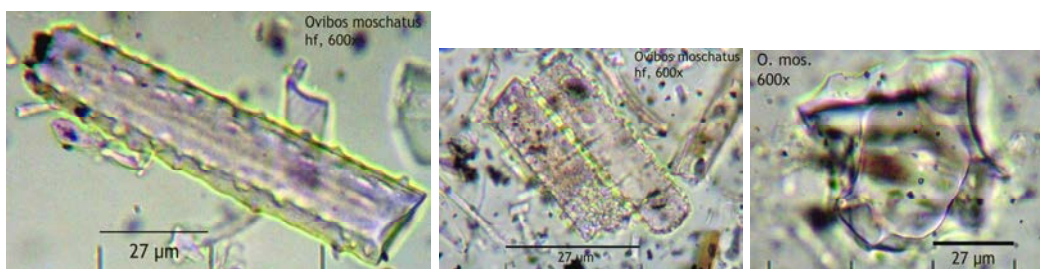
### Heces fecales de *Ovibos moschatus* (buey almizclero).

Sin duda el análisis de las heces fecales de esta especie es la que guarda una relación más directa con la experimentación con fines de investigación prehistórica, que aunque con las salvedades climáticas y medioambientales que existen entre la actualidad y los periodos glaciares, supone tomar contacto con los hábitos alimenticios de uno de los pocos herbívoros que existían en época glacial en Europa. En este caso se trata de la única especie de “bóvido” que no sufrió una extinción total, llegando con no pocos problemas en este sentido hasta época actual. Aunque en la zona donde se realizó el muestreo (Dovre, Noruega central) se trata de animales de reciente introducción, tras ser exterminados en ella anteriormente. En todo caso su alimentación se basa en la vegetación local, mayoritariamente de porte raso, constituida por arbustos de ericáceas y gramíneas.

Aunque no puede extrapolarse los resultados del análisis a todos los contextos de esas épocas, sí que existen parámetros medioambientales a los que pueden vincularse las biomineralizaciones presentes en las heces de *Ovibos moschatus*



**Figura 704**, Aspecto de la preparación confeccionada con residuos de heces fecales de *Ovibos moschatus*, en primer plano célula corta trapezoidal tipo *Pooideae*, 600x.



**Figura 705** (Izqda.), Silicofitolito de célula larga con ornamentación aislada. **Figura 706** (Centro), Posibles traqueidas con engrosamientos anulares. **Figura 707** (Drcha.), Silicofitolito con múltiples facetas lisas. Todas a 600x.

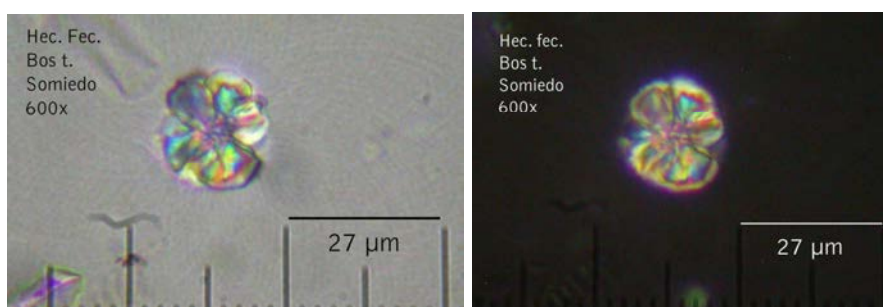
Los resultados del análisis sorprenden por las concentraciones de silicificaciones, si bien es cierto que se ha contado con la dificultad añadida de la gran cantidad de partículas de microcarbón existentes en las muestras, un aspecto del que se ignoran las causas.

La valoración de su estudio obviamente involucra aspectos inesperados, como la gran cantidad de silicificaciones ingeridas por este gran herbívoro, lo cual sorprende dado que su área de pasto está mayoritariamente compuesta por ericáceas de postre rastrero y en algunos casos gramíneas, que al menos en parte pertenecen a la subfamilia *Pooideae* (**Figura 704**). No obstante, como era de esperar existen numerosos aspectos morfológicos que no son reconocidos, ya que pertenecer a flora aun por analizar a nivel de biomineralizaciones. En todo caso, desde una primera impresión, los hábitos de *Ovibos moschatus* parecen ser completamente oportunistas, aunque basados eso sí en plantas rastreras propios de los páramos noruegos, cuando se encuentran libres de manto nival.

### Heces fecales de *Bos taurus* (vaca).

Los registros microscópicos de la especie de bóvido más rápidamente domesticada y que por tanto sufrió profundas transformaciones para con sus ancestros salvajes, son especialmente significativos, al menos cuando se trata de ganados de suelta, como de los que proceden las muestras analizadas. Que en este caso pertenecen a animales que pacen libremente en periodo estival, hasta entrado el otoño, en la Vega de Camayor (Somiedo, Asturias).

El registro de biomineralizaciones es, también en este caso, muy amplio, destacando tanto las silicificaciones de gramíneas como los tejidos fibrovasculares y especialmente las esferulitas, propias de este gran herbívoro. Se trata de elementos microscópicos con un tamaño inferior a 20  $\mu\text{m}$ , que presentan birrefringencia incluso antes de operar el cruce total de nícoles del equipo de polarización (**Figuras 708**).



**Figuras 708**, esferulitas bajo luz parcial y totalmente polarizada. 600x

### Conclusiones acerca del estudio microscópico de heces fecales de herbívoros.

El contenido en silicificaciones en todos las heces analizadas habla por si solo, dado que en todos ellos es posible distinguir morfologías de diagnostico en cuanto a silicofitolitos. En varios de los conjuntos es fácil distinguir los que a diferencia de los primeros se encuentran formados por cristalizaciones de carbonato cálcico u oxalatos, caso de las heces de oveja y vaca. En otros las biomineralizaciones dominantes son silíceas, siendo relevante igualmente que tanto en las heces fecales de muflón como de buey almizclero se detectan valvas de diatomeas, signo inequívoco de consumo de plantas cercanas al agua. Lo cual resulta aun más revelador en el caso del muflón que, según tales evidencias puede ofrecernos incluso evidencias de su acceso a puntos húmedos, donde consume plantas del entorno que puede desarrollar diatomeas epifíticas o bien las absorbe del lecho acuático cuando bebe. En todo caso puede conocerse el tipo de enclave donde abreva por el tipo de diatomeas presentes en sus heces, así como algunas plantas de tales enclaves, que podrían ser ciperáceas, de confirmarse que los fitolitos de plaquetas con conos apuntados, ya mencionados como “conos de juncias” (*sedge cones*, Ollendorf, 1992) son tales y no parte de los apéndices epidérmicos de gramíneas del tipo de las papilas (*papillae*, ICPN 1.0).

## Capítulo Resultados 5-V

Contenidos: paleosuelos, suelos y sedimentos de zonas húmedas.

- Paleosuelos rubefactados de Tenerife.
- Los suelos de Laurisilva: aproximación a su estudio...
- Sedimentos de zonas húmedas insulares
- Sedimentos de zonas glaciares y periglaciares.
- Sedimentos de zonas húmedas continentales.
- Suelos y sedimentos arqueológicos continentales.
- Otros materiales: adobes de la cultura egipcia.

## Paleosuelos

Los paleosuelos analizados corresponden a la categoría de los rubefactados por coladas volcánicas, en su mayoría basálticas, también denominados “almagres” (Canarias) y “tepetates” (México). Como ya se ha especificado, el estudio de microfósiles vegetales, en este tipo de materiales, buscaba valorar el posible registro existente en los mismos, así como conocer algunas de las características de la especial matriz edáfica que los puede contener. Igualmente su análisis microscópico debía permitirnos alcanzar varios objetivos, el primero de ellos encontrar evidencias vegetales bajo la forma de silicofitolitos, que posiblemente fueran las más antiguas detectadas hasta la actualidad en las Islas Canarias. Pese a que desde el punto de vista arqueológico los paleosuelos superan en edad al proceso de poblamiento y colonización humanos, me reafirmo en la propuesta de optar por una Arqueología que no busque evidencias aisladas, sino el máximo de información sobre un tipo concreto de evidencias, pero no sólo atendiendo a todos los aspectos posibles de las mismas sino también a todos los materiales, más o menos coetáneos, donde pueden contenerse.

Los paleosuelos son, desde esta perspectiva, materiales formados anteriormente a la presencia humana pero profundamente asociados a unas concretas condiciones ambientales, iguales o diferentes a las que se desarrollaban antes y durante la ocupación antrópica. También en Canarias, la posible información contenida a nivel microfósil no hace ni más ni menos que ofrecer aspectos sobre la flora de su pasado, en muchos aspectos desconocida y que aun debe ser valorada en su justa medida, como fundamental recurso potencial que sirvió para la estructuración socioeconómica de las poblaciones de Tenerife.

El estudio de los ejemplos aquí mostrados ha permitido abordar varios aspectos generales, como las sustanciales diferencias que pueden distinguir su contenido biogénico vegetal, pese a tener un mismo origen, como antiguos suelos afectados y sellados por una colada/material volcánico. Que en todo caso atienden a aspectos geológicos, geográficos y biológicos concretos y que pueden contener abundantes y heterogéneos conjuntos microfósiles, dispuestos en ellos de forma diferencial. El reconocimiento de tal contenido biogénico unido a las características de la matriz edáfica, nos indica si por entonces existieron condiciones propicias para el arraigo de la vegetación, en secuencias cronológicas que aun deben acotarse de forma absoluta.

### Paleosuelo de Los Roques (Puerto de La Cruz, Tenerife).

#### **Muestra 1: Zona de contacto de colada (5 cm. zona de contacto con colada).**

Las concentraciones de silicofitolitos son aparentemente muy similares, salvo en la muestra más profunda (125 cm. de la zona de contacto) donde parecen disminuir significativamente<sup>1</sup>.

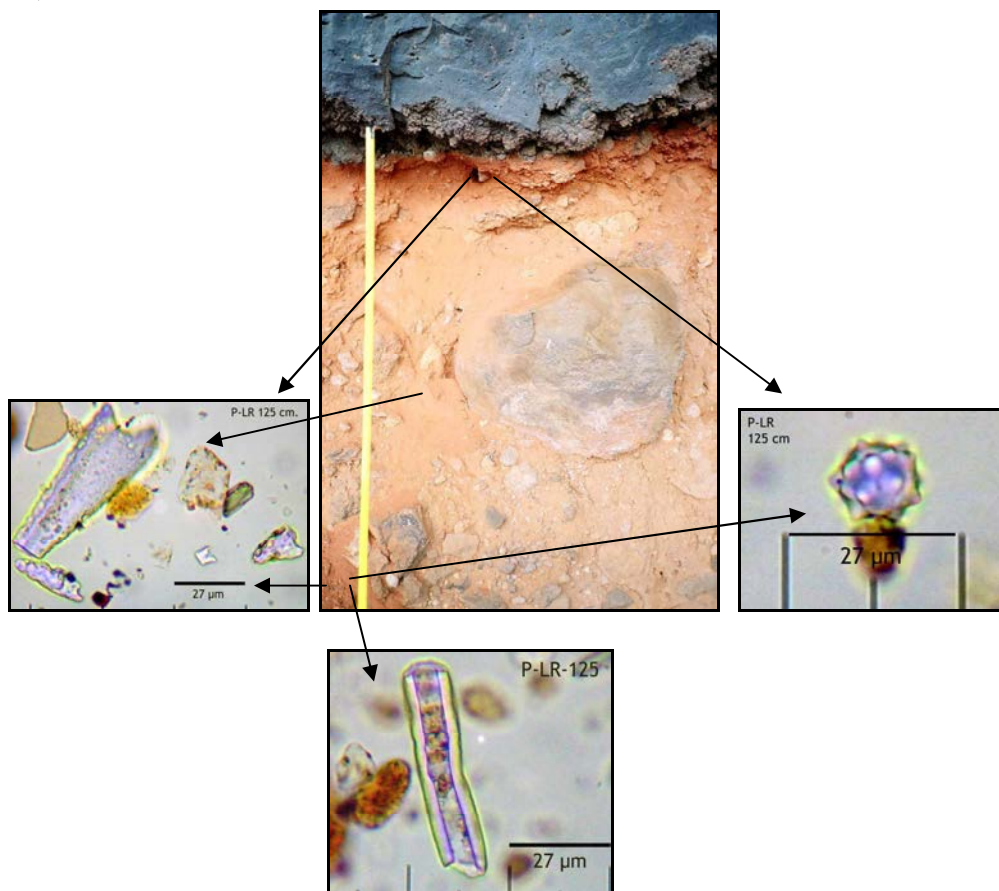
Los conjuntos mas numerosos están formados por fitolitos de la familia *Poaceae*, apéndices epidérmicos de base ovalada (**Figura 709**), células

---

<sup>1</sup> Se trata de consideraciones preliminares, ya que no se ha realizado un cómputo global de toda la preparación analizada. La estimación ofrecida corresponde a la observación de varios campos circulares al azar.

alargadas y lisas, células largas polilobuladas o sinuosas, células cortas trapezoidales del tipo *Pooideae*, células cortas bilobuladas del tipo *Panicoideae*, indicios de diatomeas de simetría bilateral. Pero se trata, éste último, de un grupo microfósil prácticamente ausente.

La relativa abundancia de fitolitos pertenecientes a *Poaceae* se concentra en los apéndices epidérmicos de moderado a gran tamaño (30 a >70  $\mu\text{m}$ ), que se constituyen como la morfología más abundante, especialmente en las muestras correspondientes a las profundidades 50 y 125 cm. de la zona superior de contacto con la colada basáltica suprayacente (Figura central en oscuro).



**Figuras 709-710-711-712**, Algunos de los conjuntos fitolíticos observados en el paleosuelo de la playa de Los Roques (centro). 600x

En este nivel se observan igualmente fitolitos globulares, con ligera protuberancia aislada, que podrían proceder tanto de plantas gimnospermas como dicotiledóneas, pero en todo caso de porte arbustivo o arbóreo. Y de nuevo confirmando el predominio en el registro de *Poaceae* se observan fitolitos de células largas trapezoidales y márgenes sinuosos, que hacen referencia a la subfamilia *Pooideae*, al igual que lo hacen células cortas trapezoidales y/o cónicas, también presentes en este nivel.

El grupo de las palmeras, bajo la forma de aislados fitolitos globulares equinados (**Figura 712**), también puede detectarse en esta zona. Se trata de



morfologías escasamente representadas, en comparación con las pertenecientes a *Poaceae*, lo cual resulta significativo dado que las concentraciones de fitolitos de palmeras, especialmente en sus hojas es extremadamente elevada como partículas biominerales aisladas.

Se detecta un fuerte proceso de disolución de  $\text{SiO}_2$ , que afecta a casi todas las silicificaciones, siendo especialmente en las de gran tamaño, aunque no llega a desdibujar sus principales rasgos morfométricos.

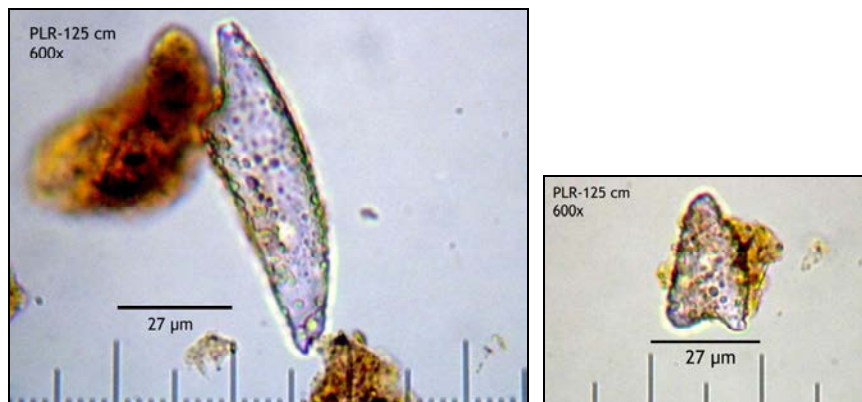
**Muestra 2: 50 cm. de contacto con colada (zona centro paleosuelo).**

En las muestras de este nivel vuelven a observarse apéndices epidérmicos de base oval de tipo *Poaceae*, células largas y sinuosas así como globulares lisos, todo ello en una matriz muy arcillosa, compleja de neutralizar, probablemente por la presencia de carbonatos<sup>2</sup>. Aquí se observan también grandes formas silicificadas vacuoladas o facetadas<sup>3</sup>, que en el primer caso podrían pertenecer a vidrio volcánico y en el segundo a posibles fitolitos de flora arbórea por clasificar, pero en todo caso no pertenecen a los grupos *Poaceae* y *Arecaceae/Palmae*.

Espícula de esponja completa, en perfecto estado de conservación (**Figura 711**).

**Muestra 3, Profundidad 125 cm.**

Descenso significativo de silicofitolitos. Los microfósiles reconocibles y más abundantes en esta muestra son los fitolitos de apéndices epidérmicos de hojas de gramíneas, de moderado a pequeño tamaño (72 a 30  $\mu\text{m}$ ) y al menos dos tipologías (**Figuras 713-714**).



**Figuras 713** (Izqda.) y **714** (Drcha.), fitolitos de apéndice epidérmico de base ovalada, propios de los tejidos de hojas y

<sup>2</sup> Al cierre de esta Tesis aun no se había logrado eliminar la totalidad de las arcillas presentes en la muestra.

<sup>3</sup> Una serie de silicificaciones de apariencia facetada son similares a las descritas por Piperno (2006) para los suelos tropicales de Panamá. La autora vincula los fitolitos facetados a varias especies arbóreas de *Annonaceae*. La dificultad para observar con nitidez tales morfologías en el paleosuelo de Los Roques viene dada por la gran concentración de arcillas que ha impedido su observación detallada. No obstante, no parece probable que estemos aquí ante la misma familia botánica, pero la indicación debe ser puesta en la posibilidad de estar ante conjuntos de fitolitos vinculados a flora arbórea húmeda.

tallos de gramíneas. Las diferencias de tamaño pueden deberse tanto a que corresponden a diferentes partes de la planta como a diferentes especies. Ambas 600x.

Se detectan fragmentos de espículas de esponjas silíceas (demoesponjas o esponjas litístidas) y de nuevo fitolitos globulares equinados propios de *Arecaceae/Palmae*. En la mayoría de los microfósiles de mayor tamaño se observa la afectación de disolución de sílice amorfo, en múltiples y pequeños puntos de su superficie, pero sin ser tan acusados como desdibujar sus principales rasgos morfométricos.

### **Paleosuelo DECA-1 (Los Majuelos, Tenerife).**

Si existen unas muestras excepcionales, en cuanto a su concentración de silicofitolitos, en esta Tesis doctoral, son sin duda las provenientes de este paleosuelo<sup>4</sup>, localizado en la zona de Los Majuelos (Tenerife) y cuyo muestreo considero el más fructífero realizado hasta el momento (**Figura 715**). Los resultados obtenidos son ciertamente sorprendentes, dado que muestran la mayor concentración de silicificaciones —de varios grupos vegetales— detectada en el conjunto muestral analizado. Hasta tal punto de haber supuesto la confirmación de un hecho buscado insistentemente: la confirmación de que el método empleado para estudiar microfósiles era correcto, al menos para conocer si en un determinado suelo o sedimento se alojaban, de forma natural o por intervención antrópica, conjuntos de los mismos.

### **Muestra 3, Profundidad 10-12 cm.**

Se constituye como la primera muestra desde la superficie, tomada a 10-12 centímetros de la colada suprayacente<sup>5</sup>, que presenta un aspecto de toba blanca. Aunque a nivel microfósil es una muestra aparentemente parca en detalles, este hecho se ve complementado con aspectos microscópicos que deben tomarse en cuenta.

Los microcarbones se constituyen como el primer tipo de microfósil a destacar, en su mayoría de tamaño ligeramente superior a 2  $\mu\text{m}$ , por lo que cabe pensar en la eliminación de aquellos que con probabilidad presentaban un tamaño inferior. Se trata de las partículas que primeramente llaman la atención, encontrándose sobre el resto de las existentes en la muestra tratada, especialmente sobre las de vidrio volcánico, que atestiguan el

---

<sup>4</sup> El paleosuelo fue detectado al observar un corte profundo en el terreno para llevar a cabo una construcción industrial. Con respecto a la superficie actual se localiza a unos 10-12 metros de profundidad, estando en la actualidad sellado en parte.

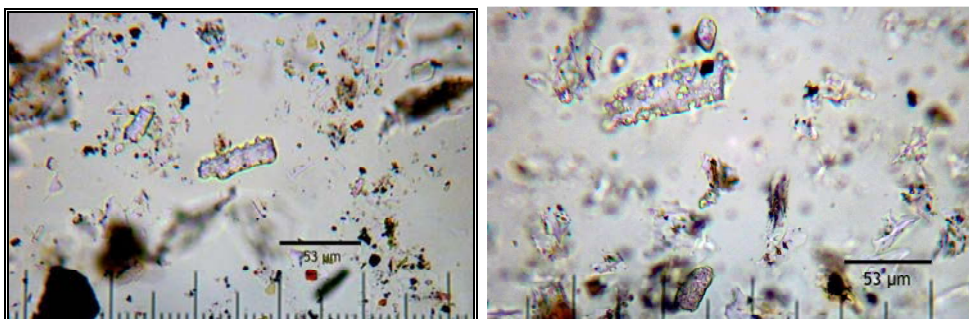
<sup>5</sup> Atendiendo a la experiencia realizada con el muestreo del paleosuelo de Los Roques (Puerto de La Cruz), se intentó evitar aquí tomar muestras de la zona de contacto entre colada y suelo, dado que en su mayoría se encuentra formada por escorias y ceniza. Por ello se descendió hasta 10-12 cm. de dicha zona, tomando ya una muestra de color rojizo y textura arcillosa que sin duda correspondía a los primeros centímetros de paleosuelo. Como podrá comprobarse en la descripción de los aspectos microscópicos de la muestra N<sup>o</sup> 3, incluso habiendo tenido esta precaución las características de la misma denotan la fuerte influencia de la colada en su toma de contacto con el suelo.

contacto del paleosuelo con el material del que está compuesta la colada depositada sobre éste.

Los aspectos microscópicos mostrados por la muestra N°3, permiten observar las características de un sustrato donde sin duda existían formaciones vegetales con producción silíceá, que resultaron calcinados al paso de la colada incandescente. La abundancia de microcarbones y la existencia cierta de silicificaciones fósiles, de mayor o menor capacidad de diagnóstico, muestran afectación de procesos tafonómicos como la disolución de  $\text{SiO}_2$  (Figuras 717-718) cuya causa podría estar vinculada al aporte de carbonatos generados por la combustión de plantas del entorno, bajo la forma de oxalatos de calcio transformados por el calor en pseudomorfos de calcita.

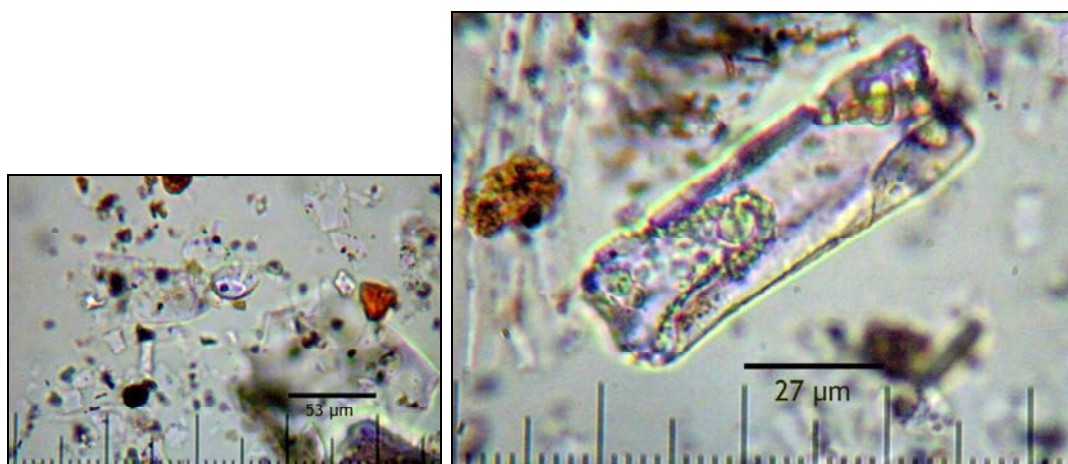


**Figura 715**, Perfil DECA-1, con señalización de la zona de muestreo (margen inferior derecho).



**Figura 716**, Vista general preparación Muestra 3, con fitolito alargado equinado *Poaceae* en primer término. **Figura 717**, Vista general Muestra 3 con microcarbones, vidrio volcánico y fitolito *Poaceae* afectado por proceso de disolución de  $\text{SiO}_2$ . 300x.

O bien por la acumulación de carbonatos por circulación hídrica, dado que el paleosuelo que hemos definido como DECA-1 ha funcionado como capa impermeable que ha canalizado, en sentido de la pendiente topográfica, las escorrentías acumuladas por las coladas suprayacentes. De hecho el corte artificial del terreno ha mostrado este hecho, generando una pequeña surgencia allí donde el paleosuelo fue cortado por la excavación, siguiendo un modelo natural de manantial común en las Islas<sup>6</sup>. En todo caso tanto los microcarbonos como los mencionados procesos tafonómicos son una constante entre el registro de silicofitolitos presentes en la muestra N°3 (**Figura 718**), la más directamente relacionada con el contacto del paleosuelo con la colada que le afectó. Y que entre otras cosas confirma la existencia de vegetación en la superficie del mismo en el momento de dicho proceso.



**Figura 718** (Izqda.), Aspecto preparación Muestra 3 con fitolito de célula corta *Pooideae* en primer término, 300x **Figura 719** (Drcha.), Fitolito de grandes dimensiones afectado por proceso de disolución de SiO<sub>2</sub>. 600x.

## Muestra 2

Situada en la zona intermedia del paleosuelo, a unos 25 cm. de la toba/piroclastos blanca/os superiores, esta muestra se ha revelado como la más rica en microfósiles silicificados de todo el conjunto muestral, con excepción de las muestras integradas por microalgas<sup>7</sup> y ciertos niveles arqueológicos aborígenes<sup>8</sup>. Al margen de que en la zona existieran condiciones de sedimentación concretas, cuestión que se aborda al final del apartado, que favorecieran tal concentración de silicificaciones, lo cierto es que ha resultado completamente inusual en una muestra de paleosuelo donde los fitolitos de células largas, cortas y de otros tipos permiten una de las aproximaciones paleobotánicas más concretas, empleando únicamente el registro de fitolitos.

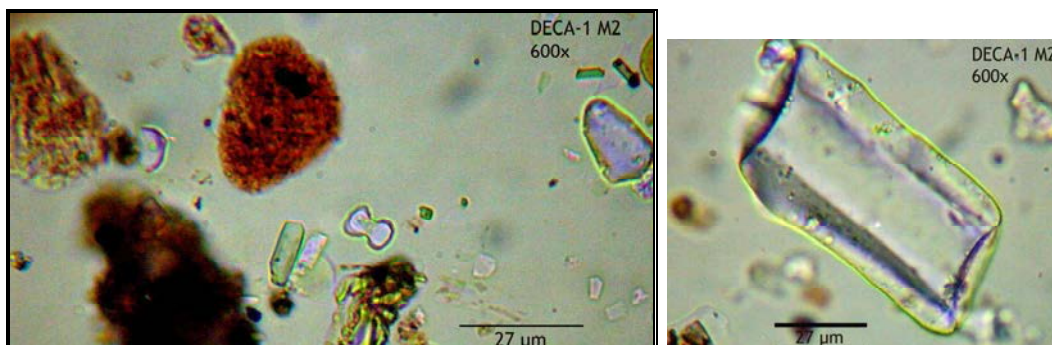
<sup>6</sup> Dr. J. Coello (+), Dpto. de Edafología y Geología (ULL), 2002, Com. Pers.

<sup>7</sup> La producción de este tipo de algas puede generar muy abundantes valvas en el sedimento de zona húmedas, como pozas, charcas y lagunas.

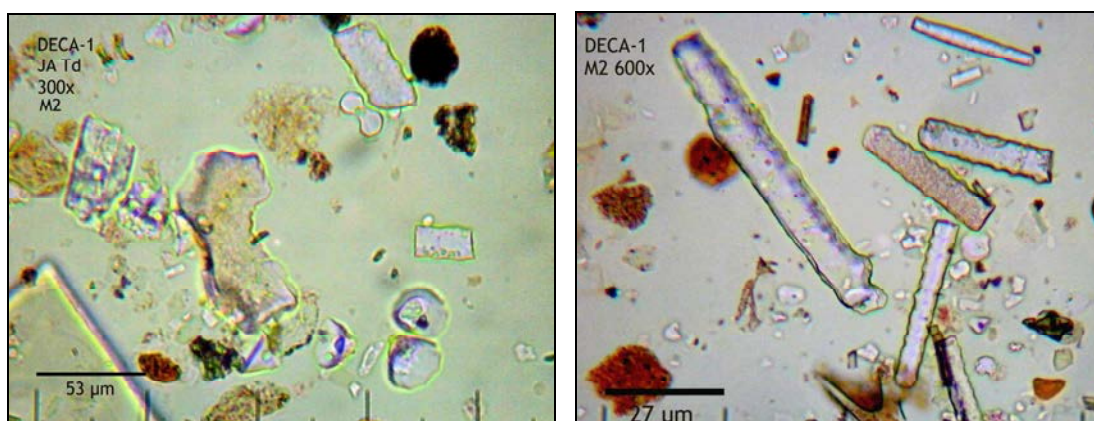
<sup>8</sup> Haciendo referencia a algunos niveles arqueológicos de La Cerera (Arucas), donde la concentración de microfósiles totales puede ser muy elevada.

El registro microfósil más abundante es el de células largas, en principio *Poaceae* (Figura 723) pero sin descartar que una parte de las mismas tengan otra procedencia. Este sería el caso de grandes fitolitos que en vista polar presentan tres caras bien diferenciadas por bordes lineales rectos. Lo cual podría ser indicación de estar ante una sección hexagonal, como las presentadas por ciertas morfologías desarrolladas por gimnospermas (Figura 721).

Mientras que las células cortas *Poaceae* responden a dos modelos básicos, uno vinculado a las formas enclavadas dentro de la definición bilobulado (*bilobate*, ICPN 1.0, entre otros) y trapezoidal (*trapeziform*, ICPN 1.0). En el primer caso harían referencia a la subfamilia *Panicoideae* y en el segundo a *Pooideae*. Ratificando la existencia de más referentes sobre la familia *Poaceae* están presentes numerosos ejemplos de apéndices epidérmicos, de gran tamaño (>50 µm) y base oval, como los descritos por Zucol y Brea (2005) para diferenciarlos de los de menor tamaño, también propios de las epidermis vegetales de las gramíneas, y más vinculados a la tipología de pequeñas papillas (*papillae*, ICPN 1.0).



**Figura 720**, Microagregados remanentes de arcilla con célula corta *Panicoideae* en primer término y otras pertenecientes a gramíneas.  
**Figura 721**, Fitolito de gran tamaño y posible sección hexagonal. 600x.



**Figuras 722 (Izqda.) y 723 (Drcha.)**, Conjuntos microfósiles en la muestra N°2 de DECA-1, 600x.

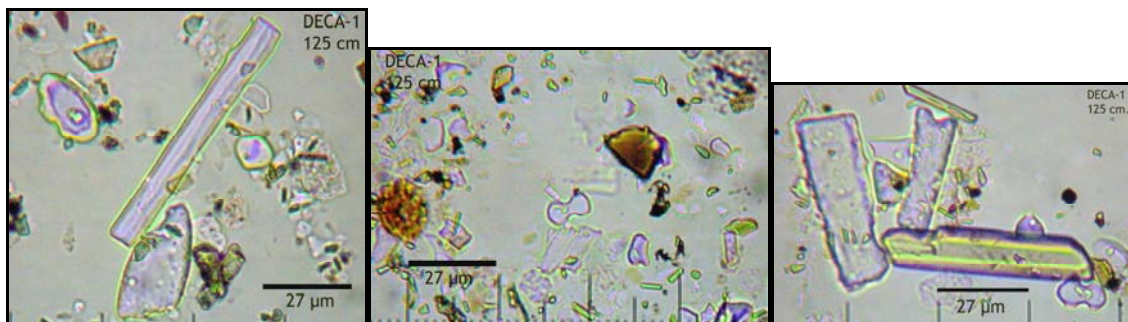
Pese a no haberse llevado a cabo aun una cuantificación por tipologías, la simple observación de cualquier campo microscópico, observado a 300 o 600x –más aun a 150x–, permite percibir la alta concentración por gramo de

muestra de silicificaciones, especialmente de fitolitos correspondientes a las hojas y tallos de gramíneas. Siendo muy frecuentes los de células largas, lisos, equinados parcial o totalmente.

Otros grupos vegetales podrían estar presentes, hasta el punto de plantear la existencia de fitolitos desarrollados por gimnospermas<sup>9</sup>.

### Muestra 1

Se trata de la muestra más profunda del paleosuelo, cercana a la zona de contacto con el nivel inferior, formado por piroclastos de color claro, que constituyen el material parental sobre el que se produjo el proceso de edafización. Una muestra extraordinaria en términos de contenido microfósil, con alto contenido en silicofitolitos de células largas y cortas.



**Figuras 724-725-726**, Diversos conjuntos de silicificaciones presentes en la muestra N<sup>o</sup>1 del paleosuelo DECA-1. 600x

Aunque las morfologías clasificables dentro de las producidas por *Poaceae* son aquí claramente predominantes, su estudio morfométrico aun debe realizarse en detalle, también para discriminar las que no pertenecen a gramíneas, dado que en algunos casos puede plantearse la presencia de silicificaciones no-herbáceas (**Figura 728**).

En el primer caso las morfologías son tanto de células largas como cortas, de morfología trapezoidal y bilobulada, haciendo respectivamente referencia a la subfamilia *Pooideae* (**Figura 724**) y *Panicoideae* (**Figuras 725, 726, 727**). Lo cual, unido en una misma muestra, ofrece la posibilidad de plantear inferencias paleoambientales centradas en la confluencia de ambas y sobre todo en un ambiente capaz de permitir tal desarrollo paralelo<sup>10</sup>.

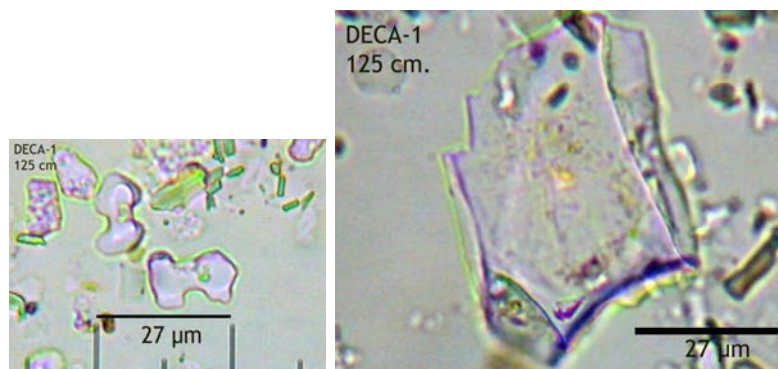
Dentro del amplio repertorio de fitolitos que deberá ser aun estudiado en detalle, destacan igualmente grandes y masivas silicificaciones que parecen presentar geometría de paralelepípedo (**Figura 728**), lo cual en otros

<sup>9</sup> Pertencerían a este grupo fitolitos de sección hexagonal, sin ornamentación y márgenes lisos así como otros de morfología globulares lisos (*Globular psilate*, ICPN 1.0). La especie *Pinus canariensis* genera este tipo de silicificación.

<sup>10</sup> Obviamente deberían haberse realizado nuevos muestreos, en virtud de la relevancia del contenido microfósil de estas muestras, algo que será complejo de realizar dado el carácter urbano del solar donde se encuentra el corte muestreado. Sin embargo, hubiese sido la única forma de llevar a cabo sondeos y analíticas con mayor definición estratigráfica, sobre la cual llegar a dirimir si existen diferencias en los conjuntos microfósiles a pequeña escala, por ejemplo de centímetros.

contextos ha sido tomado como referencia a determinadas especies arbóreas (Albert *et al.*, 1999).

La amplia y diversa concentración de silicofitolitos plantea una primera inferencia acorde a las ya realizadas con multitud de muestras analizadas con el mismo fin: el estudio de sus registros microfósiles. Y es lo inusual de dicha concentración, en todo caso paralelizable con los sedimentos arqueológicos de La Cerera (Arucas), pero no con ningún suelo analizado hasta el momento, salvo si exceptuamos los sedimentos acuáticos, donde las concentraciones de valvas y quistes/estomatocistos de microalgas pueden llegar a ser muy superiores.



**Figura 727** (Izqda.), Fitolitos de células bilobuladas.  
**Figura 728** (Drcha.), Silicificación en ¿paralelepípedo?.  
 Ambas 600x.

### Conclusiones sobre el estudio de paleosuelos rubefactados.

Sin duda el aspecto microfósil más relevante sean las concentraciones de fitolitos de gramíneas, en especial los de células largas de tipo alargado (*elongate*, ICPN 1.0) y de apéndices epidérmicos (*epidermic hair*) pero también de células cortas, en especial de tipo trapecoidal (*trapeziform short cell*, ICPN 1.0) y bilobulado (*bilobate cell*). Entre ellas una serie de silicificaciones –porque no se observan microfósiles de tipo carbonatado– que podrían corresponder a especies de dicotiledóneas o gimnospermas. Entre ellas cabe destacar la presencia, muy puntual, de fitolitos globulares equinados de palmeras (*globular echinate phytolith*, ICPN 1.0). Por su parte las microalgas se encuentran prácticamente ausentes, siendo el único referente microfósil acuático los fragmentos muy aislados de espículas de esponjas, localizados en el nivel más profundo del paleosuelo de Los Roques.

Como generalidades deben mencionarse las altas concentraciones que alcanza la fracción arcilla en estos paleosuelos, que en la mayoría de los casos supera 40%. En términos también generales, al tratarse de una fracción que aumenta con la humedad y la temperatura, tiene un alto componente climático vinculado al grado de meteorización. Igualmente comparten el color rojo provocado por su rubefacción, al entrar en contacto con una colada incandescente. Según Porta *et al.* (1999) para formarse necesitan una precipitación >500 mm y  $t > 20^\circ$ , por lo que a menudo tienen carácter paleoclimático.

Mención especial requiere el tema de la representación mayoritaria de gramíneas, que de hecho alcanzan concentraciones no observadas –mediante

la misma metodología— en ninguna otra muestra del conjunto muestral de esta Tesis, salvo en el caso de sedimentos arqueológicos, donde obviamente intervienen otros mecanismos de deposición. Y precisamente en el plano paleoclimático donde la asociación paleosuelo rubefactado-gramíneas adquiere una dimensión más relevante en términos de investigación paleobotánica, donde los microfósiles adquieren a su vez mayor protagonismo. Según Holland & Zbinden (1988) dicha relación resulta fundamental para conocer los cambios en la atmósfera, ya que antes de la aparición de las plantas superiores, los efectos de la biosfera debieron ser menos intensos, incluso despreciables frente a los de tipo inorgánico. Dichos autores citan que la aparición de las gramíneas durante el Terciario y su peculiar forma de ocupar territorios darán lugar a una diversificación en los tipos de suelos existentes<sup>11</sup>. En ese sentido la delimitación estratigráfica, de los procesos que acompañan a la presencia de un paleosuelo rubefactado como los analizados, no reviste de complicación, todos se encuentran perfectamente sellados por una colada, en su mayoría basáltica y de gran espesor (= / > 10 m.).

Con tales planteamientos y las evidencias detectadas, únicamente queda emitir al menos una inferencia sobre el significado de ambos en el contexto paleoclimático y paleobotánico de Tenerife.

Aunque no hemos pretendido enlazar la cronología de ambos paleosuelos, situados en oposición en un eje geográfico SE-NW, lo cierto es que lo común de sus parámetros, al menos de forma aproximada, invita a plantear estar ante el resultado de un proceso de colonización vegetal de un espacio donde se produjeron las condiciones necesarias para ello. Con precipitaciones y temperatura óptimas para el desarrollo tanto de gramíneas *Pooideae* como *Panicoideae*, en concentraciones significativas.

Pero ¿podríamos plantear la existencia de praderas de estas plantas en las zonas de los paleosuelos?, porque ciertamente la escasa pendiente que ofrecen tanto los terrenos de la zona de Los Majuelos como de la Playa de Los Roques, en esos profundos niveles con respecto a la superficie actual (más en el segundo que en el primero), parecen orientarnos en esa dirección. Estaríamos en todo caso ante un clima más caluroso y lluvioso, anterior a la colonización arbórea completa, porque el carácter heliófilo de las gramíneas determinaría —en función de unas concentraciones preliminarmente altas— su crecimiento sin competencia arbórea. Desde luego que desde esa hipótesis estaríamos ante procesos más antiguos de lo que pensábamos inicialmente, de colonización primaria de los primeros suelos de la Isla.

Y así entramos en la cuestión cronológica, sumamente importante pero desafortunadamente cargada de indefinición para los casos abordados. Ciertamente la búsqueda de referente cronológicos precisos ha llevado a la continuada consulta sobre el tema y la consecuente conclusión que sólo la futura datación absoluta de los mismos resolverá la cuestión. La información más acertada sería la que contempla como materiales de la indefinida Serie III los situados sobre las zonas de los paleosuelos analizados. Lo cual significa, de

---

<sup>11</sup> Convendría aun fijar los momentos en los que se producen a nivel general los procesos de colonización global de las gramíneas —probablemente hacia el Mioceno medio (13 Ma)— y la propia antigüedad de los procesos edafogénicos en el Archipiélago.



forma absolutamente vaga, que estamos ante materiales pleistocénicos y quizá incluso del Terciario.

Los planteamientos finales atienden a los datos aportados, aun por evaluar a nivel cualitativo y cuantitativo, pero indicando que los registros microfósiles insertos en la matriz de paleosuelos con alta significación paleoambiental revierten a los primeros de indicadores de condiciones ambientales diferentes a las actuales. La flora herbácea adquiere protagonismo en espera de comprobar si llegaron a constituir un elemento dominante en el paisaje vegetal, que ya era diferente a nivel geográfico y geológico. En todo caso, como he comentado al comienzo de la exposición de este apartado, corroborar con hechos e información asociada, que la hipótesis de que los fitolitos suponían una base de datos posiblemente contenida en los paleosuelos rubefactados estudiados, supone confirmar su entidad en el estudio de las secuencias biológicas más antiguas de las Islas.

### Suelos de laurisilva: aproximación a su estudio microfósil y de matriz edáfica.

Estos suelos, cuya complejidad únicamente abordamos muy superficialmente, se constituyen como los de mayor antigüedad de la isla de Tenerife, siendo por ello susceptibles de contener evidencias sobre los procesos biológicos que han configurado el paisaje<sup>12</sup> que hoy observamos.

Los muestreos y análisis realizados en el entorno del Monteverde de la Isla de Tenerife, correspondientes a la formación vegetal de la Laurisilva macaronésica, han aportado la oportunidad de observar y valorar las características del registro microscópico dejado por este tipo de vegetación, propia del Terciario<sup>13</sup> que, en la Isla, se desarrolla en los suelos más evolucionados. Pese a la entidad medioambiental que le otorga dicha antigüedad, sólo se conocen algunos aspectos de la secuencia de formación de esos suelos, que han llegado de la mano de la investigación edafológica (Tejedor *et al.*, 1975; entre otros). Mientras que otros aspectos, como los que atañen a la cobertura vegetal, son prácticamente desconocidos, siendo considerados hasta hace pocas décadas como propios de formaciones climáticas, al menos en aquellas zonas donde el dosel arbóreo se cierra completamente, independientemente de las especies vegetales que lo protagonizan. Los estudios biogeográficos actuales plantean que tal percepción debe matizarse, ya que función de la sucesión florística y el comportamiento de las especies que conforman este tipo de bosque, se ha operado la sustitución de la vegetación arbórea de lauráceas, y otras propias de la Laurisilva original, por especies que fueron restringidas o potenciadas por intervención antrópica directa (Arozena *et al.* 2009).

En ello existen hitos históricos<sup>14</sup> –y probablemente prehistóricos<sup>15</sup>– que aun deben ser considerados en su evolución espacio-temporal más reciente

---

<sup>12</sup> Y por supuesto la diversidad florística y faunística que alberga.

<sup>13</sup> Según Bramwell & Bramwell (2001) las especies que conforman la laurisilva son reliquias de la flora mediterránea del Terciario, que ocupó el Sur de Europa y el Norte de Africa entre 15 y 40 Ma, y que en la actualidad se encuentra casi extinguida.

<sup>14</sup> Disponemos de estudios que confirman el carácter antrópico de suelos que han sido considerados poco alterados en su configuración original, hasta el punto de presentar

(Afonso *et al.*,2010). Existía por tanto la posibilidad de abordar el registro microscópico, dejado por esta formación vegetal, con una antigüedad de al menos las últimas décadas, el cual igualmente podría informarnos del tipo de condiciones naturales operadas en este especial ambiente forestal.

Las primeras aplicaciones del análisis de microfósiles al contexto de la Laurisilva, desde el de los suelos que la albergan, así como de las biomineralizaciones que producen, indican que es posible acometer los cambios en el tiempo de esta peculiar formación vegetal. Si bien en las lauráceas, y especies asociadas, la producción de silicofitolitos no es la más abundante, en algunos casos se trata de morfologías de diagnóstico –o de diagnóstico potencial– que permiten identificarlas a nivel del grupo vegetal, como las angiospermas dicotiledóneas y los pteridofitos. Esta ha sido ha sido el caso de los registros del Perfil Las Lajas (Las Mercedes, Tenerife), cuyo horizonte A<sub>11</sub> fue analizado después de realizar muestreos a varias profundidades. Los primeros resultados, obtenidos mediante el estudio cualitativo de microfósiles, indican que el componente herbáceo es también importante en varias zonas de ese suelo y no tanto el arbóreo de planifolios, hecho que confirma que el predominio de éstos, en ese punto concreto del bosque, no ha sido tal como para presentar registros de fitolitos mayoritariamente propios de los mismos (Afonso *et al.*,2010).

#### **Características generales.**

Tomando como ejemplo el perfil Las Lajas, probablemente uno de los más conocidos en la disciplina edafológica en Canarias, siguiendo el estudio realizado por Tejedor *et al.* (1975), se le define como un suelo complejo, que podría comenzar a desarrollarse durante el Terciario, derivado de antiguos suelos tropicales “rejuvenecidos” por aportes de materiales piroclásticos de pequeños conos eruptivos del cuaternario, como los del Teide y otros de componente eólico de gran distancia, procedentes del Sahara, especialmente durante los periodos glaciares. Su desarrollo más notable tendría lugar en periodos húmedos, con fluctuaciones climáticas cuaternarias, de contrastes climáticos y temperaturas superiores a las actuales, en un medio tropical. La vegetación actual (o relictas) es acidificante, mesófila, obviamente del tipo de la laurisilva. Dichos autores indican que el perfil pone de manifiesto un suelo antiguo en profundidad, vinculado a paleo-condiciones tropicales, y un suelo superficial con características ándicas.

Se encuentra constituido por tres horizontes, un potente horizonte A<sub>11</sub> de entre 45-60 cm, muy oscuro por su contenido en materia orgánica, al que le sigue –mediante un límite bien marcado, lineal– un horizonte Bw de alteración meteórica, mineral pero con destrucción de la estructura originaria de la roca, con posible síntesis de arcillas. El horizonte más profundo está

---

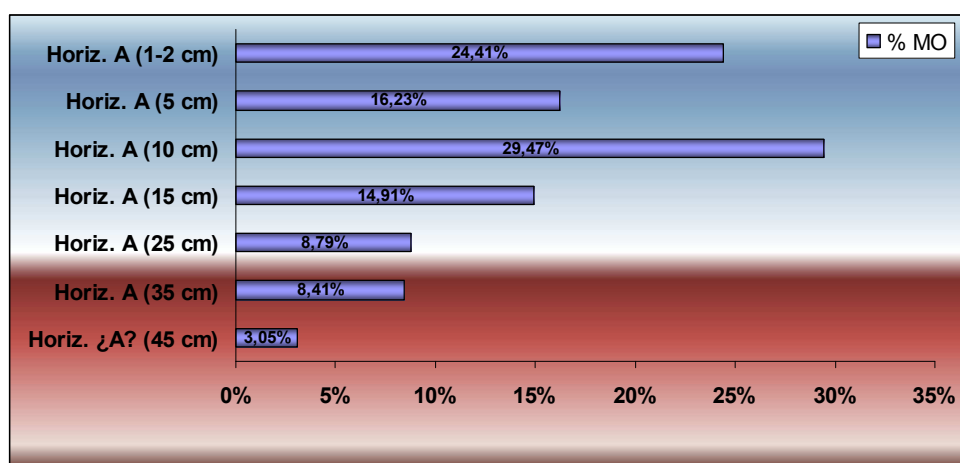
rasgos propios de sustratos donde se llevo a cabo no sólo una intensa deforestación, sino quizás la implantación de cultivos de subsistencia que en algunos casos se mantuvieron hasta el punto de hacerse visibles en la actualidad a nivel arqueológico (en estudio).

<sup>15</sup> Entendiendo como tales la afectación del Monteverde por prácticas antrópicas, ejercida por los primeros pobladores de Tenerife, pero donde igualmente deben considerarse cambios paleoambientales que aun deben definirse con claridad.

catalogado como Bt, y por tanto mineral, de gran acumulación de arcillas por iluviación.

### Contenidos en Materia Orgánica

Los suelos de la región de Anaga analizados presentan, por lo general, valores altos en materia orgánica oxidable<sup>16</sup>. El estudio del Perfil Las Lajas ejemplifica tal componente, permitiéndonos conocer dichos valores hasta una profundidad de 45 cm., en el paquete edáfico que corresponde al Horizonte A11 de dicho perfil<sup>17</sup>; aunque estimando que alcanzar la profundidad mencionada, las características de textura y color denotan el estar ya en el horizonte de acumulación Bw. De hecho la propia tendencia de los contenidos en materia orgánica indica dicha transición, siendo su disminución inversamente proporcional a la profundidad. Como puede observarse (**Gráfico 127**) la tendencia es hacia una disminución gradual, partiendo de un máximo cercano al 30% (10-15 cm.), que queda restringido a 3,05% en la mayor profundidad alcanzada.



**Gráfico 127**, Valores aproximados de materia orgánica en el horizonte A11 del perfil Las Lajas.

En este caso concreto creemos que las variaciones en los contenidos en materia orgánica tienen, como con ocurre con el resto de parámetros, una profunda significación a nivel edáfico, dado que puede involucrar cambios en la cubierta forestal en función de la intervención antrópica, ejercida con seguridad desde época moderna. Si bien las transformaciones del medio forestal del Monteverde debieron ser muy intensas durante el siglo XVI<sup>18</sup>, poco sabemos de las anteriores para el caso de Anaga, aunque se dispone de datos antracológicos, en yacimientos arqueológicos del norte de Tenerife, que confirman la explotación aborigen de este piso de vegetal (Machado, 2006).

<sup>16</sup> Los valores obtenidos lo son mediante la oxidación de materia orgánica en presencia de peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), en placa calefactora a una temperatura de 90°C. Aunque no se trata de uno de los métodos empleados en la valoración completa de tal parámetro, constituye una aproximación fiable (Dra. C. Armas, 2010, Com. Pers.).

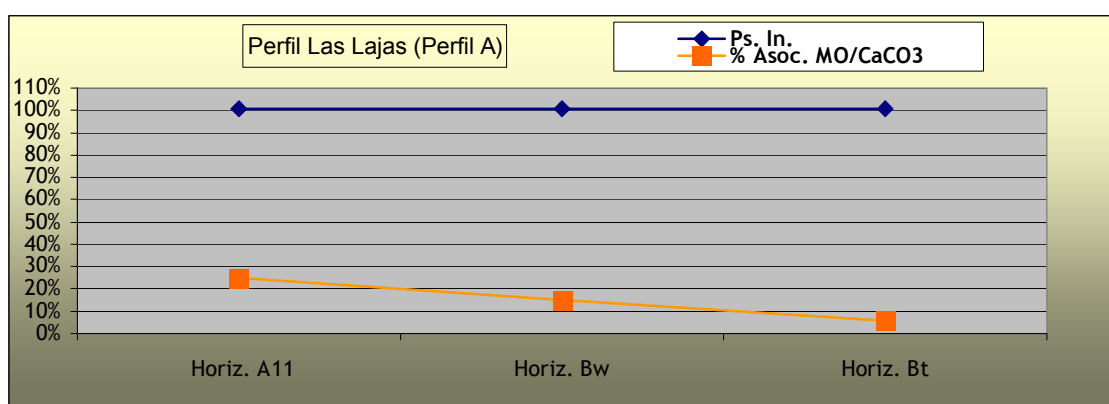
<sup>17</sup> El perfil dispuesto para llevar a cabo el muestreo del horizonte A11 es uno de los tres disponible, en este caso que solamente alcanza el límite del A con Bw.

<sup>18</sup> Vinculadas a la explotación del Monteverde como recurso maderero y de producción de carbón, y también más que probablemente agrícola y ganadero.

Con respecto al resto de horizontes, la estimación conjunta de materia orgánica y carbonatos parciales indica que ambos valores disminuyen notablemente con la profundidad, siendo –el horizonte Bt– el que presenta valores más bajos en tales elementos cementantes. (Gráficos 127-128).

### Granulometría

La característica más destacable de estos suelos es, con algunas variaciones, su alto contenido en la fracción arcilla (Gráfico 129). El estudio en detalle del horizonte A11 del perfil Las Lajas indica que tales contenidos oscilan entre algo menos del 70% y algo más de 80%. Si tomamos el perfil Coromoto (Los Rodeos, Tenerife) como un suelo que comparte algunos aspectos con la zona interior de Anaga, observamos que la fracción arcilla se mantiene en este caso (entre la superficie y  $\pm 180$  cm.) siempre por encima del 50%, alcanzado un máximo cercano al 70%.



**Gráfico 128**, Estimación de contenidos conjuntos de materia orgánica y carbonatos parciales en los tres horizontes constituyentes del suelo representado en el perfil Las Lajas.

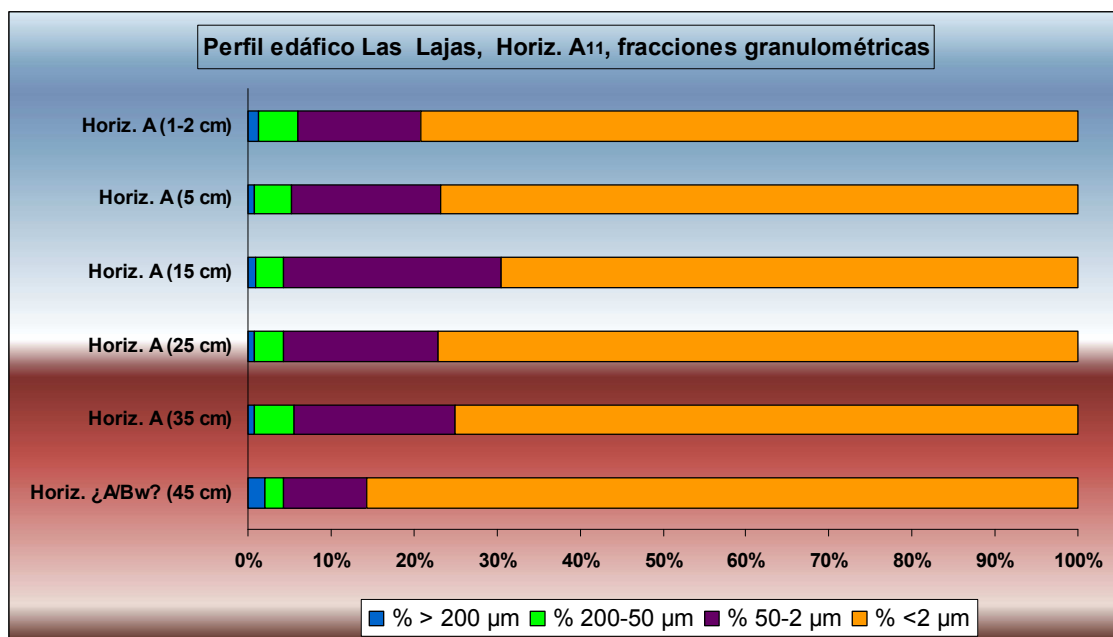
La fracción de los limos ( $50-2 \mu\text{m}$ ) es la siguiente en representatividad, con contenidos significativamente menores a las arcillas, ocupando en este caso entre 10%-25% en Las Lajas (Horizonte A11) y 20-25% en Coromoto (perfil total).

Obviamente aquí las fracciones menos representadas son las arenas, con contenidos cambiantes entre una y otra zona, siendo muy bajos para las arenas  $>200 \mu\text{m}$  en Las Lajas, con valores  $<2\%$  y suelo superficial de Las Quebradas (Anaga), mientras que en el perfil Coromoto llegan a superar, en algunos puntos, el 10%.

Las arenas finas ( $200-50 \mu\text{m}$ ) son igualmente una fracción escasamente representada, pero superando en algo a la fracción anterior, situándose entre 2,29-5% en Las Lajas, 2,41-6,7% en Coromoto y 6,11% en Las Quebradas.

A la vista de estos datos preliminares parece clara la constitución de los suelos de la zona de laurisilva o laurisilva de transición, como quizás ocurrió en la zona de Los Rodeos, en cuanto a su textura, de componente claramente arcilloso y algo menos limoso. Lo cual directamente llevado al plano de los registros microfósiles nos sitúa en una posible desventaja analítica, dado que pocos pueden estar contenidos en la misma, volviendo a confirmar que las expectativas se centran en los limos, cuyos contenidos al menos son algo superiores a los de las arenas. De las cuales cabe destacar el posible

potencial de las situadas entre 200-50  $\mu\text{m}$ . Pero que en todo caso podría comprobarse en las preparaciones microscópicas confeccionadas con el método seguido en esta Tesis, cuyo rango de partícula –de extracción mediante pipeta de precisión– se sitúa entre el límite inferior de los limos (2  $\mu\text{m}$ ) y aproximadamente 700  $\mu\text{m}$  en cuanto a las arenas. Es decir que de existir microfósiles biominerales en las muestras de suelos, en ausencia de las arcillas, podríamos detectarlos incluso si éstos presentan tamaños de arenas >200  $\mu\text{m}$ .



**Gráfico 129**

Obviamente debe entenderse que la cantidad de muestra disponible, basada en las partículas de limos y arenas restantes, se ve drásticamente reducida para un análisis de microfósiles. Dado que si se emplea la cantidad habitual en estos casos (1 gr.) contaremos con menos de 0,5 gr. para realizar el estudio microfósil, y en algunos incluso <0,2 gr, una cantidad ínfima. Por tanto la primera conclusión al respecto, tomando la información que nos aporta la granulometría y los elementos cementantes de los suelos de Laurisilva analizados, es que la cantidad de partida debe incrementarse notablemente, no debiendo ser inferior a 5 gr.

#### **Registros microfósiles en los suelos de laurisilva.**

Con tales particularidades el estudio microfósil se ha revelado complejo, al menos empleando los pesos de partida acostumbrados en estos casos, dado que en la mayoría de ellos se contaba con <0,4 gr. Una vez obtenidos los resultados de los suelos anteriormente citados, el análisis microscópico reveló que en su mayoría los microfósiles son escasos, al menos entre el conjunto de partículas restantes, con incidencia en los limos.

Paradójicamente, se estableció una relación entre la zona de Anaga y Los Rodeos, al menos en cuanto a la sorprendente presencia de innumerables partículas de microcarbón. Su concentración es tan elevada que dificulta la inspección microscópica, por lo cual debe entenderse que, el primer tipo de

microfósiles vegetales detectados, derivan de microfósiles de naturaleza antracológica, en este caso completamente integrados en la matriz edáfica de esas zonas.

### Horizonte superficial de El Pijaral.

La parquedad de datos, en cuanto a concentraciones de microfósiles vegetales en los suelos de Anaga y Los Rodeos, debía ser corroborada con otro punto que supusiera una prueba más, que afianzara el planteamiento de estar ante sustratos que parecían acumular concentraciones significativas de microfósiles como los contemplados de intervención paleo y arqueobotánica. La oportunidad estaba en la zona del interior de Anaga, donde es palpable la presencia de agua en pequeñas escorrentías o se observan suelos anegados. Creíamos que en ese contexto debía encontrarse la verificación de la primera valoración, que no había sido en todo caso puntual, dado que se observaron la totalidad de muestras extraídas de los perfiles Las Lajas y Coromoto, más la de referencia del suelo de Las Quebradas. La zona seleccionada se localiza en interior del macizo de Anaga, cercana a la de El Pijaral, donde la vegetación presenta los dos pisos vegetales definidos por especies arbóreas no-ericáceas y sotobosque de pteridofitos. Aquí los registros microscópicos varían sustancialmente a los casos anteriores, pudiéndose hablar de conjuntos microfósiles que representan una formación muy compleja, donde se encuentran presentes tanto silicificaciones arbóreas y herbáceas como de microalgas.

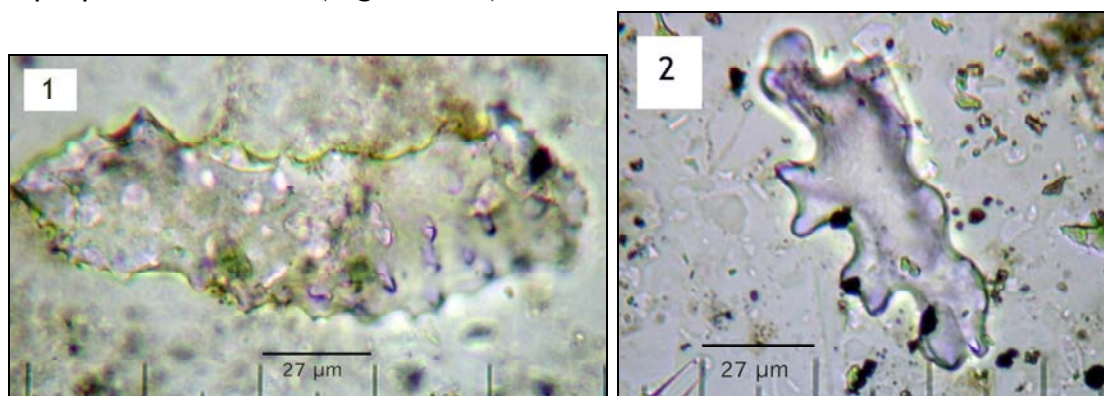
Efectivamente la riqueza en microfósiles de estas muestras fue sorprendente, y donde creemos finalmente queda representando (microscópicamente) el bosque de lauráceas (*Laurus novocanariensis*, *Ocotea foetens*, entre otras) y pteridofitos (en especial *Blechnum spicant* y *Woodwardia radicans*) así como una restringida pero evidente flora de microalgas diatomeas y en mucho menor medida de crisofitas. Característica, ésta última, que podría derivar de los encharcamientos microespaciales frecuentes, durante buena parte del año, en interior del Monteverde. La floración de crisofitas tendría lugar en varias ocasiones, cuando las condiciones de insolación y otros parámetros, como el pH y la disposición de fósforo, permitirían su desarrollo. Como hemos observado, esta circunstancia puede acontecer a escala microespacial, en pequeños charcos (<15 cm. Ø) generados por goteras concentradas en diversas partes de la cubierta arbórea, formada por troncos de tejos o brezos de altura media (±5 m.).

El registro de silicofitolitos está formado por grupos morfológicos inusuales en el resto de contextos analizados, destacando los fitolitos de células largas con diferentes morfologías y ornamentaciones. Quizás las más espectaculares sean las que presentan varios tipos de grandes células (>100 µm), de varias tipologías. La primera de ellas de tendencia alargada, irregular y ornamentación de salientes a modo de verrugas (*elongate irregular verrugate long cells phytoliths*) que se presentan de forma aislada (Figura 729). Su origen podría estar en el rizoma de un pteridofito como *Blechnum spicant* o *Woodwardia radicans*, ambas pertenecientes a la familia *Blechnaceae*.

Otro tipo de fitolitos, también de grandes células, presentan una morfología similar a las descritas como de “pieza de puzzle” (*puzzle jigsaw*, Bozarth, 1992), que pueden vincularse aquí directamente a los frondes de

helechos, aunque en este caso resulte compleja su adscripción taxonómica a nivel de especie (**Figura 730**). De tratarse de tal tipología, se trataría de células con numerosos entrantes y salientes, o polilobuladas, que en posición anatómica engarzan a modo de piezas de este tipo, creando un tejido silicificado en extensión. Una vez en el sedimento su descontextualización permite observarlas de forma aislada, de tamaño que se aproxima a las 100  $\mu\text{m}$  (eje longitudinal).

El registro de fitolitos de células largas se completa con fragmentos de morfotipos de tendencia alargada, sección elíptica y ornamentación de engrosamientos anulares, que cubren la totalidad de su superficie. De modo que responden bien a la morfología de traqueidas, mencionadas como *tracheid* por Piperno (2006) o también *trachied* por Madella *et al.* (2004) en la propuesta ICPN 1.0 (**Figura 731**).



**Figura 729** (Izqda.), Fitolito de célula larga irregular y verrugado. **Figura 730** (Drcha), Fitolito tipo Puzzle Ambos presentes en horizonte superficial del suelo de El Pijaral. 600x. J.A.

En todo caso son morfologías claramente detectables, por su origen anatómico, como elementos de los vasos del xilema, presentes en numerosos géneros y especies, también de las arbóreas presentes en Laurisilva de Canarias. El hecho de que se trate de formas comunes y muy distribuida a nivel de grupos botánicos, hace que su adscripción taxonómica deba restringirse a ese nivel<sup>19</sup>. Aunque en este caso parece clara su relación con alguna especie de dicotiledónea propia de la Laurisilva, como podría ser *Laurus novocanariensis* (laurel o loro). No obstante, en este sentido debe tenerse en cuenta la afirmación de Piperno (2006), cuando indica que tales tipos de fitolitos no son de diagnóstico para un grupo vegetal determinado, sino que se trata de una forma muy común en muchos de ellos. Sin embargo, constituyen una de las tipologías menos conocidas dentro del conjunto de

<sup>19</sup> Sirva de ejemplo la similitud existente entre las traqueidas detectadas en este tipo de suelos y las presentes en los tejidos foliares de *Phoenix canariensis*. Aunque podría plantearse una diferenciación con las presentes en las dicotiledóneas, en base a las características de la ornamentación y las dimensiones, ante el análisis de fragmentos como los localizados en los suelos de Anaga pocas lecturas taxonómicas pueden realizarse más allá de que en este caso están asociados a la flora local, con claro predominio de dicotiledóneas y pteridofitos.

plantas patrones analizado, debiendo esperarse aun estudios en profundidad<sup>20</sup>.

Los conjuntos de fitolitos y microalgas han sido tomados como propios del específico ambiente actual de donde proceden, suelos con alto índice de humedad, baja luminosidad y profusión de especies vegetales superiores, tanto arbóreas como del grupo de los pteridofitos, que como *Blechnum spicant* y *Pteridium aquilinum* desarrollan varias morfologías de fitolitos altamente silicificadas.

Un apartado fundamental en estos suelos es el registro de valvas de diatomeas, que ya fueran tomadas en consideración en el primer trabajo académico al respecto (Afonso, 2004a, inédito). El registro de microalgas se encuentra en este caso encabezado por valvas de diatomeas, destacando el hecho de que tanto se detectan morfologías pennadas como céntricas. Dentro de la primera morfología destacan valvas de simetría bilateral, dorsiventral y curvada, rafe bien marcado con nódulos centrales, que podría corresponder a una especie del género *Cymbella* sp., propio de agua dulce y variedad de ambientes (epifítico, epipélico o epilítico), **Figura 732**. El hecho de que este género aparezca en este contexto, eminentemente ácido, aporta un componente ambiental que asociar a dicho tipo de diatomeas, al que cabría que aplicar su carácter acidófilo. Efectivamente, la muestra de suelo superficial (muy probablemente de acumulación orgánica tipo A<sub>11</sub>) donde se analizó su componente microfósil, presentó un pH (H<sub>2</sub>O) de 5,72 (Afonso, 2004b).

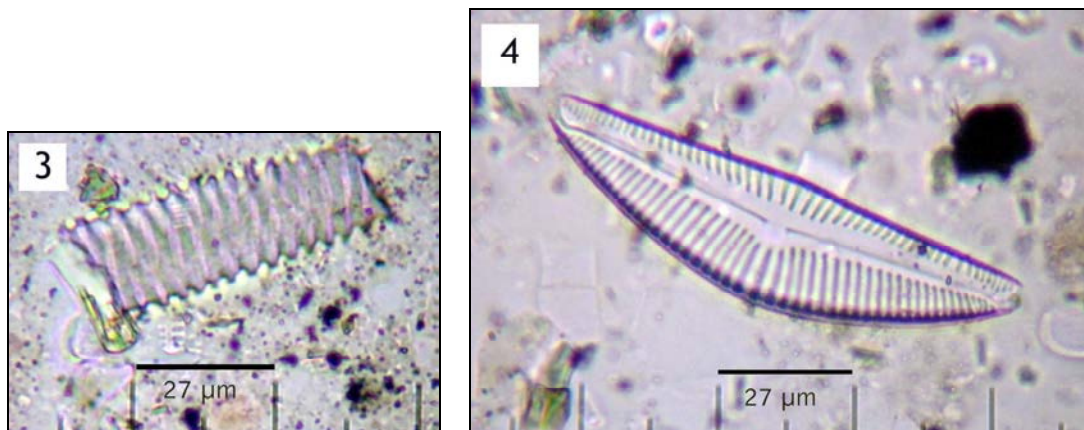
#### **Perfil Las Lajas (Las Mercedes, Tenerife)**

En realidad este suelo, cuyo perfil recibe el nombre de Las Lajas, es uno de los mejor conocidos a nivel edáfico en contextos de la laurisilva canaria, habiéndose realizado sobre él numerosos trabajos de investigación y docencia (Tejedor *et al.*, 1975; entre otros). Igualmente a nivel microfósil puede considerarse estudiado de forma preliminar, llevándose a cabo el análisis de su horizonte A<sub>11</sub> por profundidades y los restantes (Bw y Bt<sub>1</sub>) seleccionando una muestra en la zona media de los mismos. A nivel general puede decirse que se trata del material natural más complejo estudiado en esta Tesis, hecho derivado no sólo de las características de su registro microfósil, sino de las propias características edáficas, donde priman tanto las que determinan de su antigua cronología como de haber estado expuesto a diferentes procesos en su génesis edáfica (Tejedor *et al.*, 1975).

---

<sup>20</sup> En el contexto de la laurisilva se trata de un caso especial, puesto que se requieren muestreos en profundidad sobre amplias zonas de Anaga, situadas en el interior del bosque, donde puedan localizarse paquetes edáficos de moderada o gran potencia, circunstancia poco habitual por la propia topografía del terreno. Sin embargo, la entidad del registro microfósil es tan relevante como para proponer que su estudio guarda muchas claves del pasado insular.





**Figura 731 (Izqda.),** Fitolito del tipo traqueida con engrosamientos anulares. **Figura 732 (Drecha.),** Valva de diatomea pennada con rafe, probablemente del género *Cymbella* sp. Ambos 600x.

Las analíticas realizadas, tras varias prospecciones y muestreos, fueron llevadas a cabo en los tres horizontes constituyentes (A<sub>11</sub>, Bw y Bt) y finalmente, atendiendo a un criterio basado en objetivos arqueológicos y de biogeografía aplicada a la dinámica del Monteverde, mediante un muestreo de mayor definición sobre el horizonte A. Entendiendo que era en éste donde se podrían localizar evidencias microscópicas, y de cambios en algunas propiedades físicas y químicas, relacionados con la actividades antrópicas, en principio de cronología histórica.

Los resultados preliminares, por formaciones vegetales, confirmaron que en los tres horizontes constituyentes se localizan conjuntos microfósiles, pero con sustanciales diferencias entre ellos, siendo el A<sub>11</sub> el que sin duda presenta un registro más heterogéneo y concentrado, siempre dentro de una altísima concentración de microcarbones que se extiende también a los horizontes Bw y Bt, donde parecen adquirir tallas algo más grandes, situadas en torno a los rangos de los limos (50-2 µm), pero sin grandes diferencias con el resto.

Es precisamente dicho horizonte Bt, caracterizado por presentar una textura muy fina y partículas redondeadas, que podrían vincularse a transporte eólico, donde se observa un mayor vacío de microfósiles, que se presentan de forma muy aislada, fragmentada y con síntomas de disolución de SiO<sub>2</sub>. Entendiendo que se trata de un horizonte de acumulación de arcillas, probable derivación de un proceso de iluviación, podría plantearse que los microcarbones hayan seguido la misma ruta, puesto que no parece posible afirmar —con el escaso registro biomineral detectado— que esta zona del suelo haya albergado una vegetación concentrada, o no al menos de alta silicificación, como podría darse en un entorno propio de praderas, con predominio de herbáceas. Pero no puede obviarse el componente tafonómico en esta zona, claramente profunda del suelo, donde la posible afectación de una reacción edáfica fuertemente alcalina haya propiciado la apertura de procesos de disolución de SiO<sub>2</sub>, donde resultarían dañados o completamente destruidos posibles registros microfósiles con esa base química.

El horizonte Bw, se diferencia del Bt por el propio registro microfósil, aunque no por la concentración de microcarbones que sigue siendo inusualmente alta. En la muestra analizada de este horizonte hacen su

aparición las gramíneas, en forma de fitolitos de células largas y cortas. Si bien las primeras, en el caso de las alargadas lisas (*elongate psilate*, ICPN 1.0) su valor taxonómico no va más allá de evidenciar restos de tejidos aéreos de la familia *Poaceae*. Pero los restos de células largas trapezoidales sinuosas (*trapeziform sinuate*, ICPN 1.0) polilobuladas y especial las células cortas de tipo “crescente lunar” (*crescent moon*, Gallego & Distel, 2004) y otras claramente clasificables como bilobuladas (*bilobate*, ICPN 1.0), introducen en escena al menos a las subfamilias *Pooideae* y *Panicoideae*, siendo ésta última sobre la cual deban centrarse futuros paleobotánicos. Ya que como se menciona en otros apartados, las gramíneas *Pooideae* parecen ser las que mayor dispersión han logrado en el Archipiélago, mientras que las *Panicoideae*, con requisitos medioambientales netamente diferentes, corresponden en su mayoría a plantas introducidas y sólo en pocas especies constituyen vegetación endémica, en todo caso muy circunscrita a ambientes xerófilos o húmedos, pero siempre de rangos termométricos cálidos.

Por el contrario, las células que observamos como pertenecientes a gramíneas *Pooideae* responderían a ambientes de clima más templado, húmedo o no tanto, pero con clara asociación de ambientes con menor temperatura y en algunos casos, precipitaciones.

En el horizonte Bt existen evidencias microfósiles de otros grupos vegetales como los pteridofitos, bajo las formas ya descritas en detalle<sup>21</sup>, así como formas de más compleja adscripción, como células traqueales (traqueidas) que tanto pueden representar tejidos de los tallos de las gramíneas como de especies arbóreas, donde igualmente las hemos localizado<sup>22</sup>, aunque con algunas diferencias para con las anteriores que deben ser estudiadas en detalle.

Aquí también encontramos evidencias de organismos acuáticos o de alta humedad, como fragmentos de microalgas diatomeas, que en algunos casos concuerdan más con radiolarios o diatomeas céntricas marinas que con las especies propias de agua dulce, más comunes en estos lugares. Ratificando su presencia, hemos detectado fragmentos de esponjas silíceas, que presentan signos de disolución de SiO<sub>2</sub>. Lo cual aporta la percepción inicial de un sustrato donde se han acumulado restos de una vegetación más diversa que la propia de la laurisilva, sobre todo por la presencia de dos subfamilias de gramíneas, y donde son perceptibles signos de humedad edáfica, aun más evidente por la presencia de restos de esponjas, organismos sésiles y por tanto probablemente de desarrollo local. Y cuyo estado, fruto de procesos tafonómicos, igualmente indican, bien por un pH alcalino o por un proceso de alta circulación hídrica, que se ha propiciado la disolución de la sílice, tanto edáfica como biomineral.

Indudablemente es el horizonte A<sub>11</sub> donde los conjuntos microfósiles adquieren mayor diversidad y entidad, con un aumento significativo de sus concentraciones. Aquí pueden observarse fitolitos de distintas tipologías, que pueden primeramente adscribirse a varias subfamilias de gramíneas, pteridofitos y microalgas, tanto diatomeas como crisofitas, también de espículas de esponjas. Sin duda resulta sorpresiva la presencia de fitolitos

---

<sup>21</sup> Capítulo 5, Resultados, I, Análisis de Plantas Patrones, *Pteridium aquilinum*.

<sup>22</sup> *Ibidem*, *Laurus novocanariensis*.

globulares equinados, como los desarrollados por las palmáceas, dado que —que sepamos— no existen en los últimos años evidencias de la presencia de semejantes plantas en el entorno del monte de Las Mercedes.

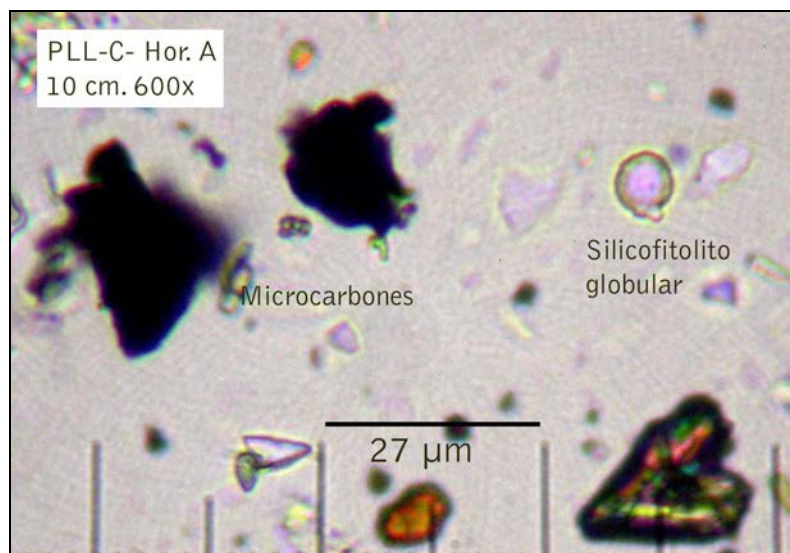
En definitiva este horizonte resultó ser especialmente rico en silicofitolitos de células largas, no sólo de gramíneas, sino también aquellas que resultan muy similares a las presentes en el rizoma de *Pteridium aquilinum*<sup>23</sup>. Su presencia, en espera únicamente de confirmarse a nivel micro-morfométrico (estadístico), atestiguaría un ambiente donde la luz incidiría directa o indirectamente en el suelo, al menos en la medida para propiciar el desarrollo de una planta tan heliófila como *P. aquilinum*. Es decir que existiría apertura en el dosel arbóreo, que no aparecería como lo hace en la actualidad, en lo que entendemos como bosque de laurisilva, que en muchas ocasiones responde más a un bosque simplificado de la misma, con predominio de ericáceas (tejo y brezo).

Pero ante todo, de nuevo, en las muestras destacaba, predominaba, la masiva presencia de microcarbones. Una evidencia directa, un tipo de microfósil vegetal con pocas probabilidades de ser adscritos —desde las limitaciones de los elementos de intervención microarqueológica enunciados en esta Tesis— a un grupo vegetal preciso. No obstante, casi sin dudas lo son a especies leñosas, arbóreas y arbustos, cuyo componente principal —a nivel biomineral— es el oxalato de calcio, que pese a adquirir morfologías claramente distinguibles y en algunos casos con capacidad para discernir entre grupos vegetales (características de diagnóstico), no presenta la estabilidad de la sílice (SiO<sub>2</sub>) en suelos. La consecuencia de ello es que podemos contar con un registro microscópico, derivado de la combustión de gran cantidad de tejidos leñosos, donde las evidencias de ello se reducen a múltiples partículas microscópicas de carbón, dado que la producción de silicificaciones —en tales tipos de plantas— es mucho más reducida que la basada en oxalatos de calcio (**Figura 733**).

En los suelos de laurisilva, ejemplificados en el perfil Las Lajas, creo que se produce tal simplificación, producto de aspectos naturales y antrópicos, resultando ser, la alta producción de carbón, una huella indeleble de la misma. En todo caso, como se ha mostrado y de nuevo se retoma con el estudio de la superficie edáfica de Las Quebradas, el registro microfósil dejado por las formaciones vegetales de la laurisilva presenta suficiente entidad como para ser interrogado de forma concreta, como parece posible realizar con el caso de *Ocotea foetens*.

---

<sup>23</sup> Como se muestra en el apartado de Resultados (Cap. 5-I) el rizoma de *P. aquilinum* contiene abundantes silicificaciones que, una vez desestructuradas de la especie de malla que conforman el soporte interno del rizoma, se presentan como fitolitos alargados, de sección triangular ligeramente asimétrica, bordes lisos muy marcados y posible ornamentación de hoyuelos circulares. Se trata de un tipo de fitolito sobre el que no parece existir ninguna noticia anterior, pero que sin embargo parece presentar —en espera de analizar otros pteridofitos— propiedades de diagnóstico taxonómico, al menos a nivel de género.



**Figura 733**, Partículas aisladas en el perfil Las Lajas. 600x

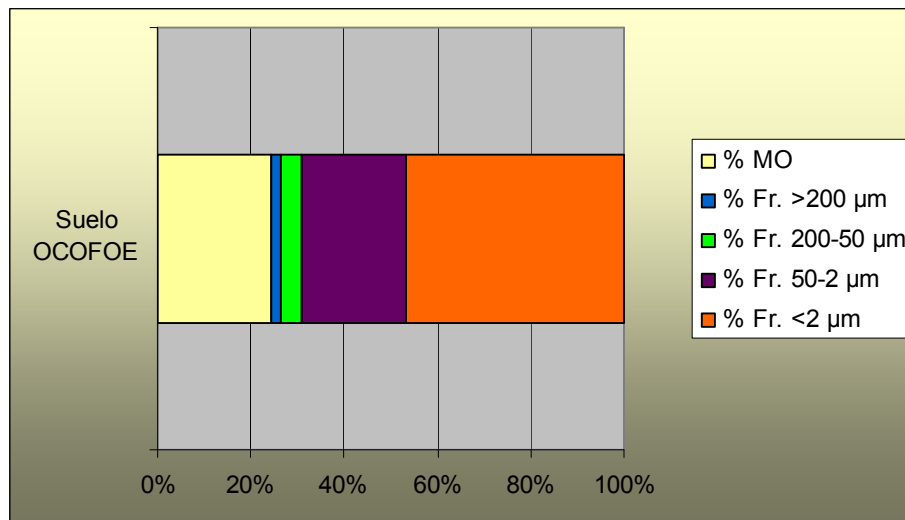
#### Horizonte superficial de suelos con desarrollo de tilos (*Ocotea foetens*).

El estudio microscópico de los primeros centímetros de suelos con desarrollo de tilos (*Ocotea foetens*) en la zona conocida como Las Quebradas<sup>24</sup>, permitió confirmar primeramente un sustrato edáfico con muy escasos ejemplos de fitolitos, donde se echaban en falta principalmente los derivados de las gramíneas (*Poaceae*) en cualquiera de sus múltiples formas de aparición.

Se trataba de muestras con escasas partículas de la fracción limo, menos aun de la fracción arenas >200 μm y algo más de arenas 200-50 μm. Los datos analíticos indican que se trata de un sustrato con alto contenido en materia orgánica (>20%), muy escasa representación de la fracción arena total (8,77%) y que puede calificarse como arcilloso (>60% <2μm). Los limos representan 29,19% de la granulometría, lo cual supone un valor similar al detectado en el registro de esta fracción del Perfil Coromoto (Los Rodeos) y Perfil Las Lajas (Las Mercedes), al menos en las muestras analizadas hasta una profundidad de 15 cm. (Gráfico 130). Y por tanto un contenido moderado si atendemos a la general escasez de esta fracción en los suelos de las Islas Canarias.

El elemento mineral más destacable son las partículas de limo compuestas en gran parte por piroxenos de augita, en perfecto estado de conservación. Lo cual simplemente supone un claro indicativo del origen volcánico de estos suelos, pese a que se trate de algunos de los más antiguos de la isla de Tenerife y donde se ha producido uno de los procesos de edafogénesis más complejos del Archipiélago.

<sup>24</sup> Agradecemos el fundamental asesoramiento del personal de guarda del Parque Rural de Anaga (Ayuntamiento de Santa Cruz de Tenerife) en la persona de D. Victor para la localización de zonas donde se desarrollaban concretas especies de la laurisilva canaria y proceder a su muestreo de forma totalmente acorde con su integridad biológica, y en el marco de su nivel de protección ambiental.



**Gráfico 130**, fracciones granulométricas y contenido en materia orgánica por gramo de muestra del suelo con desarrollo de *Ocotea foetens* de Las Quebradas. J.A.

En este sentido los resultados del muestreo y posterior inspección microscópica, no han podido ser más fructíferos, ya que uno de los morfotipos de fitolitos buscados –las traqueidas facetadas presentes en las hojas de *Ocotea foetens*– han sido uno de los escasamente representados en las muestras. Efectivamente se trata de dicho morfotipo, que presenta los rasgos descritos para esta especie<sup>25</sup> y que probablemente, pese a su manifiesta multiplicidad interna<sup>26</sup>, posee característica de diagnóstico, al menos dentro de las especies de dicotiledóneas detectadas en la Laurisilva de Canarias<sup>27</sup>.

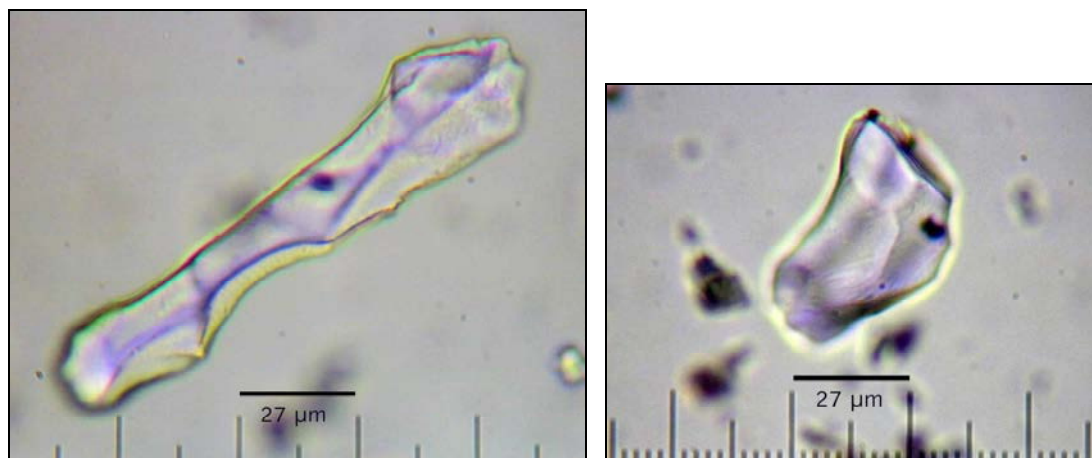
Se trata de fitolitos que adquieren la forma de grandes células silicificadas, masivas y con numerosos planos –separados por líneas muy suavizadas– que forman su cuerpo y claramente responden al modelo descrito por Pinilla & Bustillo (1997). La multiplicidad en este tipo de fitolitos cobra una especial relevancia, como bien atestigua el estudio microscópico de los residuos de los tejidos foliares de *Ocotea foetens*. Sin embargo, se trata de una multiplicidad

<sup>25</sup> Ver los aspectos más relevantes de *Ocotea foetens* en el Capítulo III, Elementos Microscópicos de Intervención, Elementos traqueales del xilema bajo la forma de traqueidas facetadas.

<sup>26</sup> Referencia a la multiplicidad que se observa en una misma preparación microscópica, que corresponde a una misma muestra de unos pocos gramos de tejido vegetal, por lo general también de unas pocas hojas.

<sup>27</sup> Estas morfologías han sido detectadas en varios contextos edáficos, algunos con cronologías del Mioceno (Pinilla y Bustillo, 1997) pero también en suelos de selva tropical, donde Runge & Runge (1997) los asocian con las silicificaciones propias de los vasos foliares, destacando su aspecto compacto y un tamaño situado entre 70-150 µm. En ese trabajo Runge & Runge (1997) describen dos morfologías masivas y facetadas pero con diferente tendencia geométrica, una de aspecto esférico y otra de clara tendencia rectangular. Quizá una de las diferencias que podemos observar con los fitolitos similares detectados en *Ocotea foetens* y los suelos donde se depositan de la región de Anaga es que éstos presentan líneas de separación entre planos más suaves, mientras que los reflejados por Runge & Runge lo hacen de forma más angulosa.

relativa, ya que mantiene intactos aspectos como los ya citados, donde destaca especialmente su aspecto compacto y sus suavizados planos.



**Figura 734-735**, Fitolitos de células largas facetadas o traqueidas facetadas, en el suelo de Las Quebradas (Anaga). Pese a sus manifiestas diferencias de tamaño y morfología pueden tener su origen en la misma planta: *Ocotea foetens*. Ambas 600x.

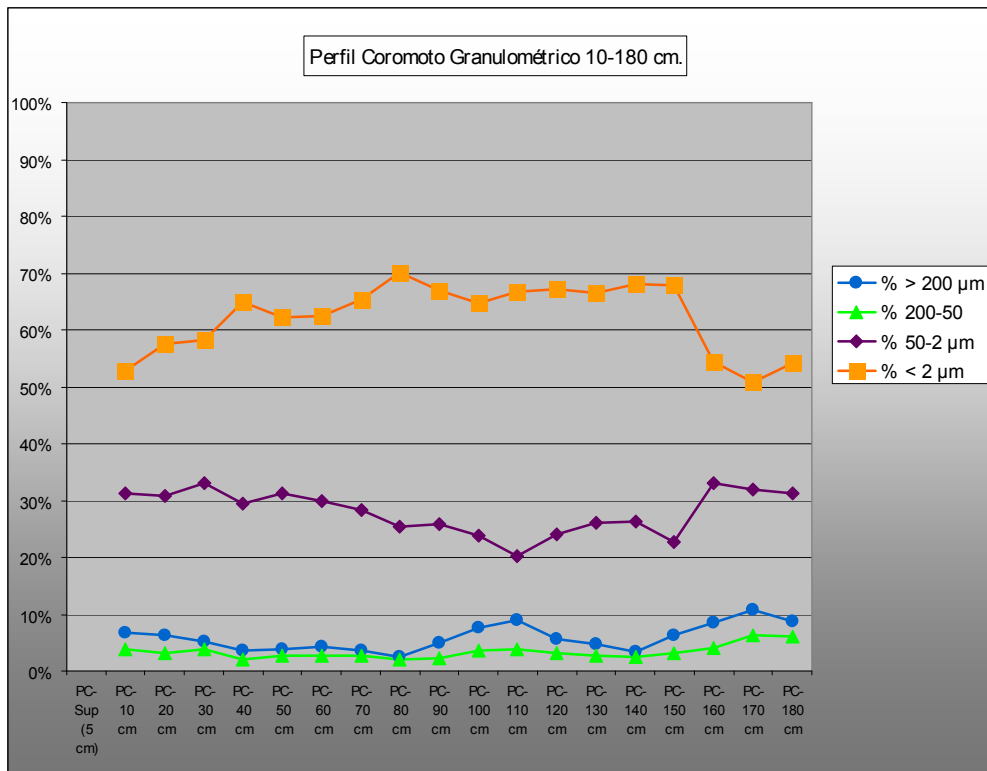
#### Perfil Coromoto (Los Rodeos).

El análisis de este profundo perfil (>180 cm.) ha puesto de manifiesto la posibilidad de aplicar el análisis contextual de microfósiles con fines paleoambientales, dado que la potencia de este suelo así lo permite.

Todas las evidencias macroscópicas y analíticas existentes parecen indicar que estamos ante un sustrato muy antiguo, fruto de la desintegración de diferentes tipos de materiales volcánicos como sustrato parental, donde puede destacarse los de tipo piroclástico, con origen en las erupciones de Montaña Blanca<sup>28</sup>. Si bien sus parámetros geográficos y edáficos no indican que estemos ante un suelo de monte de Laurisilva similar al presente en las cumbres de Tegueste (Perfil Las Lajas), ya que probablemente aquí se desarrolló una vegetación mixta, propia de un ambiente de transición entre el Monteverde y el bosque termófilo, con un índice de humedad edáfica y ambiental menor que el situado en la región de Anaga. Pero no puede descartarse que estemos ante un sustrato formado al amparo de diferentes tipos de clima, con variaciones que motivaron el desarrollo de formaciones vegetales diferentes a las actuales.

Tanto la situación, como las características edáficas de esta zona, con predominancia de las fracciones finas (**Gráfico 131**), habrían ocasionado una temprana alteración de su cubierta vegetal por acción antrópica, donde no pueden descartarse procesos de deforestación intencionada para un uso agrícola. De dicho proceso derivaría el hecho de que el elemento biogénico más abundante en ellos sean las partículas microscópicas de carbón.

<sup>28</sup> La cronología de las últimas erupciones, de este centro emisor, tendrían aproximadamente unos 2.000 años.

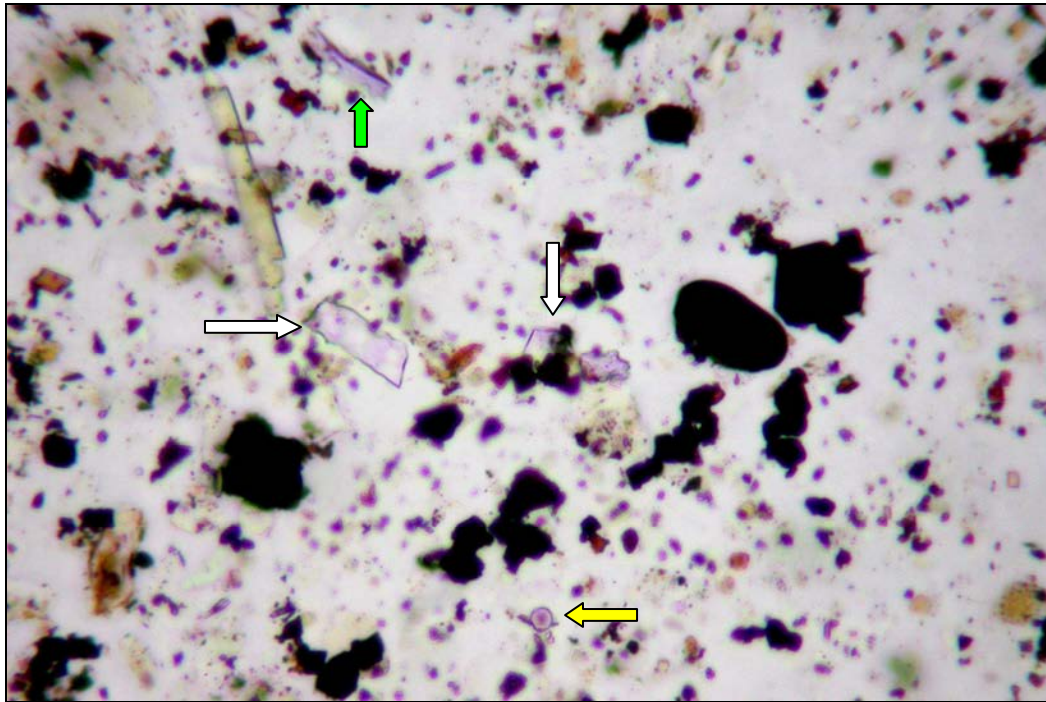


**Gráfico 131**, Curva acumulada de fracciones granulométricas (%) en Perfil Coromoto. Nótese la cierta preponderancia de la fracción limo (50-2 µm).

Los registros de fitolitos de este suelo son muy escasos, lográndose indicios de los mismos únicamente desde las muestras correspondientes a 90 cm. y con completa seguridad a 70 cm. A esta profundidad se hace patente la aparición de diversos tipos de silicificaciones fósiles, en los que destacan fitolitos globulares equinados (*spheric echinate*, ICPN 1.0) correspondientes a palmáceas (*Palmae*) y gramíneas (*Poaceae*).

Sorprendentemente durante las tareas de prospección de la zona del perfil, se localizaron posibles restos de los horizontes que lo integran a varios metros en dirección norte, desmantelados en parte debido a la remoción (sorrriba) con fines urbanísticos. En esos escasos centímetros de estratigrafía edáfica pudimos comprobar la existencia de niveles con abundancia de **fragmentos de carbón (Figura 736)**. lo cual fue entendido como evidencias directas de labores de deforestación históricas, e incluso anteriores. Aunque es cierto que el componente micro-antracológico es muy alto en todo el perfil, debiendo tener en cuenta que puede haberse operado –como con las partículas coloidales– un proceso de traslación vertical.

La única certeza existente en la estratigrafía y a nivel de microfósiles, es que existen niveles en profundidad donde resulta más complejo distinguirlos, donde los microcarbones suponen la única evidencia de elementos biogénicos, entre las partículas minerales del suelo (limos y arenas hasta aproximadamente 700 µm).



**Figura 736**, Microfragmentos de carbón y partículas silicificadas (amarillo: posible silicofitolito de Palmácea; blanco: posibles fitolitos de gramíneas; verde: posible fragmento silicificación de pteridofito) en la muestra correspondiente a 70 cm. (Perfil Coromoto). 600x.

Como ya se ha adelantado, el estudio microscópico de las preparaciones correspondientes a todas las profundidades muestreadas del perfil, desde 180 cm. hasta la superficie, indica que el “rasgo biogénico”, o al menos más allá del aportado de forma rotunda por los microcarbones, resulta muy complejo de identificar de forma nítida (con microfósiles de formas definidas) hasta una profundidad de 70 cm.. Es desde entonces cuando se detectan morfologías propias de fitolitos de palmáceas y gramíneas, las cuales se mantienen hasta varias profundidades superiores. Atendiendo a las tres tipologías que creemos más representativas, podría plantearse un estudio en profundidad realizando cuantificaciones de las partículas de carbón y de ambos tipos de fitolitos para realizar una primera aproximación al contexto paleoambiental de la zona. Donde desde luego ya cabe plantearse la presencia de ejemplares de *Phoenix canariensis*, que pese a ser localizados sus fitolitos a 70 cm. de profundidad no supone que pertenezcan a una cronología reciente, probablemente todo lo contrario.

En cuanto al carbón, que parece erigirse sin duda como el microfósil más representado, su presencia desde los niveles más profundos y su continuidad en la mayoría de los que integran la columna edáfica, hacen complejo sostener la idea de un origen o inducción antrópica. Sin duda el efecto del fuego es un hecho incuestionable, como lo es que se produjo sobre una vegetación de baja producción silíceas. Sólo desde esos 70 cm. de profundidad y en especial a partir de aquí, podrían plantearse el efecto de incendios intencionados –no naturales– en los niveles superiores que, de mantenerse la idea de estar ante un suelo natural, supondrían estar ante prácticas antrópicas, de aun incierta adscripción histórica.



## Sedimentos de zonas húmedas insulares.

En Canarias son poco comunes los sedimentos propios de zonas húmedas como tales, dado que éstas también lo son, especialmente si los comparamos con las formas geográficas –propias de ambiente continental– como lagos, lagunas, estuarios, ríos, glaciares, entre otros, siendo especialmente escasas en sus amplias extensiones semiáridas y barrancos de la vertiente sur. No obstante, siguiendo el precepto de que las formas de puntos húmedos en las Islas poseen características propias e intrínsecas, derivadas de los parámetros involucrados en su formación, se ha asumido que un primer paso –para su conocimiento– podría ser conocer cómo lo son en otros contextos. Mediante la obtención de un indispensable conocimiento formativo previo.

La manifiesta, histórica y actual, escasez de agua en las Islas ha motivado que la mayoría de manantiales se hayan visto canalizados, por lo cual muy pocos ambientes presentan en la actualidad condiciones de sedimentación propias de ambiente húmedo, encharcado permanentemente o de forma estacional. No obstante, existen algunos parajes naturales cuyo grado de protección administrativa ha permitido su continuidad, pese a que aun así el grado de antropización sea alto, casos como el riachuelo de la Caldera de Taburiente (La Palma), el Barranco del Infierno (Tenerife), o el mismo riachuelo que da al nombre barranquillo que existe en las cercanías de Los Azulejos (Las Cañadas, Tenerife), son ejemplos claros de esta situación. Probablemente existieron muchos más en las Islas, incluso en zonas hoy completamente pobladas y de los cuales ya no queda rastro. En todo caso, de producirse por objetivos paleoedáficos, arqueológicos o paleontológicos su detección, a pesar de no presentar condiciones húmedas en la actualidad, la conservación del paquete sedimentario aun puede permitirnos indagar en sus características, en especial en cuanto a su registro microfósil, el cual sigue siendo evidencia directa del ambiente sedimentario existente siglos, milenios, atrás.

No obstante, existen tipologías concretas, bajo la forma de pequeñas charcas de agua dulce, donde se desarrolla vegetación hidrófila. Estos enclaves pudieron ser más numerosos en el pasado, pero sin duda aquellos que presentaban cierto caudal fueron canalizados.

### **Punto Húmedo de la playa de Los Roques (Puerto de La Cruz).**

Probablemente estamos aquí ante uno de los relativamente escasos ejemplos de puntos húmedos de factura antrópica –aunque derive de condiciones naturales previas– que se encuentran inmediatos a la orilla del mar<sup>29</sup>, con la escasa diferencia de unos metros de desnivel. Distancia tan escasa como para

---

<sup>29</sup> Efectivamente en las Islas que presentan zonas de costas acantiladas de cierta envergadura, existen puntos por donde mana el agua, al margen de los cauces de barranco que la transportan durante y tras la época de lluvias. Se trata en su mayoría de surgencias asociadas al modelo ya descrito de paleosuelo rubefactado (almagre), que funciona como capa impermeable bajo otras que no lo son, lo cual orienta la circulación hídrica hacia las zonas más deprimidas de su extensión. Cualquier corte más o menos abrupto en el terreno, natural o de factura antrópica, propicia la aparición de un manantial, más o menos abundante en función de las proporciones de la cuenca receptora, que en todo caso suelen ser una colada lávica o una sucesión de las mismas.

que se vea afectado por la pleamar y episodios de mar gruesa y mar de fondo. Pese a ello sus características le convierten, a nivel microfósil, en un ejemplo de excepción, especialmente para conocer el tipo de microalgas y vegetación hidrófila asociada. La presencia de un pequeño charco, a donde confluyen aguas de la cercana bocamina de la infraestructura de galería cercana, a permitido el desarrollo vegetación hidrófila como la “ñamera” (*Dioscorea* sp.) y “culantrillo” (*Adiantum* sp.) de forma directa y otras asociadas como mentas, cañas, entre otras (**Figura 737**), situadas más retiradas de la línea de costa.



**Figura 737**, Punto Húmedo en la Playa de Los Roques. El desarrollo de flora de ambiente húmedo, aquí ejemplificado por *Colocasia* sp. contrasta con la afectación de la zona de esorrentía por cantos rodados (callados) de la playa inmediata. J.A.

Como ya se ha mencionado, el origen de la esorrentía —que se mantiene durante todo el año—, procede de la bocamina de una galería artificial cercana, que se introduce montaña adentro hasta alcanzar el nivel freático o “madre del agua”. En realidad grandes masas de roca volcánica empapadas y saturadas del líquido elemento, por el circular de aguas superficiales, que introducidas en el terreno desde cotas altas buscan —por gravedad— el nivel más bajo. Cuando esta aguas topan con un nivel edáfico impermeable, como el constituido por un paleosuelo rubefactado (almagre), circulan por encima de éste hasta alcanzar un corte en el mismo, que muchas veces consiste en los escarpes de un barranco o en la propia costa acantilada de las Islas. Ese sería, a grandes rasgos, el modelo de muchos manantiales, fuentes y surgencias de Canarias<sup>30</sup>. Y obviamente en muchas ocasiones, derivado de la

<sup>30</sup> Dr. J. Coello (†) 2000, Com. Pers.

existencia de caudales sustanciales, se ha acometido la labor de crear una infraestructura artificial de perforación y acondicionamiento para la explotación del manantial, las galerías.

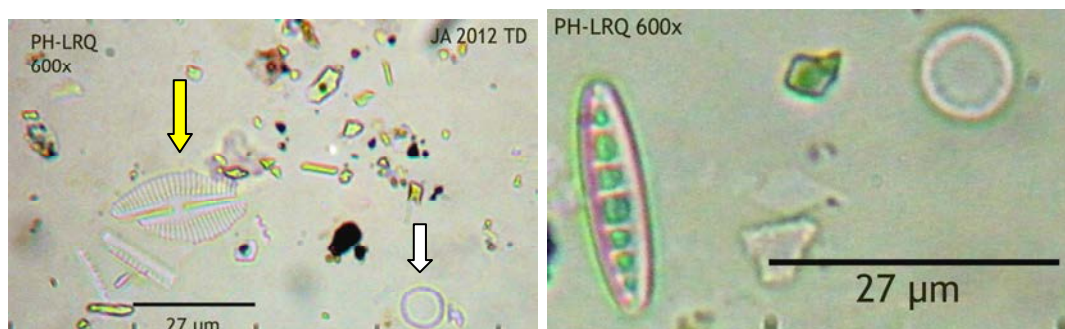
#### Registro microfósil del Punto Húmedo de la Playa de Los Roques.

Se caracteriza por su baja productividad, al menos en el nivel superficial analizado. Una primera impresión planteó que los quistes de crisofitas, esféricos, lisos y sin collar, podrían ser el microfósil más representado, su observación a mayor número de aumentos determinó que se trataba de pequeñas diatomeas de tipo céntrico, y que dada la proximidad del mar éste podría ser el medio que motivaba su desarrollo en la pequeña charca (**Figuras 738-739**).

En el registro general se aprecia alto índice de fragmentación (**Figura 741**), que podría adscribirse tanto a procesos tafonómicos, vinculados al dinamismo de un sustrato sujeto a la acción de las mareas como a posibles efectos adversos de la metodología de tratamiento de muestras.

Otros microfósiles detectados responden a las morfologías de quistes/estomatocistos de crisofitas, de morfología esférica y superficie equinada, con posible proyección en la zona del collar.

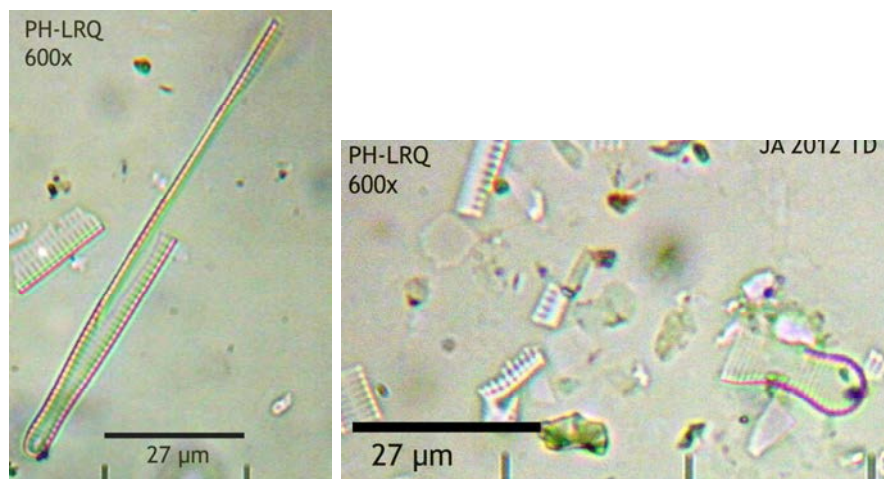
No se detectan morfologías propias de silicofitolitos, mientras que las partículas minerales se restringen a las de tipo limo medio y fino así como a aislados granos de arenas finas.



**Figura 738** (Izqda.), Diatomea del género *Diploneis* sp. (amarillo) y diatomea céntrica (blanco). **Figura 739** (Drcha.), Diatomea del género *Pinnularia?* sp. y pequeña diatomea céntrica citada en el texto. 600x.

Junto a ellas, al menos otras tres variedades de diatomeas (**Figuras 740-741**), pero en este caso de simetría bilateral (pennales/pennadas), aunque se detectan fragmentos de una quinta morfología también céntrica, pero de ostensible mayor tamaño que las primeras.

En resumen parece tratarse de un registro microfósil muy vinculado a la conjunción del medio dulceacuícola con el marino, el primero inducido por la presencia de la escorrentía de la galería próxima, pero inserto en un eminente contexto de costa.



**Figura 740** (Izqda.), Diatomea pennada. **Figura 741** (Drcha.), Fragmentos de valvas de diatomeas. Ambas 600x



Análisis de sedimentos glaciares y periglaciares de Noruega: aproximación arqueobotánica y microfósil al Cuaternario.

#### Naturaleza de los datos buscados.

El objetivo metodológico de este estudio específico buscaba la caracterización del registro microscópico y granulométrico de sedimentos glaciares, periglaciares y fluviales de zonas afectadas aun en la actualidad por tales condiciones. La zona seleccionada, por disponer aun de uno de los macizos glaciares más extensos de Europa, fue Noruega central. Seguíamos la hipótesis de que los datos obtenidos podrían permitir conocer materiales propios de los álgidos fríos del Cuaternario, y desde ahí emplearlos con distintos fines, desde el edafológico y de microfósiles, hasta obviamente el arqueobotánico.

La hipótesis de partida involucraba no obstante a las Islas Canarias y en concreto a la zona de alta montaña de Las Cañadas del Teide, entendiendo que mediante el corpus analítico aplicado en esta Tesis, así como en los materiales de su conjunto muestral, podríamos acercarnos a cuestiones como el paleoambiente de las mismas con ocasión de las erupciones freatomagmáticas acontecidas, en el conjunto Pico Viejo-Teide, en varios momentos del holoceno (Pérez *et al.*, 2008; Carracedo *et al.*, 2007; entre otros). La naturaleza de tales erupciones involucró la presencia de agua, cuya naturaleza y volumen aun es motivo de amplios debates, pero que probablemente involucró a masas heladas situadas en la zona alta del conjunto Pico Viejo-Teide, ya que no existe un nivel acuífero a esa altura (>3.000 m.s.n.m.).

Tanto los materiales involucrados en ese complejo proceso eruptivo, que en este caso se nos muestra como evidencia empírica de excepción:

fragmentos de lahar o material tipo surge, la propia naturaleza de esos momentos y el tipo de analíticas desplegadas para el estudio de microfósiles vinculados a procesos de la Prehistoria de Canarias indicaron que, el estudio de materiales derivados de la acción de un clima más frío que el existente en la actualidad en las Islas, constituiría una buena orientación metodológica<sup>31</sup>. En este caso también otorgando importancia al contexto de las muestras, a su observación microscópica y de algunos datos —como los emanados del tratamiento básico de muestras sedimentarias—, que permiten conocer algunas características fundamentales de estas, como su textura<sup>32</sup> y el registro microfósil alojado entre las partículas que la definen<sup>33</sup>.

La inserción de cualquier dato empírico obtenido resultaba así de crucial importancia, no sólo porque el Cuaternario supone una etapa fundamental a nivel de desarrollo biológico, sino también porque es la que el género *Homo* comienza su proceso evolutivo hasta la especie *H. sapiens sapiens* actual. En Canarias no aconteció ninguna etapa evolutiva y cultural de ese proceso y la llegada del hombre/mujer modernos se produce en fechas relativamente recientes, cuando las Islas ya han desarrollado en su práctica totalidad sus edificios subaéreos, así como una cubierta vegetal probablemente muy similar a la observada en la actualidad. Pero existen aun numerosos aspectos cualitativos y cuantitativos —también al respecto de la colonización humana— que aun deben definirse en detalle<sup>34</sup>.

---

<sup>31</sup> Sobre todo si, como se muestra a lo largo de esta Tesis, se sigue el planteamiento aportado por T.L. Wallis (1968): "...un estudio microscópico permite definir distintas variables del material que se analiza".

<sup>32</sup> Como se menciona en otros apartados de la tesis (Capítulo IV) la importancia dada a la textura de suelos y sedimentos, en el análisis de microfósiles del tipo del *Método Contextual de Análisis Microfósil*, deriva de dos aspectos ya suficientemente conocidos: el comportamiento de un determinado sustrato ante unas determinadas condiciones ambientales, y concretamente las relacionadas con los procesos glaciares y periglaciares existentes durante el Cuaternario. Así como la confirmación de que los microfósiles vegetales de tipo silicificado (como los de mayor representatividad en contextos antiguos) se localizan —por sus rangos medios de tamaño— entre la fracción limo total, y en especial la de los limos gruesos (50-20 µm) y medios (20-8 µm), tal y como plantea A. Pinilla (1997).

<sup>33</sup> Para ello se acometió la selección, muestreo, tratamiento y observación de aquellos materiales existentes en zonas biogeográficas con presencia relictas de procesos glaciares y periglaciares. Se trataba en todo caso de un estudio experimental, preliminar, que de nuevo seguía los trabajos de Chaline (1982) para el conocimiento de un determinado suelo/sedimento, al que se supone desarrollado bajo condiciones climáticas diferentes a las actuales. Acometido bajo la propuesta metodológica de Sandgreen, Smol & Kristiansen (1995) al respecto del muestreo y estudio de los sedimentos superficiales (*calibration sets*), o muestreos de entrenamiento/referencia (*training sets*) en el estudio de microalgas, en concreto de quistes de crisofitas.

<sup>34</sup> Entendiendo que el abordaje de este tema pasa por indagar en los materiales que la Arqueología de Canarias va mostrándonos año a año y que numerosos especialistas asumen como fundamentales —desde cada parcela de conocimiento— para el conocimiento de la Prehistoria de Canarias, desde una perspectiva basada en la importancia de la definición de las estructuras aborígenes en tiempo y espacio, y no tanto en los mecanismos externos que motivaron la colonización. Es decir que la motivación es aquí la mujer, el hombre, los grupos humanos en las Islas desde su

En ese estudio no puede obviarse el que asume las características del territorio que ocuparan esas poblaciones, un espacio natural del que suponemos casi todo, donde la arqueología aun no ha penetrado, y donde aun se encuentran por conocer numerosas claves de lo que posteriormente se llamaran Islas Canarias<sup>35</sup>. Ese estudio creemos que comienza por conocer los enclaves naturales de las Islas, cuando aun no se ha producido el desembarco humano, por lo que se trata obviamente de un estudio complejo, fácil de formular y difícil puesta en marcha. Los contextos naturales, que servirán de soporte a la estructuración de estrategias económicas, en este caso productivas y de recolección complementaria<sup>36</sup>. Pero como en otros aspectos, en éste también podemos confiar en la técnica puesta a nuestra disposición, donde métodos de tratamiento, obtención de datos y confirmación cronológica absoluta pueden llevarnos a reelaborar esa secuencia pendiente. En aquella donde se aprecia un medio ambiente sin alteración antrópica, y otros donde gradualmente ésta comienza a percibirse, primero tímidamente y luego, como manifiestan registros y registros arqueológicos de Canarias, con una explotación tal del medio como para disponer por generaciones de un esquema económico-social sino perfecto<sup>37</sup> sí duradero.

No todas las zonas parecen susceptibles —dentro del planteamiento investigador mencionado— de permitir hallar, a medio plazo, tal secuencia explicativa, al menos no en su fase de propuesta y experimentación. Pero a tenor de lo observado, incluso es en contextos urbanos, donde falta la metodología —y sobre todo la motivación por hacerlo—, y donde, sin embargo, parece posible indagar en la secuencia natural, secuencia natural-antrópica y secuencia antrópica-remanente natural. Y dentro de las que presentan posibilidades —sin estar exentas de complejidad por lo peculiar de sus mecanismos naturales—, la zona de Las Cañadas del Teide se constituye como una auténtica *reserva natural de datos*. Únicamente —y nada más y menos— debemos aplicarnos en la decodificación de sus inmensos “acuíferos de información”. Lo que sigue en este apartado es un intento por hacerlo, rastreando la huella biológica desde la dispersión que la misma sufre en la naturaleza, al menos en aquella donde aun puede perderse su esencia física y material<sup>38</sup>. Y que también puede involucrar las huellas de seres humanos sobre los mismos, en distinto grado de intensidad y forma.

---

llegada, aunque sólo sea el nuestro, un trabajo que perfile tal propósito mediante una escueta y modesta aproximación, que aun así podrá ser la base de estudios más complejos y fidedignos de la realidad de las primeras sociedades canarias.

<sup>35</sup> Sin desmerecer todo el pensamiento que durante la antigüedad se tiene de las mismas, pero hablo aquí en un sentido más biológico que geográfico, más de entidad natural *innominada* que de elemento inserto en idearios geográfico-míticos sin aun conocimiento empírico real.

<sup>36</sup> Haciendo referencia a la complementariedad de los recursos silvestres para con los introducidos.

<sup>37</sup> ¿Cuál lo ha sido y cual lo es?.

<sup>38</sup> La enormidad del tiempo en los procesos geológicos ya fue planteada como una necesidad —para entender *El Origen de las Especies*— por su propio autor, un Charles Darwin embargado por los postulados de Ch. Lyell sobre los procesos de denudación y depósito de los materiales geológicos en la naturaleza. En esa enormidad real, manifiestamente ignorada por el individuo —en su breve pero obcecada percepción de

### Conocimiento del estudio de materiales glaciares para su aplicación en procesos paleoambientales de Canarias.

Con todo ello, el análisis de una escueta selección de muestras procedentes de varias zonas de Noruega buscaba comparar —con el estudio de materiales de procedencia glacial y periglacial— algunas de sus características, como su granulometría y haciendo hincapié en su contenido microfósil. Uno y otro, textura propia de un ambiente de clima riguroso (semejante al de periodos glaciares) y restos de plantas que pudieron medrar en esos ambientes, un día instalados por milenios sobre amplias extensiones europeas, son comparados con materiales edáficos y geológicos de Las Cañadas del Teide. Zona donde existen indicios de condiciones periglaciares relictas, que pueden mostrarnos la poco conocida repercusión de los procesos glaciares e interglaciares en Canarias.

Pero parte de ese conocimiento debía ir dirigido, también en mi opinión, a conocer en lo posible cómo era el paleoambiente antes de la llegada de grupos humanos a la alta montaña de Tenerife<sup>39</sup>. Partiendo de la premisa de que las condiciones climáticas de entonces fueron suficientemente propicias para su ocupación y explotación por generaciones. Pero también el resultado de otras anteriores que generaron una serie de recursos fundamentales en ese proceso. Indudablemente esas potencialidades climáticas y medioambientales fueron analizadas desde la perspectiva de bagajes tecnológicos y socioeconómicos concretos, que experimentaron con el espacio, sus fuentes, sus plantas, sus suelos, sus rocas, hasta conseguir entenderlos como su territorio, percibido como unos lugares gradualmente sometidos a una explotación sistemática, insertos en la estructura socioeconómica de las comunidades prehistóricas de Tenerife.

---

la existencia humana— muy probablemente podrán diluirse acontecimientos y celebraciones, eventos traumáticos y alegrías. Pero parte de esa enormidad puede seguirse y entenderse aplicando las posibilidades de obtener conocimiento actuales, en ellas la Prehistoria —humana y natural— porque tampoco aquí parece oportuno seguir planteamientos puristas, a la hora de explicar nuestra existencia desde un único apartado científico. Y es que Darwin ya prestaba suma importancia a las formaciones sedimentarias, sobre todo las que atañen a depósitos derivados de edades pasadas y que él estimaba que procedían de procesos sedimentarios mucho más importantes que los actuales. En un párrafo de su obra (1989, versión de 2002:320) observa: *"Es una excelente lección reflexionar acerca de la comprobada e importante migración de los habitantes de Europa durante la época glacial, que forma tan sólo una parte de un período geológico; y reflexionar también, en los grandes cambios de clima y el enorme lapso de tiempo transcurrido, todo ello comprendido dentro de un mismo tiempo glacial."* Sin embargo, Darwin entiende la dificultad para hallar el rastro fósil de toda la secuencia en un mismo lugar, entre otras cosas por los propios procesos que modifican los paquetes sedimentarios. Y como él mismo comenta, con respecto al geólogo del futuro, *las interpretaciones tendrán que ver con las características del sustrato que éste estudia, debiendo fijarse, detenidamente, en su situación, para no malinterpretar los que en su momento le tocará hacer, si quiere entender la sucesión de los seres vivos actuales en el depósito que ocuparemos...en nuestro futuro.*

<sup>39</sup> Y obviamente en lo posible, como he ejemplificado con el estudio de los materiales edáficos y arqueológicos del Valle de Chafarí.

Si bien las Islas Canarias se mantuvieron afectadas de forma desigual por los rigores de las glaciaciones cuaternarias existen evidencias, especialmente en áreas de la alta montaña, que presentan rasgos geomorfológicos propios de procesos periglaciares (Martínez & Quirantes, 1981; entre otros). Hemos entendido que un estudio que aportase información a dichos procesos climáticos en el ámbito de las Islas Canarias permitiría, a su vez, evaluar la posterior percepción del ambiente natural por parte de las poblaciones que llegaran a la zona, en momentos –para nosotros– aun imprecisos, hacia la segunda mitad del I Milenio a.C. Si tenemos en cuenta que la ocupación y explotación de alta montaña tinerfeña tendrá fines definidos en lo económico, las Cañadas del Teide suponen un ingente territorio con potenciales recursos de gran valor para las culturas aborígenes.

Aunque parece complejo –y ciertamente lo es– indagar en las condiciones climáticas de época aborígen y cómo fueron los periodos reales de ocupación de Las Cañadas, en relación con la climatología de la misma, lo cierto es que en términos paleoambientales las potencialidades y limitaciones del medio ambiente de acogida también son consecuencia directa de los procesos naturales acaecidos en la zona. Por ello la evaluación del ambiente que los guanches debieron disfrutar y/o sufrir tampoco supone una lectura fácil, salvo que se emprendan trabajos arqueológicos interdisciplinarios suficientemente complejos como para asumirlas. En ese sentido debe tomarse en consideración los resultados existentes en materia arqueobotánica, ya que desde ellos se han realizado las primeras lecturas sobre el contexto vegetal de la zona de Chafarí, en una secuencia cronológica bien delimitada (Machado y Galván, 1997).

Partiendo de la base de que no hay recursos sin una estrategia de explotación que atienda a las peculiaridades de cada lugar que los posea, en Las Cañadas poco sabemos más allá de las evidencias y lecturas aportadas desde la arqueobotánica; en este caso por la antracología (Machado y Galván, 1997) sobre las plantas empleadas como combustible. Además de la certeza –no confirmada arqueológicamente– de que el abastecimiento de agua, por más que desconozcamos sus pormenores, fue fundamental para la permanencia –con uno u otro fin– en la zona (Diego, 1968; Hernández, 2006; entre otros), **Figura 742**. Desde un análisis de microfósiles vegetales, las lecturas sin embargo deben ir más allá, proponiendo un modelo de reconstrucción paleoambiental que observe primeramente el medio ambiente con sus posibilidades y limitaciones, pasando luego a inferir cómo comienza a ser explotado antrópicamente. La definición de ese momento de transición y cambio, el que contempla el paso de un ecosistema no-anthropizado al de una estrategia antrópica y definida, que comienza a incorporarlo a su esquema de funcionamiento interno, son cuestiones que para el análisis microfósil en concreto y microarqueológico en general resultan fundamentales de abordar.

Por el momento, para el caso de Las Cañadas, solamente disponemos de la información proporcionada por Machado & Galván (1998) y Machado (1999), donde se proponen cambios sustanciales en la vegetación por intervención humana. Pero este planteamiento, dado los límites impuestos por los procesos postdeposicionales sufridos por sedimentos y suelos de la zona del Valle de Chafarí, y en general en Las Cañadas, aun debe ser complementado con nuevos datos y lecturas arqueobotánicas y geomorfológicas. En este sentido,



el estudio de suelos de la zona podría permitirnos dotarnos de esa información, por ello se han realizado muestreos selectivos con el fin de conocer las características, microscópicas y texturales, de los mismos así como comprobar la validez de esta vía de investigación en el estudio del funcionamiento paleoambiental del área de actuación.



**Figura 742**, Formación de una “mareta” en el Llano de Ucanca, bajo las condiciones atmosféricas generadas por un frente atlántico del SW. La cantidad de agua depositada durante estos episodios puede llegar a ser tan importante como transformar el paisaje y el ambiente. Diciembre 2011. J.A.

Este apartado, totalmente basado en hipótesis de trabajo de naturaleza arqueológica y de búsqueda de respuestas sobre la Prehistoria de los habitantes de Tenerife, pretende ser un avance complementario, a otros estudios en curso, siguiendo una vía experimental que ha permitido el desarrollo de buena parte de esta tesis. Los datos aportados por las primeras analíticas realizadas, han permitido vislumbrar la posibilidad de ofrecer nuevas interpretaciones sobre la vida de los guanches en el territorio de Las Cañadas, aunque son datos complejos que deben aun ser entrelazados, parece probable que las condiciones climáticas templadas del Holoceno canario hayan propiciado la ocupación de la zona.

#### **El estudio comparativo de sedimentos de montaña y glaciares.**

##### **La flora y el ambiente postglacial de Noruega.**

Los paisajes que hoy observamos en Noruega, al menos los situados hasta una latitud de 62° 18.941 N (Dovre National Park) como máxima alcanzada en las observaciones de campo realizadas<sup>40</sup>, son muy diferentes a los existentes hace 20.000 años, cuando toda la Península Escandinava se encontraba bajo grandes masas de hielo. Por entonces el Mar del Norte era sólo una extensión seca de tundra, surcada por grandes y sinuosos ríos, zonas pantanosas y tierras arenosas (Ryvarden, 2006). Pero posteriormente, tras una gradual

<sup>40</sup> Otoño de 2005.

atemperación del clima, se producirá un proceso de inmigración vegetal y animal de clima frío, que se detiene hace unos 6.000 años, en lo que se denomina periodo cálido postglacial. Lo que ocurre entonces es un espectacular desarrollo del bosque de abedules (*Betula* sp.) y pinos (*Pinus* sp.) en las zonas altas, mientras que en las más bajas se extenderá el de roble (*Quercus* sp.), como es común en Europa central. Igualmente se extienden – como primocolonizadoras– *Saxifraga* y *Epilobium*, ya representadas durante el pleistoceno en las zonas periglaciares, pero que en época postglacial experimentarán un notable desarrollo (Fickert *at al.*, 2007).

En palabras de L. Ryvarde<sup>41</sup> a partir de entonces la flora y fauna de montaña quedarán aisladas en las cumbres más altas, mientras que Noruega se convertirá en un país forestal. Pero un nuevo cambio climático se producirá tras 2.500 años, cuando el periodo cálido será sustituido gradualmente por una nueva etapa de clima frío. Efectivamente, en torno al cambio de Era ese enfriamiento gradual se impondrá hasta alcanzar, hace varios siglos, un clima similar al de la Noruega actual. De este modo se producirá una notable reducción del bosque y de nuevo la flora y fauna de montaña se expandirán hacia cotas más bajas. Será el momento del abeto (*Abies comunis*), que aun en la actualidad parece seguir su expansión por toda la Península Escandinava.

Por el contrario, especies como el pino y las de hoja caduca sufrirán un proceso de regresión, o se limitarán a aquellas zonas donde el frío era intenso aun. Es el caso del grupo formado por el abedul, el serbal, el aliso y el álamo, cuya fortaleza al frío les permite incluso hacer madurar sus semillas en veranos breves y fríos. Una cualidad que sin duda les hizo medrar en las épocas de enfriamiento radical del clima (glaciaciones), donde fue más determinante la paulatina sucesión de veranos cada vez más breves y fríos que la intensificación de estos últimos en periodos invernales (Labeyre, 2002).

Según Ryvarde (2006) tal característica será la que permitirá a dicho conjunto vegetal poblar aun la extensa zona que abarca desde Trondheim (Noruega Central) hasta Cabo Norte<sup>42</sup>. De mantenerse el proceso de calentamiento zonal actual, éste provocaría una gradual extensión del bosque de abeto en detrimento de los de pino y hoja caduca. Durante las observaciones de campo realizadas, principalmente en zonas de ambiente glacial y periglacial noruegas, pudimos comprobar no sólo la notable reducción de las lenguas glaciares, con respecto a los valles donde se alojaron por miles de años, sino la relativa rápida colonización vegetal de las morrenas laterales, comenzando desde el mismo cauce del desagüe glacial, con extensión hacia toda zona donde se acumulen sedimentos o suelos incipientes (Figura 743).

---

<sup>41</sup> Catedrático del Departamento de Botánica, Instituto de Biología, Universidad de Oslo, Comunicaciones en la Red.

<sup>42</sup> Zona más septentrional de Noruega.



**Figura 743,** Colonización vegetal de las morrenas laterales y escarpes del valle y glaciar de Briksdal. J.A.

Sin embargo, pese a que el grupo del abedul, el serbal y primocolonizadores como *Saxifraga* y *Epilobium* protagonizan dicha colonización, en las observaciones de campo en el glaciar de Kjenndal pudimos observar que el grupo que les precede, en el ambiente menos propicio para el arraigo vegetal, puede ser el las gramíneas. Efectivamente, pudo comprobarse el crecimiento de ejemplares aislados, similares a los del género *Agrostis* sp., en los mismos derrubios laterales del valle del glaciar de Kjenndal. Desarrollándose en la misma zona donde el sustrato aparentemente es pura roca socavada por el efecto del hielo, con la acumulación de muy escasos centímetros de fracciones finas, en lo que podrían ser formas incipientes de suelos postglaciares actuales<sup>43</sup>. En estas zonas, donde el retroceso de la masa glacial se constata año tras año de forma exponencial, se produce —de forma paralela— un aumento de los sedimentos en suspensión<sup>44</sup>, proceso que se multiplica valle abajo y que parece indicar —de

<sup>43</sup> En ese aspecto, en esa pregunta y cuestión del agente primocolonizador, de qué es primero la planta o el sustrato, parece claro que la una no puede ir sin el otro. Las gramíneas en este caso se desarrollan en un mínimo sustrato, que le aporta lo necesario para su existencia en tales —para nosotros— precarias condiciones ambientales. La lectura es clara, ese mínimo sustrato ofrece lo que la planta empleará y potenciará, con su presencia, para que la colonización vegetal y el desarrollo edáfico se produzca, un mecanismo efectivo y diverso que se produce en cada contexto ambiental de la naturaleza e incluso de los espacios urbanos (Dr. J. Notario, 2011, Com. Pers.).

<sup>44</sup> Efectivamente, el aumento de la tasa de sedimentos en suspensión y depósito en las cuencas bajas de los valles glaciares noruegos se encuentra relacionado con el rápido

confirmarse las predicciones basadas en ambos procesos— que la mayoría de glaciares noruegos habrán desaparecido para 2100 (Bogen, 2008).

### **Noruega: una oportunidad experimental antes del verano global europeo.**

Si entendemos que los materiales sedimentados —en distintos tipos de cuencas— son consecuencia directa de las condiciones ambientales imperantes, a lo largo del tiempo en un lugar, podemos por tanto conocerlos por algunas de sus características intrínsecas actuales, como los datos aportados por su textura, pero sobre todo del registro microfósil asociado a la misma. Por ello se localizaron zonas del interior de Noruega con aportes sedimentarios, como los de riberas de ríos y arroyos, pero especialmente los de canales de desagüe de glaciares, pertenecientes a una de las zonas europeas donde aun se conservan —en franca y rápida regresión—, condiciones ambientales glaciales y periglaciares, aunque obviamente a una escala más reducida que la existente en los momentos álgidos de las glaciaciones europeas.

Efectivamente, en algunos macizos de Noruega central se mantienen en la actualidad casquetes glaciares considerados los de mayor extensión de la zona nórdica, caso del *Jostedaljbrean*. Algunas de sus lenguas glaciares aun invaden, de forma muy residual, el fondo de los valles, que precisamente deben su geomorfología a las enormes masas de hielo que los ocuparon en su desplazamiento hasta el mar. En varios de ellos, como ocurre en el de mayor afluencia de visitantes —por su fácil aproximación— conocido como *Briksdalbreen Glacier*<sup>45</sup> es posible observar aun parte del mismo en sentido horizontal al valle, hecho que también puede comprobarse en el que ocupa el valle de Kjenndal. Especialmente en el primero de ellos pueden observarse las morrenas laterales y frontal, que jalonan una pequeña depresión donde se remansa el caudal derivado del deshielo de la masa del glacial, antes de discurrir valle abajo dando pie a numerosos saltos de agua.

En los dos ejemplos (Briksdal y Kjenndal) prospectados y muestreados las condiciones de frío intenso son acusadas<sup>46</sup>, aunque moderadas por el rápido retroceso de las lenguas de hielo. La imagen que presentan estos glaciares actualmente, así como los materiales producto de su avance y retroceso, como los valles que van abandonando paulatinamente, suponen la derivación de los cambios ambientales acontecidos durante el Holoceno. Aunque con álgidos fríos recientes, cuando se produjo el avance de glaciares como los alpinos y escandinavos, durante el periodo conocido como “Pequeña Edad del Hielo” (*Little Ice Age*) que afectará ya a las poblaciones medievales, y especialmente desde mediados del siglo XV, con otros eventos posteriores menos duraderos, hasta mediados del siglo XIX. Desde 1900 hasta la década actual (2009), el retroceso de las masas glaciares noruegas es una constante, estimándose su desaparición hacia el año 2100 y cambios asociados, al masivo

---

proceso de derretimiento de las masas heladas, generando abundantes escorrentías que arrastran los sedimentos depositados en las zonas altas.

<sup>45</sup> Condado de *Sogn og Fjordane*, Noruega central.

<sup>46</sup> En los rasgos microclimáticos de la zona cercana a la masa de hielo predominan las bajas temperaturas y moderados a fuertes vientos. Condiciones aun poco propicias para plantas de moderado desarrollo vertical.

aporte de sedimentos glaciares a las corrientes fluviales, aun por evaluar (Bogen, 2008).

Los glaciares que ocupan los valles de Briksdal y Kjenndal son lenguas pertenecientes al glaciar de Jostedal, y parte del casquete glacial más importante de la Europa del norte. Las condiciones actuales son de claro retroceso de dichas lenguas, que van finalizando su extensión en sentido horizontal en ambos valles y comienzan a adquirir un sentido más vertical, de desplazamiento pared arriba y situándose —de forma residual— en el fondo de dichos valles. A nivel biogeográfico se aprecia —con dicho retroceso— el proceso que acertadamente describe Mauseth (2003) cuando la lengua glaciar deja tras de sí grandes masas de escombros, arenas y bloques. Se trata éste de un suelo pobre, pedregoso, sin humus y con escasa disponibilidad de nutrientes, que aun así son colonizados —para el caso de Mt. Rainer National Park (Washington, USA)— por especies pioneras, como la rosácea *Dryas octopetala*. Aunque en el caso de Noruega no fue identificada tal especie —en el transcurso de los muestreos— aparece citada, como presente, en la zona norte del país (Islas Svalbard) y otras.

De *D. octopetala* conocemos su valor paleobotánico —y en especial el de su polen— como indicador de periodos climáticos muy fríos, como el que aconteció bruscamente (en términos geológicos), tras el calentamiento Bölling-Allerod, hace unos 12.900 años, conocido como «*Younger Dryas*». Se trató éste del último álgido glacial prehistórico en Europa, antes de la moderación climática holocénica, que supuso una nueva expansión de la tundra y la desaparición de bosques que fueron sustituidos por una vegetación incipiente y poco diversa, propia de ambientes extremadamente fríos. En ella, *Dryas octopetala* protagonizará un importante desarrollo, como lo hace actualmente a latitudes más altas, especialmente en zonas del Círculo Polar Ártico, como el norte de Noruega. Aunque también existe en macizos más meridionales, caso del Ben Lawers<sup>47</sup> (sur de las Highlands) donde aun forma parte de la relictiva flora postglacial.

Si bien en Briskdal y Kjenndal no se identificó *Dryas octopetala*, sí que se observó el proceso descrito por Mauseth (2003) al respecto de la colonización gradual de pequeñas plantas, pero esta vez protagonizado por escasos ejemplares de lo que podía ser *Agrostis* sp., aprovechando los mínimos rellenos edáficos entre el caos de bloques, cantos y arenas de la zona final del circo glacial, ocupada aun (septiembre 2005) por una escasa y encajonada masa de hielo (**Figura 745**). Valle abajo es donde se aprecia una clara colonización vegetal de especies caducifolias, como *Betula alba* y perennes como *Sorbus aucuparia*, acompañadas ambas de una serie de especies asociadas como *Lythrum salicaria* L., muy abundante también en Noruega (Auestad *et al.*, 2005; entre otros). Pero son los mencionados y aislados ejemplares de gramíneas los que pasan por ser, en el caso de la lengua del valle de Kjenndal, los últimos ejemplos de flora<sup>48</sup>, que aprovechan mínimos

<sup>47</sup> Una de las montañas conocidas como *Scottish Munros* o picos mayores de 1000 m existentes en los macizos escoceses. Aunque no pudimos localizar la especie en las prospecciones de campo, existía constancia en el Parque de su desarrollo en la zona.

<sup>48</sup> Los últimos indicios, según se asciende desde el valle hasta alcanzar el cauce aun ocupado por la lengua glacial. Pero en realidad son las primeras evidencias de vida

rellenos edáficos, situados entre los canchales inmediatos a la pedregosa aridez que rodea los hielos (**Figura 745**). Tal y como describe Mauseth (2003) el aspecto de un glaciar en retroceso permite observar el sustrato que va dejando —en su retroceso—, que no son otra cosa que masas de escombros y arenas, que se configuran como un suelo extremadamente pobre, obviamente derivado de las duras condiciones ambientales de su gélido pasado. También pudo comprobarse aquí la aseveración de Mauseth (2003) al respecto de la existencia de varias especies vegetales pioneras, colonizando un escueto sustrato, al cual enriquecen y favorecen —con su actividad biológica y física— para permitir la llegada de posteriores especies, vegetales y animales. En este sentido el bosque que va colonizando las áreas medias del valle glacial, presenta rasgos inequívocos de adaptación al clima postglacial actual, como el desarrollo del abeto como principal componente del mismo, que tiende a sustituir a pinos y árboles caducifolios.

No obstante, pueden apreciarse aspectos que, aunque hoy son muy puntuales, sólo son constatables realizando un contacto directo con el ambiente y los materiales generados por el mismo.

Para la labor de recogida de muestras en estas zonas, de sedimentos y vegetación, resulta ideal el ambiente existente en la actualidad ya que, a la vez de tomar contacto con la realidad del ambiente glacial permite la recogida directa de muestras en aquellos lugares donde el hielo ha estado hasta hace escasos años, o donde se ha operado un cambio sustancial, con su retroceso muy anterior, como alude, sobre otros aspectos, la colonización vegetal (**Figura 744**).

Igualmente se tomaron muestras superficiales de zonas de morrena inmediatas a la lengua glacial de Briskdal<sup>49</sup> y de Kjenndal (**Figura 745**). En este último caso, la disposición de los materiales más y menos cercanos al cauce de agua corriente actual, permitió diferenciar dos tipos de sustratos.

Aunque el estado actual de los casquetes glaciares es de franca y rápida regresión, aun pueden apreciarse rasgos climáticos, físicos y biológicos que permiten evaluar, de forma experimental, las condiciones imperantes, con obvias matizaciones en la actualidad, durante los álgidos climáticos del Cuaternario. Las condiciones de frío intenso y denudación de la superficie en materia de cobertura vegetal, además de otros elementos derivados del primero, afectaron a buena parte de Europa y Norteamérica durante distintos períodos, que abarcan un amplio periodo que finaliza gradualmente durante el Holoceno.

---

vegetal en un entorno marcado por la aridez y frío extremos así como la ausencia de todo rasgo de vida macroscópica. Estas pequeñas gramíneas son sin duda el primer síntoma, del irreversible retroceso de los glaciares noruegos, al configurarse como las primeras plantas que colonizan un espacio que va volviéndose apto para el establecimiento de vida vegetal; y por tanto para la progresiva formación de sustratos donde sin duda aparecerán el resto de especies que hoy se observan avanzar valle arriba.

<sup>49</sup> En esta caso las condiciones atmosféricas no permitieron un muestreo meticuloso y amplio, de hecho incluso la recogida de los datos espaciales (Gps) fue comprometida por dichas condiciones, especialmente de intensa lluvia.



**Figura 744**, Ambiente periglacial en la zona de *OldStrynefjell Road*. J.A.

#### **Características de las muestras.**

Las muestras fueron recolectadas, siguiendo el protocolo básico de extracción y almacenado<sup>50</sup>, en varias zonas de Noruega central, en las franjas geográficas comprendidas entre 62° 18.941 y 61° 39.805 de latitud Norte y 009° 34.673 y 004° 59.155 de longitud Este. Los muestreos se realizaron en otoño de 2005, empleando como recipientes el tipo estándar (en esta Tesis) de botes plásticos con tapón de rosca y primer sellado estanco. El muestreo se realizó sobre los primeros centímetros de suelo/sedimento, retirando la capa más superficial, con espátula de suelos; tomando su posición geográfica mediante Gps, cuando las condiciones atmosféricas permitieron un registro aceptable de la misma.

---

<sup>50</sup> Hace referencia al empleo de material descontaminado, botes de 50 ml. con tapa de rosca y precinto de primer sellado, espátula edafológica que igualmente se descontamina con agua destilada y papel secante. Los botes son signados en el exterior y se toman las coordenadas (Gps) del punto.



**Figura 745,** Registro de coordenadas de sedimentos en la zona de desagüe del glaciar de Kjenndal (límite zona de seguridad). F.F<sup>51</sup>.

En total se recogieron una decena de muestras, de las cuales sólo tres corresponden a sedimentos claramente de origen glaciar, tomadas entre 50 y 200 metros del frente de avance de la lengua glaciar actual<sup>52</sup>.

En el caso de Kjenndal, sólo unos centenares de metros más abajo, se observa gran profusión de plántulas jóvenes de abedul y serbal, desarrollándose en los sedimentos del fondo del valle, anteriormente ocupado por la parte más profunda de la lengua glaciar. Conforme se avanza valle abajo, éste aumenta la distancia entre sus laderas, que por lo general son muy escarpadas y marcada verticalidad, pero donde se observa una colonización vegetal muy avanzada (**Figura 746**), especialmente de las especies caducifolias ya mencionadas. Donde ya pueden apreciarse coníferas y

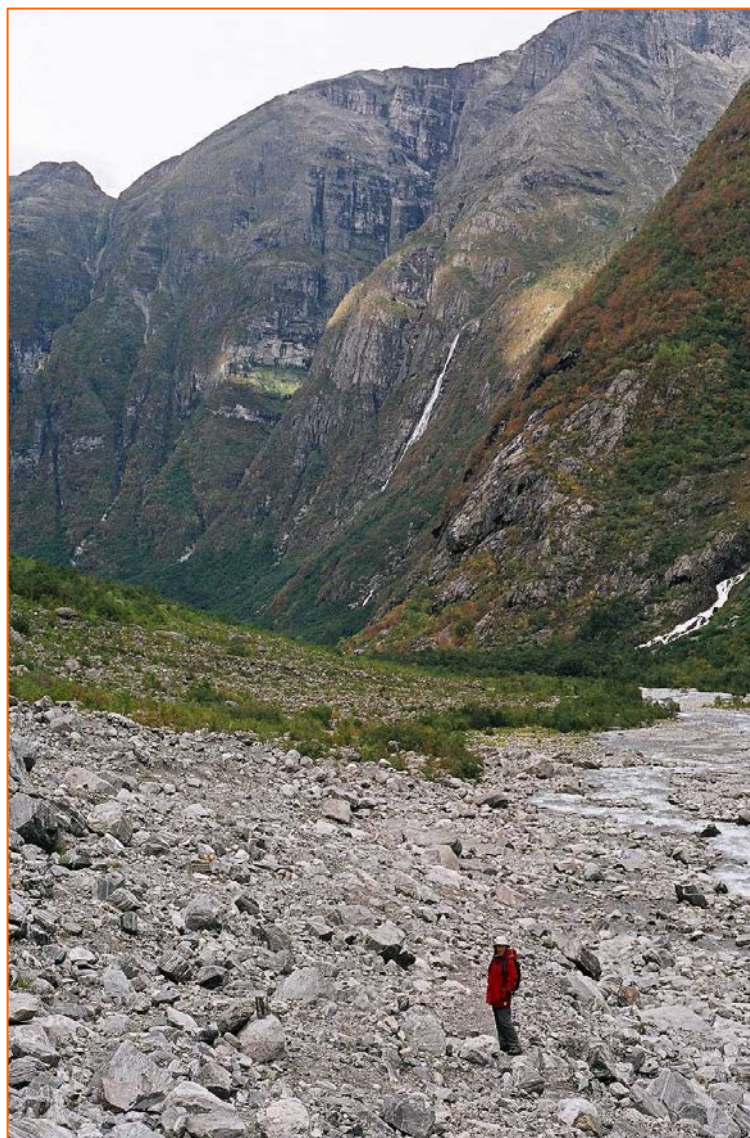
---

<sup>51</sup> Fátima Francos.

<sup>52</sup> En otoño de 2005.



otras gimnospermas, también la abundante *Sorbus scoparia*. Esta proliferación se observa principalmente en el relleno aluvial que forma el fondo del valle, roto solamente en la zona del cauce del río proveniente, en parte, del desagüe de la lengua glacial.



**Figura 746**, Escarpe norte del valle glacial de Kjenndal. Obsérvese la línea de avance de la vegetación con respecto a los derrubios más inmediatos a la lengua glacial. J.A.

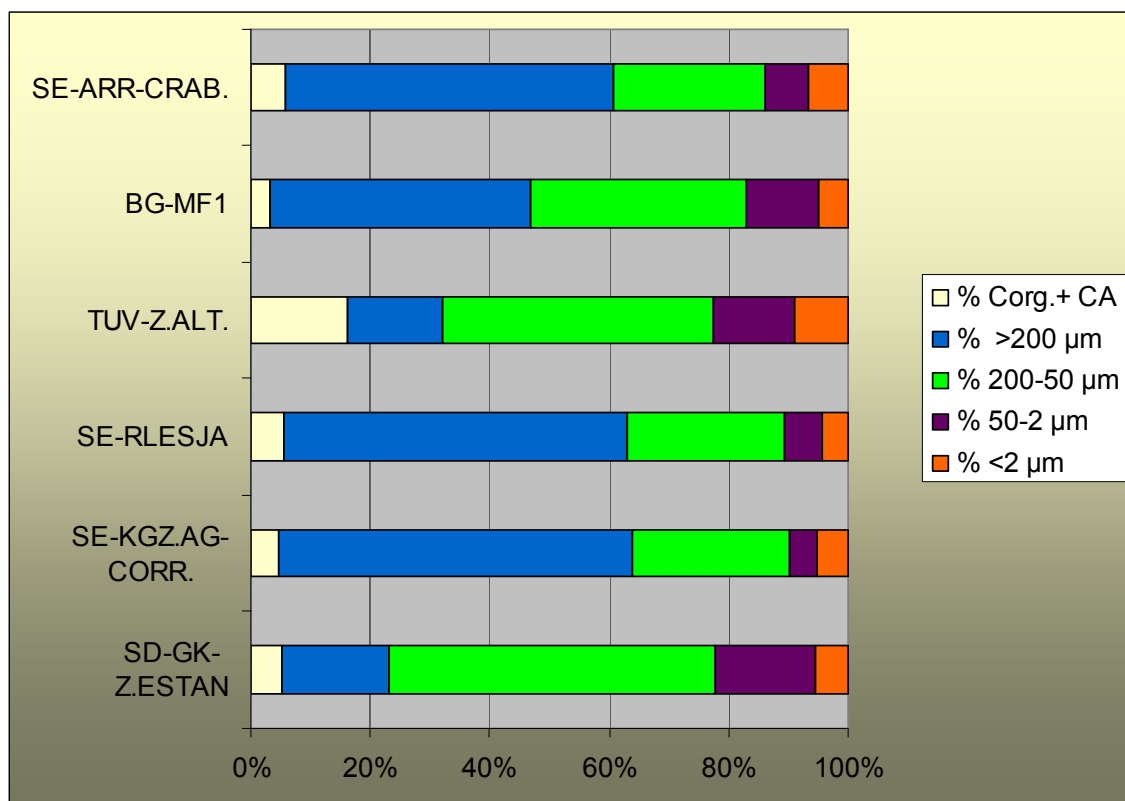
#### **Contenido en materia orgánica y carbonatos.**

Las analíticas realizadas permiten adquirir los primeros datos sobre las características de los sustratos analizados. Los resultados asociados a la pérdida de peso por digestión en reactivos oxidantes ( $H_2O_2+HCl$ ) son muy similares, y básicamente son empleados en la limpieza de la muestra de elementos cementantes. Los resultados de las analíticas confirmaron primeramente una mínima pérdida de peso asociada a la presencia de materia orgánica y carbonatos, aunque no se calcularon sus valores porcentuales por separado. Mientras los valores conjuntos, calculados a partir de la pérdida de

peso tras la digestión química, se sitúan entre un mínimo de 3,23% (sedimento de morrena lateral del Glaciar de Briksdal), en otras se alcanza un máximo de 19,49% (sedimento de charca en altos de Turisvergen). Obviamente la naturaleza de ambas muestras es muy diferente, siendo la última la que mayor actividad biológica presentaba y cuyo entorno favorecía los desechos de la misma. En todo caso se trata de muestras con un contexto biológico muy escaso, al menos de forma macroscópica, dominado por vegetación primocolonizadora basada en gramíneas, hepáticas y en algunos casos, allí donde existe un incipiente desarrollo de suelo, formado básicamente por los rellenos arenoso-limosos de los escalones situados entre bloques caóticos, que han ocupado el paleo-lecho glacial, ocupado por caducifolias (Kjenndal, Briksdal).

#### Sedimentos de morrenas y canales de desagüe de glaciares.

Analizando, por separado, las muestras correspondientes a los depósitos de morrena laterales de los glaciares de Briksdal (BG-MF1) y Kjenndal (SD-GK-Z.ESTAN, SE-KGL.AG-CORR.) se observan algunos datos significativos (**Gráfico 132**). Se trata siempre de sustratos con escaso contenido en materia orgánica (Corg.) y carbonatos, dato que es corroborado por la mínima pérdida de peso observada tras su eliminación por medios químicos.



**Gráfico 132**, Porcentajes de contenidos en materia orgánica (Corg) + CaCO<sub>3</sub> y fracciones granulométricas. J.A.

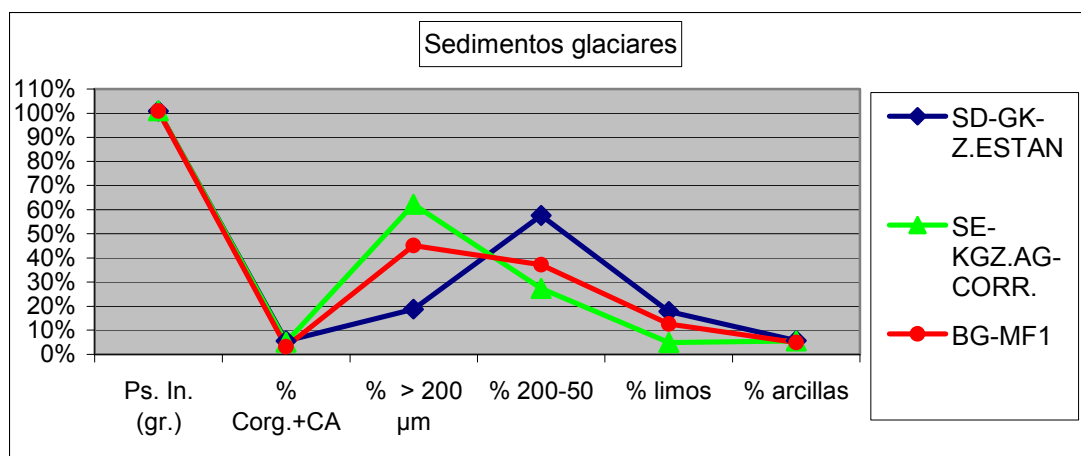
Las diferencias comienzan con la separación granulométrica por fracciones donde se separan, primeramente los contenidos en la fracción de arenas superior a las 200 micras; aquí la zona de agua corriente del glaciar de Kjenndal presenta un porcentaje superior a las otras dos zonas.

La fracción de las arenas situada entre las 200 y 50  $\mu\text{m}$  presenta un máximo en la zona de agua estancada del glaciar de Kjenndal, seguido de la morrena de Briksdal y por último, el peso más bajo, lo presenta la zona de agua corriente de Kjenndal.

La fracción de los limos presenta cierta homogeneidad entre los tres puntos, manteniéndose la disposición mencionada para la fracción anterior. Lo mismo ocurre con la fracción arcillas que se consolida como la fracción menos representada de todas las muestras glaciares. (Gráfico 133). Las semejanzas aquí son mayores en las dos muestras de “morrenas secas”.

En líneas generales se aprecia un notable predominio de la fracción gruesa (>200  $\mu\text{m}$  + arenas 200-50  $\mu\text{m}$ ) con respecto a las fracciones finas, siendo las arcillas la menos representada; sus valores mínimos y máximos se sitúan entre 4,98 y 10,60 %.

Los limos, la fracción más importante por ser la portadora de la mayor concentración de microfósiles y aportar datos sobre posibles procesos de erosión y depósito eólico, sitúan sus valores mínimos y máximos entre 4,87 y 17,90 %.



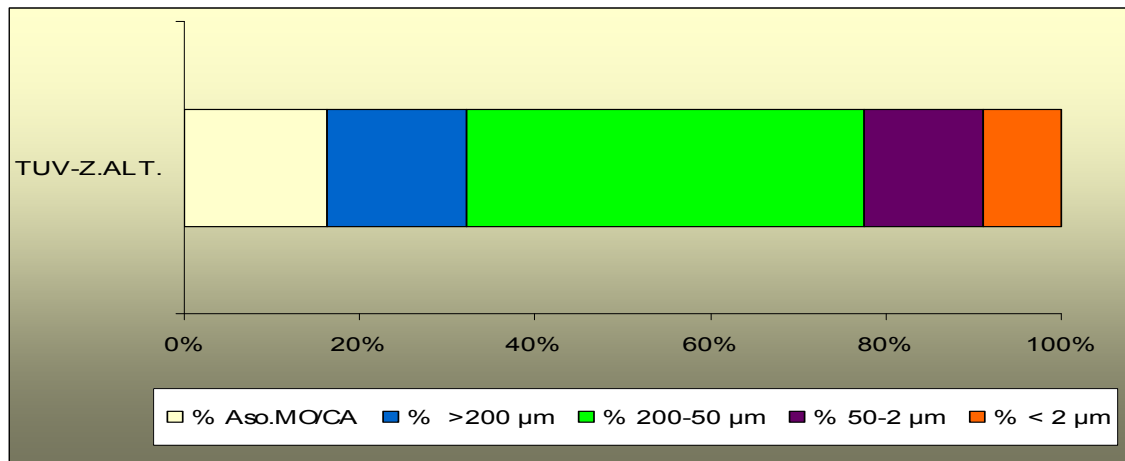
**Gráfico 133.** Curvas acumuladas de tendencias analíticas y granulometría de tres muestras de sedimento glaciar (cauce y morrena).

#### Sedimentos de arroyos, río y charca de montaña de Noruega central.

Las características de estos sedimentos presentan una curiosa similitud, dada la distancia y posibles diferencias zonales que se esperan en dos muestras correspondientes a zonas distantes entre sí. Igualmente se trata de dos corrientes de agua de diferente magnitud, en el primer caso un arroyo de montaña de escaso caudal (arroyo en los altos Cramberg, Stryn) y del Río Lesja, de caudal muy superior. En éste último caso, atraviesa zonas urbanizadas pero de muy escasa –que conozcamos– concentración e impacto antrópico (cabañas aisladas), al hallarse entre las montañas del Dovre<sup>53</sup>.

<sup>53</sup> El Parque Nacional noruego de Dovre-Sunndalsfjella, creado en 2003 en base a la unión y expansión de otros dos antiguos parques nacionales (Dovre y Rondane), se encuentra al este de Noruega, en frontera con Suecia. Se caracteriza por presentar, en gran parte intacta, la vegetación y la fauna autóctona. Siendo muy relevante, y quizás más conocido en la actualidad, por la introducción de bueyes almizcleros (*Obivos moschatus*) en la zona, en un intento por reconstruir la fauna relictica de la misma. La

Los bajos contenidos en materia orgánica (Corg.) y carbonatos son paralelizables a los existentes en los sedimentos glaciares, mientras que la fracción dominante sigue siendo la gruesa (arenas >200  $\mu\text{m}$ ) con un máximo del 60%, la fracción de las arenas 200-50  $\mu\text{m}$  es menor que la anterior, observándose desde ésta una disminución gradual hasta la fracción más fina (<2  $\mu\text{m}$ ). Por su parte la fracción de los limos queda siempre por debajo del 10%, al igual que las arcillas, siendo quizás datos que deban tomarse como indicativos de los tipos de sustratos analizados, propios de ambientes acuáticos y no de suelos aéreos<sup>54</sup>.



**Gráfico 134**, Granulometría del sedimento de charca en altos OldStrynFeld (TUV-Z.Alt.)

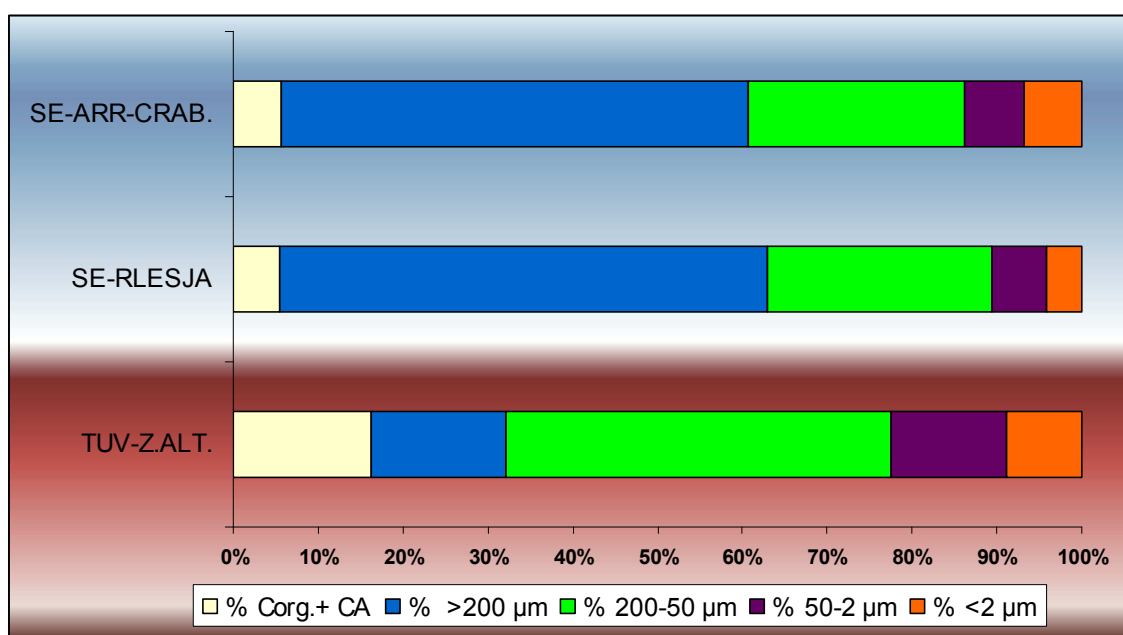
De tal forma que los dos puntos muestreados guardan una tendencia similar y entre ellos destaca –confirmando su desigual naturaleza– el sedimento extraído de una pequeña charca de montaña situada en la zona alta de la antigua carretera de Stryn, en un ambiente de bloques caóticos, neveros estivales residuales y escasa cobertura vegetal, basada ésta en líquenes, briófitos y ejemplares muy aislados de gramíneas (posiblemente *Agrostis* sp.).

En la tendencia de datos aportados por el MCAM comparado, pueden observarse como los valores aportados por el sedimento de esta charca de montaña (**Gráfico 134**), difieren notablemente con respecto a los sedimentos de arroyos, especialmente en cuanto a los contenidos en materia orgánica y textura. Mientras que los sedimentos fluviales contienen mayor porcentaje en la fracción arenas >200  $\mu\text{m}$  y por debajo del 30 % en las arenas 200-50  $\mu\text{m}$ , la tendencia se invierte en esta pequeña charca, donde la fracciones finas dominan sobre la gruesa (**Gráfico 135**).

vegetación local presenta escasos representantes arbóreos, donde destacan el abedul (*Betula pubescens*), el haya (*Fagus sylvatica*) y en menor medida el "serbal de cazadores" *Sorbus scoparia*. Sin embargo, como ocurre con una flora propia de ambiente estepario, ésta presenta gran profusión de especies vegetales de escaso porte, con abundancia de arbustos, hongos y líquenes.

<sup>54</sup> Como se sabe continúa abierto el debate entre edafólogos sobre la consideración de suelos para los sustratos situados bajo el agua, en especial de mares y océanos.

En cuanto a observaciones que atienden al origen de las muestras, se aprecia una neta diferencia entre los sedimentos de ríos con los de origen glacial y periglacial, con la salvedad del punto TUV-Z.ALT (charca de montaña), cuyos valores presentan mayor proporción de materia orgánica y arenas 200-50  $\mu\text{m}$  del conjunto de muestras. De este modo se observa como en las dos muestras de morrenas laterales, que en el caso del glaciar de Kjenndal tiene un mínimo desarrollo con respecto al potente paquete sedimentario que supone la de Briksdal Glacier, se aprecia una escasa representación de la fracción arcilla, que no supera el valor máximo de 5,70 %, y de los limos que sí alcanzan un valor cercano al 20 % (17,90 %), **Gráfico 132**.



**Gráfico 135**, Contenidos porcentuales de materia orgánica y  $\text{CaCO}_3$  y granulometría de varios puntos de arroyo, río y charca de montaña respectivamente. J.A.

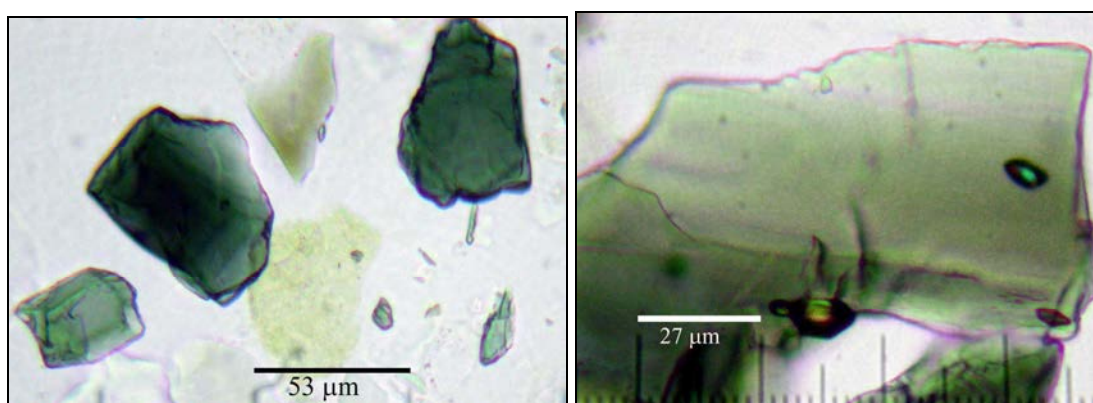
Estos sedimentos, a nivel microscópico, son pocos en información, tanto de fracciones finas —lo cual ya apuntaba la baja proporción de las mismas del granulométrico— como de contenido microfósil. Cabe destacar la especial configuración de las partículas minerales, basadas en morfologías angulares o semiangulares de coloraciones claras, con predominio de los verdes (**Figuras 747 y 748**) y ocre<sup>55</sup>.

Durante las inspecciones microscópicas realizadas no ha sido detectada ninguna silicificación que pudiera corresponderse con alguna tipología de fitolitos.

<sup>55</sup> La constitución geológica de estas zonas responde al predominio de rocas metamórficas e ígneas, en la zona prospectada se observa de forma común la presencia de granitos y gneis, con interesantes afloramientos de minerales blandos, como los de talco verde.

El registro microfósil queda restringido a muy escasas y pequeñas valvas de diatomeas de al menos tres tipos, pero su concentración es de las más bajas registradas dentro del cómputo general de muestras.

Las morfologías bilaterales (pennales) son las únicas detectadas, entre ellas sobresale –por su morfología asimétrica respecto al plano apical, fuertemente incurvada, carencia de rafe y ornamentación continua de estrías– una tipología que podría corresponder al género *Eunotia* sp., con similitudes con las especies *E. jemtlandica* (Fontell) A. Berg (taxón p. 218, Hartley) y *E. praerupta* Ehremberg, sg. Barber & Carter, 1996); e incluso –siguiendo las descripciones de Gaiser & Johansen (2000)– con *E. bidentula* W. Smith. Se observan ligeras variaciones morfométricas con respecto a las mismas y no tanto con respecto a *E. jemtlandica* y que en todo caso también es dulceacuícola (**Figura 754**).



**Figura 747** (Izqda.), Partículas minerales (300x). **Figura 748** (Drcha.), Detalle de partícula mineral de la misma muestra anterior (600x). En fracción total (sin fraccionar y libres de arcillas) de sedimento acuático de charca de montaña (Old Strynfedjell Road). J.A.

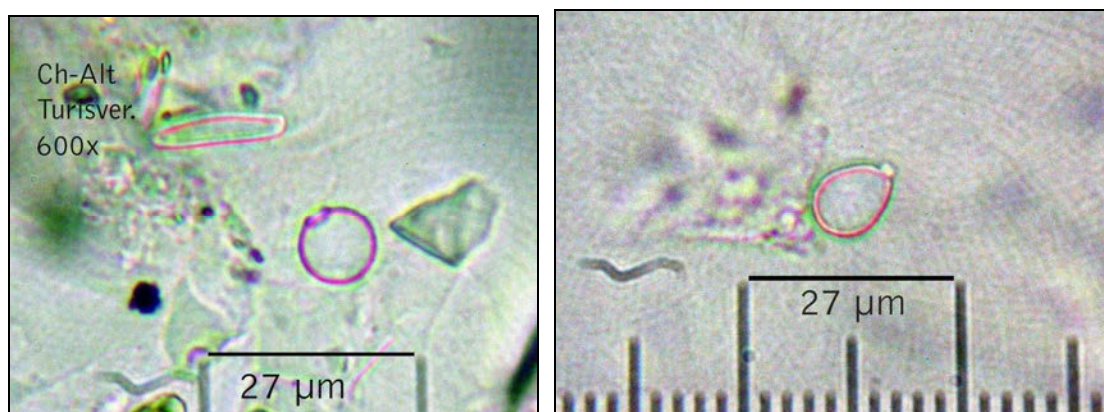
Se trata, en este caso, de una flora algal propia de aguas distróficas, con alto contenido en humus pero bajo en nutrientes y pH<sup>56</sup>. De los datos ecológicos aportados por Gaiser & Johansen (2000), la descripción más acertada, para el taxón de *Eunotia* sp. detectado en la charca de montaña de *Old Strynfedjell Road*, parece ser con *E. praerupta*. Ya que en función de nuestras observaciones de campo se trata de un microhábitat, dadas las dimensiones y profundidad de la charca, y que al igual que citan los mencionados autores para esta especie, presentan escasos centímetros de sedimento y restos de elementos vegetales, en su mayoría provenientes de musgos. Igualmente la profundidad de dicha charca superaba escasamente los 5 cm., frente a los 9 cm. mencionados en dicha obra de referencia. Se detectan otros grupos de diatomeas, aun menos concentrados que el anterior.

Dentro del registro de microalgas, se observan quistes de resistencia de crisofitas de hasta tres tipos, siendo los de tendencia esférica los más

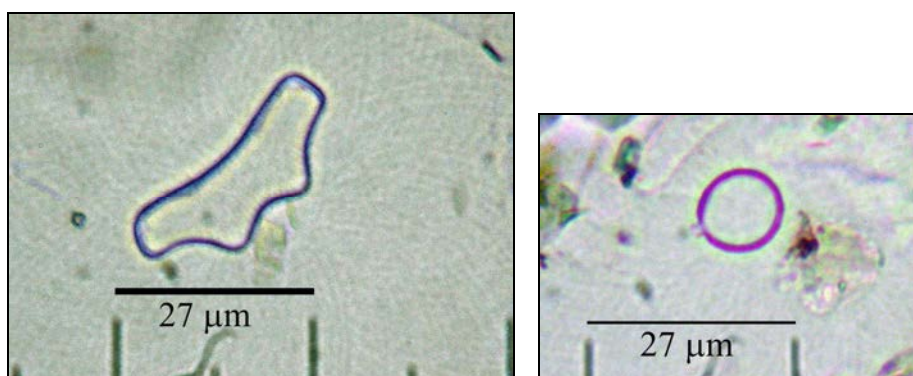
<sup>56</sup> Las analíticas de la muestra correspondiente a la charca en cuestión (altos de *Old Strynfedjell Road*) ofreció los valores más altos en cuanto a contenido en materia orgánica (19,49%), aunque una mínima parte de la pérdida de peso observada, se podría relacionar con contenido en carbonatos.

representados (**Figura 749**), lo que puede ponerse en relación directa con procesos de eutrofización de un medio que, la mayoría del año se encuentra seco o helado. La floración de crisofitas coincide con el corto periodo estival y retroceso del manto nival, la eutrofización del medio junto con la llegada del nuevo otoño-invierno propician que las crisofitas desarrollen sus quistes de resistencia (**Figuras 750-751**).

Estamos ante ejemplos palpables de entornos ambientales muy poco antropizados, al menos en las últimas décadas; eso sí, existe el aspecto deforestador, que aunque en la actualidad se ha ralentizado por efecto de las medidas proteccionistas noruegas, éste debió ser muy intenso y prolongado en el tiempo como para observar, en la actualidad, una escasa cobertura vegetal arbórea en la zona alta de muchos conjuntos de mesetas noruegas (como Stryn y otros municipios del condado de *Sogn og Fjordane*). De resto, la presencia antrópica en las zonas forestales se reduce, al menos en las zonas muestreadas, a ejemplos muy aislados de cabañas, con ocupación intermitente y de constatable bajo impacto ambiental.



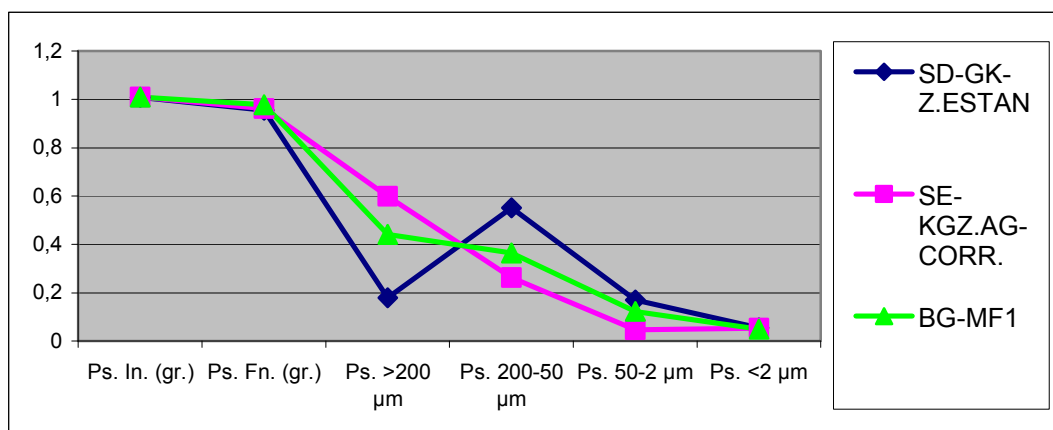
**Figura 749** (Izqda.), Quiste de crisofita esférico con collar simple. **Figura 750** (Drcha.), Quiste elíptico. Ambos en sedimento de charca de montaña, *Old Stryn fedjell Road*. Ambas 600x.



**Figura 751** (Izqda.), Diatomea del género *Eunotia* sp., 600x. **Figura 752** (Drcha.), Quiste de crisofita, 600x.

Quizás de éste motivo derive el que los arroyos y ecosistemas de charcas muestreados de la montaña noruega<sup>57</sup> presenten muy escaso desarrollo de diatomeas, al tratarse de corrientes de agua oligotróficas y acidófilas, con bajo nivel de nutrientes y cuando no, otras de carácter distrófico igualmente pobres, y en todo caso, muy especializada microflora. Puede entenderse que en este tipo de ambientes la flora de diatomeas se reduce a muy concretas especies, que sin duda están relacionadas con las características del agua en cada zona.

Es importante tener en cuenta las condiciones ambientales donde se localizan estas pequeñas pozas, alimentadas en su mayoría por el deshielo primaveral y más probablemente estival. Se trata de zonas inundadas de muy poca profundidad (<20 cm.) y que pueden alcanzar varios metros de extensión, situadas en pequeñas mesetas de ladera donde se ha producido (y se produce) acumulación de fracciones finas y materia orgánica (Gráfico 136).



**Gráfico 136**, Porcentajes de pérdida de peso y fracciones granulométricas.

Durante buena parte del año se encuentran afectadas por la fuerte innivación del macizo montañoso hasta bien entrado el verano, periodo previo a las nevadas otoñales, en el que se convierten en pequeñas reservas biológicas, donde se desarrollan –entre otros organismos– microalgas diatomeas y crisofitas. Igualmente importante es atender al “factor antrópico” y que es prácticamente inexistente en la zona de muestreo, si se exceptúa el posible discurrir actual de caminantes y el impacto de los deportes de invierno. Pero al no existir ningún tipo de infraestructura habitacional en kilómetros a la redonda, y siempre a cotas más bajas, podemos afirmar que se trata de un contexto natural, nada alterado a nivel antrópico y que responde a las características del medio ambiente imperante en la actualidad. De hecho la primera lectura al respecto es que este tipo de

<sup>57</sup> Quizás sea más acertado hablar de mesetas, que es la morfología más habitual de las zonas altas. Sus suaves líneas son el elemento más característico del paisaje, resultado del modelado glacial. Los escasos ejemplos de macizos montañosos, donde puede existir cierto ambiente de montañas escarpadas, tipo alpino, se reducen a la zona del Jostedalbreen, fruto como otras zonas del plegamiento caledoniano (aprox. 400 Ma.).

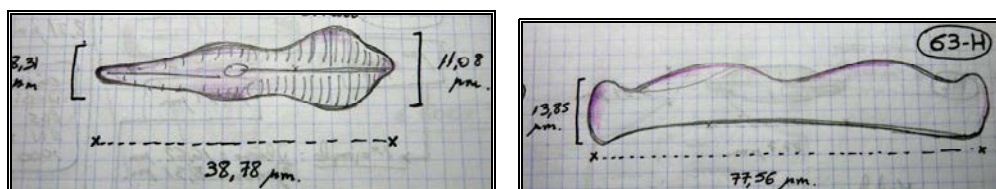


enclaves, donde se va produciendo un gradual acumulo de sedimentos y materia orgánica, responden a condiciones climáticas muy relacionadas con la atemperación del clima actual, que quizás está claramente caracterizada por la prolongación de los veranos y el aumento de la temperatura durante los mismos. Factores que como citan algunos autores (Labeyrie, 2002; entre otros) son los que ocasionaron, a la inversa, la extensión de los glaciares en los álgidos climáticos más fríos del Cuaternario. Sin embargo, la baja productividad del medio acuático que genera la flora microalgal, aun puede considerarse un parámetro indicador de que, pese a que las condiciones actuales pueden estar cambiando, éstas aun mantienen las características propias de un ambiente muy frío, junto con baja diversidad, presencia de plankton y flora muscinal. Indudablemente este tipo de zonas son de vital importancia para conocer la dinámica climática en cada zona, siendo más que recomendable un seguimiento de los parámetros que, como el registro de microalgas, pueden indicarnos la secuencia de la misma en el tiempo.

#### Río Lesja (Dombås, Noruega).

El registro biomineral de esta muestra, perteneciente a las orillas arenosas de río Lesja, se restringe a cuatro tipos de valvas de diatomeas y al menos dos de quistes/estomatocistos de crisofitas, todos en buen estado de conservación como para llevar a cabo estimaciones morfométricas de sus parámetros principales. En todos los casos se trata de valvas de simetría bilateral que corresponden a diatomeas pertenecientes al grupo de las pennadas/pennales. Uno de las localizadas presenta valvas en forma de cuña (*wedge-shaped*, Round *et al.*, 1990) en vista lateral y notable diferencia entre un extremo y otro (**Figura 753**). Esta morfología puede proponerse como perteneciente al género *Gonphonema* sp., al que pertenecen diatomeas que se desarrollan en colonias, unidas al sustrato mediante mucílago ramificados. Se trata de un género muy común de comunidades de agua dulce.

La siguiente morfología, de mayor tamaño y simetría bilateral, presenta valvas asimétricas con respecto al eje apical, fuertemente curvadas y con depresión central, extremos bicapitados. Parece coincidir con una especie perteneciente al género *Eunotia*, al que pertenecen diatomeas restrictivas de agua dulce, abundantes en medios oligotróficos (Round *et al.*, 1990; entre otros), **Figura 754**.



**Figura 753** (Izqda.), Diatomea propuesta para el género *Gonphonema*. **Figura 754** (Drcha.), Diatomea del género *Eunotia*.

#### Sedimentos morrénicos del glaciar de Briksdal.

Las morrenas del glaciar de Briksdal probablemente ocupan buena parte de los laterales del valle modelado por el mismo, aunque más abajo del primer centenar de metros desde la lengua de hielo actual, la colonización vegetal y las húmedas condiciones de la zona actúan como agente acelerador del

cambio paisajístico. Se trata este de un verdadero ambiente periglacial actual, aunque en acelerado proceso de atenuación climática, con igual retroceso de la masa glacial y gradual colonización vegetal en función de la formación de paquetes sedimentarios que son en parte arrastrados valle abajo por la corriente de deshielo.

Algunas de las características minerales de estos sedimentos es la abundancia de partículas anisótropas, colores claros y bordes angulosos. Su naturaleza se encuentra en consonancia con el predominio de rocas metamórficas del entorno, entre las que destacan algunas con alto grado de exfoliación, como la pizarra y el talco.

A nivel microfósil el estudio revela la casi nula presencia de partículas biogénicas, siendo la más habitual la de microfragmentos de carbón, seguida de muy aislados quistes de crisofitas y más aun de valvas de diatomeas. Por el contrario, pero como cabría esperar, la ausencia total de fitolitos confirma la naturaleza del material, donde aun no se ha producido ningún aporte de la vegetación primocolonizadora que cubre ya las zonas donde se ha desarrollado –a partir de los sedimentos del glaciar– incipientes paquetes edáficos (**Figura 755**).

Sin embargo, la presencia de microcarbón contradice tal afirmación, o al menos nos confirma que ha existido un proceso asociado a la quema de vegetación circundante al glaciar, y que incluso aporta una cronología relativa a dicho proceso, ya que lo circunscribe al periodo de ocupación humana de la zona alta del glaciar, donde existe vegetación arbustiva, y arbórea en menor medida, desde hace pocas décadas atrás. En este sentido únicamente podemos referirnos a los estudios sobre las fluctuaciones de la masa glacial en Noruega, que en el caso de Briksdalsbreen se remontan a 1899 y que indican un retroceso acelerado a principios de la década de los 2000 (2002) y muy acentuado a mediados de la misma (Haeberli *et al.*, 2008). De existir un proceso de deforestación antrópica con actividades de quema (carboneras?) en la zona de muestreo –inmediata en apenas un centenar de metros a la masa helada actual–, éste debió producirse en los dos últimos siglos, ya que antes la superficie glacial ocupaba buena parte de la zona transitable actual.

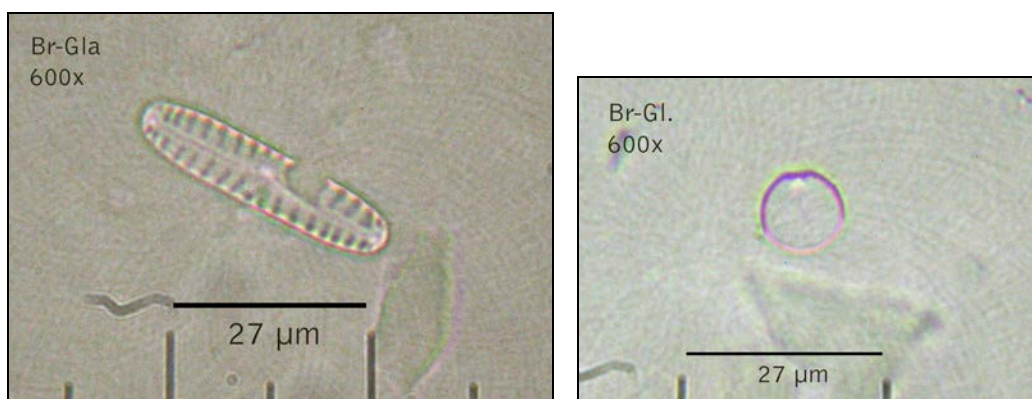


**Figura 755**, Partículas minerales en sedimento morrénico lateral de Briksdal Glacier. 600x.

En todo caso no debe descartarse que tales evidencias de carbón vegetal sean de origen antrópico, por lo cual el estudio de los sedimentos glaciares estaría indicando que en los mismos se contienen aspectos que no sólo denotan su baja productividad, sino también que podríamos estar ante materiales con valor arqueológico. Como ocurre con amplias zonas de Suecia, existe una larga historia de deforestación ligada a la búsqueda de superficie cultivable a corto plazo, práctica a la que se asocia un rápido empobrecimiento de los suelos por pérdida de nutrientes. El proceso en Noruega puede incluso haber tenido secuencias enclavadas en la Prehistoria, ya que existe constancia, en la provincia de *Song og Fjordane*, de explotaciones prehistóricas de mineral de hierro, enclavadas en lo que hoy son extensiones deforestadas de terreno, y que sin duda requirieron de abundantes cantidades de tejidos leñosos para su funcionamiento<sup>58</sup>.

Los grupos microfósiles detectados se clasifican en dos grupos, ambos de microalgas (**Figuras 756-757**). El primero de ellos del tipo de las diatomeas de simetría bilateral o pennadas/pennales y el segundo de los quistes de crisofitas de tipo esférico sin collar (**Figura 757**). En el primer caso encontramos paralelismos con el género *Navicula* sp. y en concreto de *N. hungarica* descrito por Hartley (1996) y Round *et al.* (1990). Se trata de una pequeña diatomea con rafe bien marcado, costillas en baja concentración y nódulos polares ligeramente incurvados.

No se detectan silicificaciones del tipo de fitolitos.



**Figura 756** (Izqda.), Diatomea del género *Navicula* sp.. **Figura 757** (Dcha.), Quiste de crisofita. Ambas en morrena del Glaciar de Briksdal. 600x.

Pese a la manifiesta parquedad de datos del registro de esta muestra, a nivel microfósil, los datos que nos aporta no son en absoluto desdeñables. Y en este sentido cabe señalar la baja productividad biológica de la misma y que sin duda se encuentran relacionados con la propia naturaleza del sustrato, proveniente de la acción erosiva del mecanismo glaciar y donde comienza a percibirse una colonización biológica, por tratarse de materiales

<sup>58</sup> Efectivamente, durante las prospecciones de estas zonas periglaciares (2005) se localizaron enclaves arqueológicos, cercanos a zonas inundadas, donde existían restos de infraestructuras metalúrgicas antiguas, donde uno de los materiales más evidentes eran abundantes restos de escorias metálicas.

muy recientemente expuestos a la atmósfera actual. De ahí que sean las microalgas de los primeros organismos en manifestar la existencia de modificaciones ambientales, que culminarán con la creación —a partir de estos sedimentos— de suelos, así mismo base del desarrollo de organismos vegetales superiores, como ocurre a escasas decenas de metros, en las zonas donde dicho proceso ya se ha producido (**Figura 746**).

Es dicha baja productividad biológica la que funciona aquí como referente a tomar en cuenta, similares a las condiciones imperantes bajo los álgidos climáticos fríos del Cuaternario, que no permitirían —salvo en microhábitat concretos— el desarrollo de organismos, siquiera de los más básicos, como ocurre con las microalgas de valvas y quistes silicificados. Igualmente el binomio diatomeas-crisofitas es aquí una variable a tener en cuenta, pese a que se trate de la concentración más baja de la misma observada en todos los materiales de referencia analizados.

Como ya se ha mencionado, existe un aspecto de cronología relativa que se vuelve sumamente interesante, al permitirnos —de llevarse a cabo un estudio más amplio— aproximarnos al mismo proceso de retroceso glacial en base a la ganancia de componente biogénico de este tipo de materiales sedimentarios. Del mismo modo dicha lectura nos permite incidir en el proceso de calentamiento global asociado al anterior y las repercusiones biológicas derivadas de ambos.

Y por lo demás, se trata de aspectos que ratifican la idoneidad del análisis del tipo *training sets* en localizaciones muy dispares, para contar no sólo con una perspectiva de referencia con respecto a determinados grupos de microfósiles, sino para obtener la primera impresión sobre las características biológicas y sedimentarias de una determinada zona biogeográfica. Sin duda la muestra del glaciar del Briksdal guarda, en su extrema parquedad de datos, claves fundamentales para el estudio que hemos realizado a nivel experimental, en especial sobre los materiales que deben informarnos sobre las particularidades de un sedimento propio de las condiciones imperantes bajo un clima glacial y de glaciares.

### **Sedimentos glaciares y materiales geológicos de Las Cañadas del Teide: ¿la conexión Canarias-Álgidos cuaternarios?**

El interés por comparar muestras procedentes de contextos muy dispares —y en principio radicalmente diferentes— como los de la alta montaña tinerfeña con su homónima noruega, parte de la posibilidad de detectar similitudes en cuanto al rastro —de dichas condiciones— dejado en materiales como los sedimentos de zonas húmedas y/o acuáticas. Pero sobre todo interesaba comparar los resultados obtenidos con materiales de zonas glaciares con el denominado lahar/surge localizado en varias zonas de las laderas de Pico Viejo, Barranco de La Arena y Valle de Chafarí.

Se trata en todo caso de un ejercicio eminentemente experimental, derivado de la práctica ya citada de llevar a cabo —con fines micropaleontológicos— muestreos superficiales de sedimentos para evaluar su registro microfósil, y en concreto de microalgas silíceas, y que Sandgren *et al.* (1995) definieran como *training sets*. Y por tanto sus resultados son únicamente una aproximación basada en el estudio y comparación de un conjunto muestral muy limitado. Que no obstante permite, al menos en el

caso microfósil, detectar la presencia de determinados tipos de los mismos y comparar, en base a su reconocimiento taxonómico básico, su presencia o ausencia en contextos ambientales similares, en especial los de alta montaña.

Finalmente, el objetivo de conocer una característica física como la granulometría de estos materiales, pesó finalmente sobre las analíticas, al permitirnos la posibilidad de conjugar la información de microfósiles de flora de clima extremo con los sustratos donde arraigaron, derivados estos igualmente de etapas con ese tipo de clima.

Como ya se ha explicitado, las mismas siguen objetivos muy marcados, basados en la búsqueda de conocimiento experimental, práctica que opera un tanto a costa de los fines interpretativos propios de una disciplina social como la Arqueología, pero sin duda necesarios para abordar —tras contar con datos e impresiones consistentes— preguntas concretas sobre aspectos paleoambientales y arqueobotánicos específicos. La hipótesis de partida siempre ha sido una muy clara: la ocupación de Las Cañadas del Teide por parte de grupos humanos se produce —minimizando por nuestra parte cualquier tendencia de corte determinista ambiental— por la confluencia de una necesidad económico-social y la de un ambiente natural con recursos sobre los que se desarrollan estrategias de explotación invasivas, que en algunos casos ponen al límite a la capacidad de perdurabilidad del ecosistema de alta montaña de Tenerife<sup>59</sup>. Y dado que el aspecto económico está siendo tratado con suficiente complejidad como para permitir ampliar la importancia del recurso vegetal al de aprovisionamiento de una materia prima tan exclusiva como la obsidiana (Hernández, 2006), la profundización en el apartado medioambiental —ya tratado en trabajos arqueobotánicos anteriores—, nos parecía aun abordable desde la ampliación de la metodología de estudio, basada en la de microfósiles vegetales y estos en conjunción con la de suelos y sedimentos zonales.

#### **Los datos comparativos: sedimentos glaciares y materiales freatomagmáticos**

Sin duda uno de los aspectos relevantes en este estudio experimental, sea la similitud de los contenidos en fracciones granulométricas entre las muestras correspondientes al lahar de la zona del Barranco de La Arena con las provenientes de la morrena frontal del Glaciar de Briksdal (**Gráfico 137**), y menos con los sedimentos de desagüe del de Kjenndal. La curva analítica guarda especiales similitudes en cuando las fracciones gruesas y finas, siendo únicamente superior —el material de lahar— en contenidos de materia orgánica y carbonatos, siendo éste último parámetro el que sin duda marca la diferencia con respecto a la muestra de sedimento glaciar<sup>60</sup>. Aunque como

---

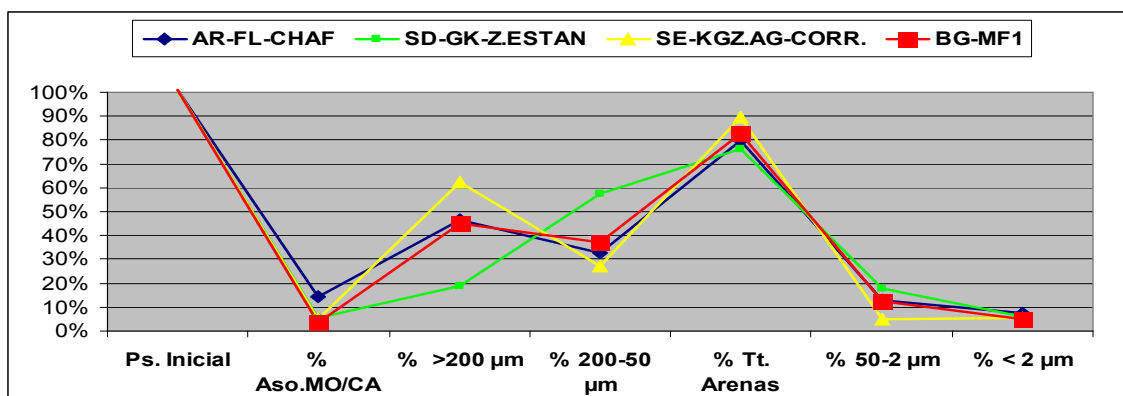
<sup>59</sup> Generalizando sobre el desarrollado por encima de los 2.000 m.s.n.m., que como se sabe consta de numerosos microclimas propiciados, en el caso de la vegetación, por la altura, las condiciones del sustrato y la presencia de agua.

<sup>60</sup> Debe tomarse en cuenta aquí que la muestra de lahar analizada estaba muy cercana a sustratos edáficos con desarrollo vegetal, donde el parámetro de la materia orgánica será siempre superior al de un material como la morrena sujeta a comparación, donde no existía ningún tipo de vegetal macroscópico en su superficie, cuya apariencia —pese a presentar una textura *de visu* muy similar— era “más suelta” que la del lahar. Que

cabría esperar del objetivo analítico de esta tesis, el comparativo microfósil sería clave en la confirmación de una posible vía de enlace entre ambas muestras, pero sin embargo la distancia biogeográfica de las mismas obliga a una moderación en los posibles paralelismos sugeridos.

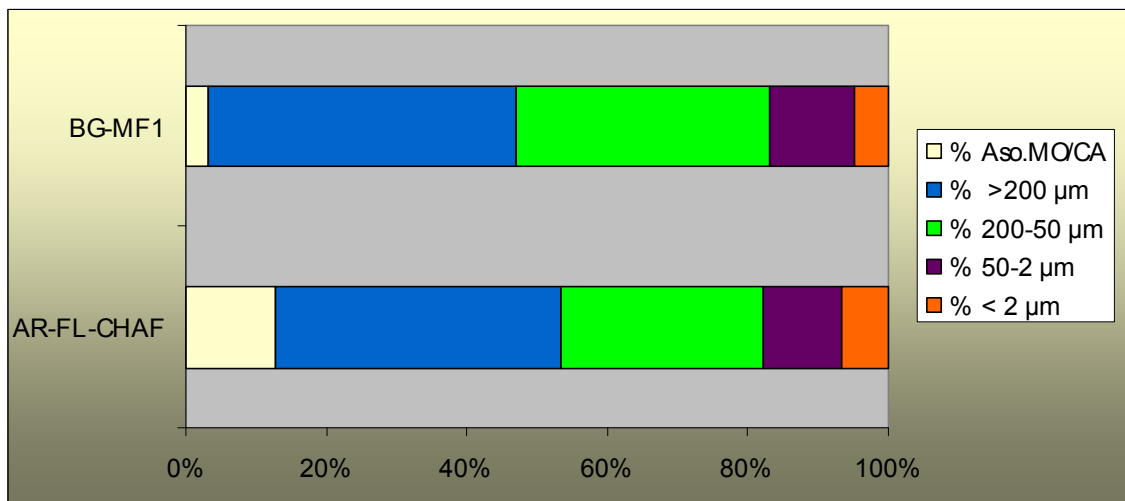
Efectivamente, nos parece más adecuado establecer relaciones edáficas entre ambas muestras que entre su contenido microfósil, ya que los parámetros biológicos sí que serían aquí un factor limitante. No obstante, el ejercicio de comparar ambos conceptos debe considerarse altamente fructífero, al menos a nivel experimental, al aportarnos información sobre el material derivado de las erupciones freatomagmáticas del conjunto Teide-Pico Viejo; sobre todo por ofrecer algunos datos que pueden permitirnos elaborar lecturas paleoambientales de la zona, en concreto de la naturaleza de un sustrato sobre el que pudieron desarrollarse especies vegetales quizás diferentes a la actuales, propias de condiciones climáticas diferentes a las actuales. Efectivamente, las características básicas de ambos sustratos son muy similares, en especial en su contenido en la fracción total de arenas (Gráfico 137).

La observación de la tendencia granulométrica no deja lugar a dudas sobre esta similitud, que nos permite plantear que estamos ante sustratos de similares características, donde destaca el predominio de las arenas totales, que ronda o supera el 80 % de la muestra (Gráfico 138). Dentro de esta fracción dominan las arenas >200  $\mu\text{m}$ , que oscilan entre el 45-30%. Por su parte, las arenas 200-50  $\mu\text{m}$  representan algo más del 30%, mientras que los limos totales (50-2  $\mu\text{m}$ ) lo hacen en torno al 12%. Las arcillas pasan por ser la fracción menos representada, oscilando entre 7,49 y 4,96%. Como puede apreciarse en la gráfica de tendencia (Gráfico 139), las curvas analíticas son muy similares y pese a tratarse de un estudio preliminar, podemos afirmar la importancia de tener en cuentas estos datos con el fin de llevar a cabo otro de mayor complejidad y extensión en ambas zonas geográficas.

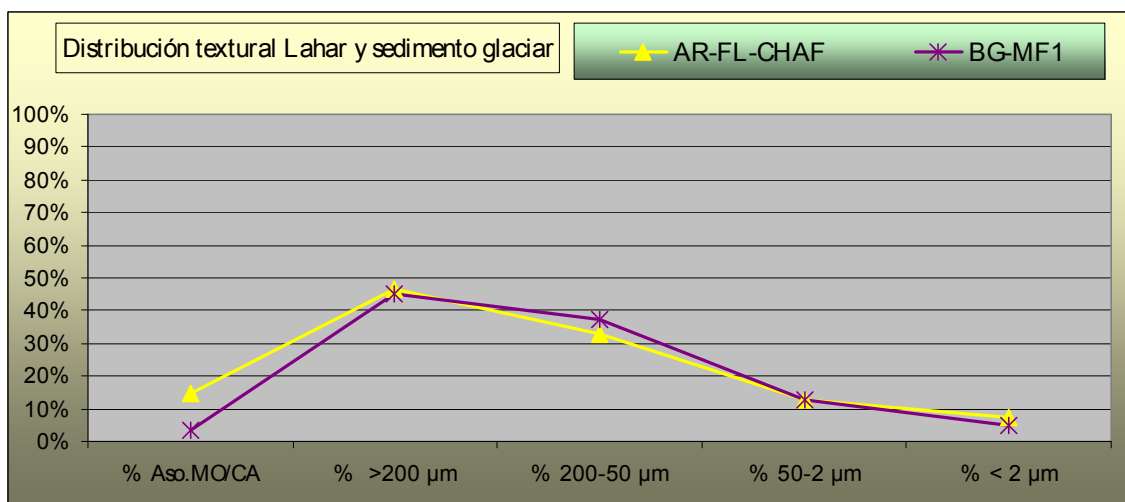


**Gráfico 137**, Curvas acumuladas de las muestras correspondientes al Lahar del Barranco de La Arena (AR-FL-CHAF), con sedimentos glaciares.

en función de las analíticas realizadas presenta valores de  $\text{CaCO}_3$  elevados, parámetro también ausente en las muestras de morrenas.



**Gráfico 138**, % de fracciones granulométricas de ambas muestras. J.A.



**Gráfico 139**, Curvas granulométricas acumuladas complementarias al análisis microfósil. J.A.

El predominio de la fracción arena (en el intervalo  $>200 \mu\text{m}$ - $50 \mu\text{m}$ ) supone una significativa evidencia de la génesis y comportamiento del sustrato de ambas zonas, asociada sin duda a la dinámica de erosión, transporte y acumulación de dicha fracción, y en este caso con la de tipo hídrico. Pero ¿porqué pasar directamente a esta lectura cuando se han propuesto otras asociadas a la de tipo eólico en Las Cañadas del Teide? (Criado *et al.*, 2009). La respuesta la asociamos a un comportamiento diferencial de las fracciones que componen la arena, en especial la integrada por un rango de partículas situado entre 200 y  $50 \mu\text{m}$ , cuya riesgo de erosión puede considerarse alto, al contrario que la integrada por las arenas  $>200 \mu\text{m}$ , donde éste únicamente puede esperarse con la acción de corrientes hídricas de energía variable en intensidad.

En este sentido debe descartarse la naturaleza loésica del sustrato, ya que tanto en la morrena de Briksdal como en el lahar los porcentajes de la fracción limo alcanzan escasamente 10%. De este modo se trata de un

material que no puede vincularse con la erosión eólica y sí a la hídrica, o al menos –en el primero de los casos– no más allá del resultado de la eliminación de parte de la fracción limo y arcilla por efecto del viento. Parámetro éste que concuerda con las lecturas aportadas por los estudios de depósitos arenosos de origen eólico realizados en la zona de Las Cañadas (Criado *et al.*, 2009), que plantea la existencia de procesos formativos y dinámicos de las mismas en base a la presencia de condiciones climáticas más frías que las actuales.

Como se sabe es posible seguir la presencia de los álgidos fríos del Cuaternario precisamente por el efecto contrario, es decir por la generación de polvo fino, en su mayoría perteneciente a la fracción limo, acumulado en vastas regiones de Europa y Norteamérica (Chaline, 1982; entre otros). Aunque sin duda se trata de dos diferentes mecanismos asociados al mismo proceso: el de presencia de masas de hielo que causa un efecto característico de formación de sustratos arenosos en parte arenosos y en parte limosos. No obstante, cabe destacar la dificultad para discernir hasta qué punto los materiales glaciares analizados no han sido afectados por la erosión eólica. Sabemos que las corrientes atmosféricas en el entorno de los glaciares y los materiales que van dejando tras de sí afectan a las partículas más finas, de ahí que sobre todo los limos hayan sido eliminados de su lugar de depósito primario: las morrenas. Algo que probablemente no ocurriera con el material de lahar/surge, fruto de un proceso aun con matices sin resolver.

En todo caso, tanto en las muestras pertenecientes a las morrenas de Briksdal y lahar de Las Cañadas el elemento hídrico debe considerarse fundamental. Aunque el proceso tenga igualmente factores diferenciales que, por una parte el que involucra mecanismos de erosión, transporte y sedimentación glacial y otro de clara naturaleza volcánica. Mediando siempre en la misma el componente hídrico, y probablemente en el caso del lahar de Pico Viejo en estado sólido. Pero ¿estamos verdaderamente ante una prueba de que la erupción freatomagmática, que generó este material, lo hizo afectando una masa de hielo similar a la de un glaciar en este conjunto volcánico?. Sin duda antes de hacerlo deben buscarse más referencias sobre el tema, y en nuestro caso ha sido el registro microfósil existente, ya que de localizar similares aspectos, referentes a plantas terrestres y acuáticas (microalgas) podríamos hipotetizar que efectivamente, las erupciones que formaron el lahar de Pico Viejo, también sobre el Valle de Chafarí, antes de que este fuera ocupado antrópicamente por primera vez, arrastraron materiales arenosos a su paso, tras ocasionar la fusión de determinadas masas de hielo/nieve. Estas serían las que aportaron un volumen de líquido tal como para generar verdaderas olas de lodo arenoso, que se depositaron como capas sobre amplias extensiones del terreno situado bajo las bocas eruptivas. Si esto fuera así, ¿qué significado podría tener en la posterior historia natural y antrópica de la zona?, creo que más que relevante, aunque aun de compleja descripción<sup>61</sup>.

---

<sup>61</sup> Solamente volviendo a los procesos edafogénicos ya citados y que en función de nuestra hipótesis de partida, vincularían al lahar/surge como material parental de los suelos del Barranco de La Arena y Chafarí, la relevancia a nivel paleoambiental ya es un hecho.



Primeramente a nivel paleobotánico, el lahar podría haberse constituido como una trampa de biomineralizaciones fósiles donde, por las altas temperaturas, no deben esperarse palinomorfos, pero sí las anteriores, especialmente las de composición altamente silicificada. Tales biomineralizaciones deberían informarnos de la presencia de una flora diferente a la actual, especialmente en su grado de adaptación al clima. Pero ¿a qué tipo de flora podríamos referirnos?, sin duda la misma a la que aluden Wildpret & Martín (2000) que habría desaparecido como consecuencia de las profundas variaciones, de estructuras y relieve, existentes en el pasado reciente<sup>62</sup> de Las Cañadas del Teide, en las que debe además insertarse las oscilaciones climáticas propias del Cuaternario. En función de tales variaciones, Wildpret & Martín proponen que se trataría de una vegetación desarrollada en un piso biogeográfico con flora endémica, de carácter mediterráneo de alta montaña. En este sentido se tiene en cuenta la relativa joven historia del Edificio Cañadas y zonas aledañas, al que se le asume una fecha de culminación en torno a los 600.000 años (Abdel-Monem *et al.*, 1972).

Los resultados, en cuanto a registros microfósiles, confirman que tanto los materiales procedentes de zonas glaciares y periglaciares como los analizados en las secuencias freatomagmáticas de Las Cañadas son de muy baja concentración y sobre todo de grupos vegetales muy concretos. La presencia de microalgas y de fitolitos de gramíneas en el lahar es muy escasa, en lo cual son muy similares, pero en este último los hay.

A nivel mineral, bajo el microscopio, obviamente las diferencias son acusadas, el lahar presenta alto nivel de silicificaciones, aunque en principio todas de origen mineral, sus rangos de partícula están basados más en las arenas finas y en todo caso limos medios y gruesos que finos, su textura *De visu* ya ofrece una idea de este componente arenoso (**Figura 762**). Pero su complejidad —a nivel microfósil— aun debe ser abordada por otros medios. Quizá un buen ejemplo de la diferencia con un proceso glacial sea la presencia de microcarbones en el interior de la matriz del lahar, signo inequívoco de la existencia de incendios sobre la flora local, probablemente ocasionados por la propia erupción. En principio no se estima que este material estuviese a muy altas temperaturas, aunque sí caliente y por supuesto que uno de sus componentes, pero no el principal son microfragmentos de vidrio volcánico ácido (**Figura 760**), un material habitual en suelos Las Cañadas, localmente abundante allí donde se produjeran depósitos de piroclastos pumíticos.

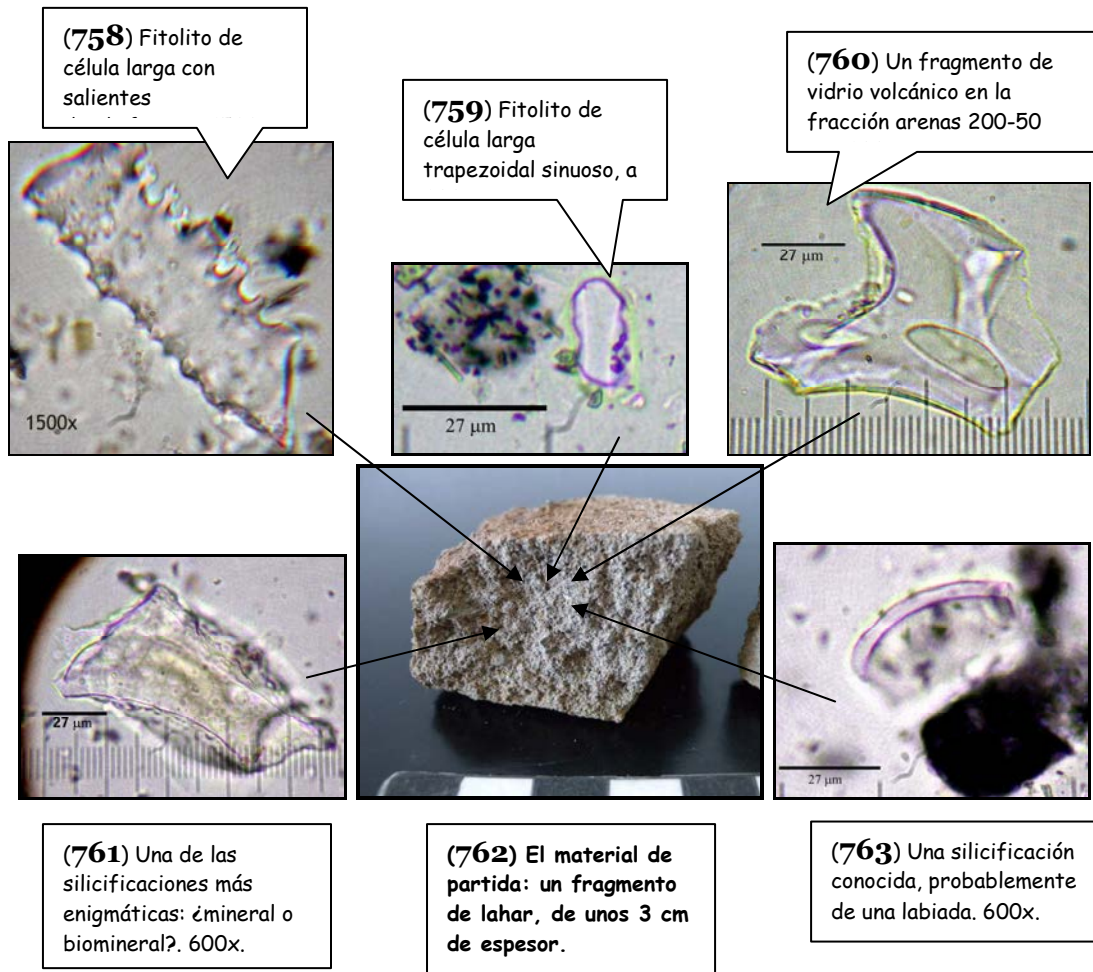
La complejidad microscópica del lahar/*surge* varía en función de la procedencia del material y de la fracción granulométrica que se analice<sup>63</sup>. Primeramente se detectó una posible silicificación microfósil, pero de filiación botánica incierta (**Figura 761**). Su gran tamaño pero sobre todo lo peculiar de su superficie invita a pensar en su naturaleza biomineral, pero hasta el momento no se ha localizado ninguna planta que desarrolle algo semejante. Pero sí que pueden identificarse otras que como las de la **Figura**

---

<sup>62</sup> En términos geológicos.

<sup>63</sup> La fracción limo presenta muy baja proporción biogénica, al menos en el caso analizado correspondiente a un fragmento localizado sobre el suelo del centro del Valle de Chafarí.

**758**, que responden a la conocida morfología de un fitolito de grandes dimensiones, de esquema rectangular y márgenes con salientes de terminación dendriforme. Su similitud con los presentes en las hojas de *Arrhenatherum calderae* permite plantear que ese sea su origen biológico, algo que resultaría un indicio más sobre la ubicuidad de los fitolitos de esta planta en la zona de Las Cañadas, situada entre las laderas SW de Pico Viejo y el Valle de Chafarí. Con el mismo origen se plantea la identificación de células largas trapezoidales y márgenes sinuosos (**Figura 759**), que como la anterior hace referencia a una gramínea *Pooideae*, lo cual mantiene la tónica de la familia *Poaceae* en esa dirección.

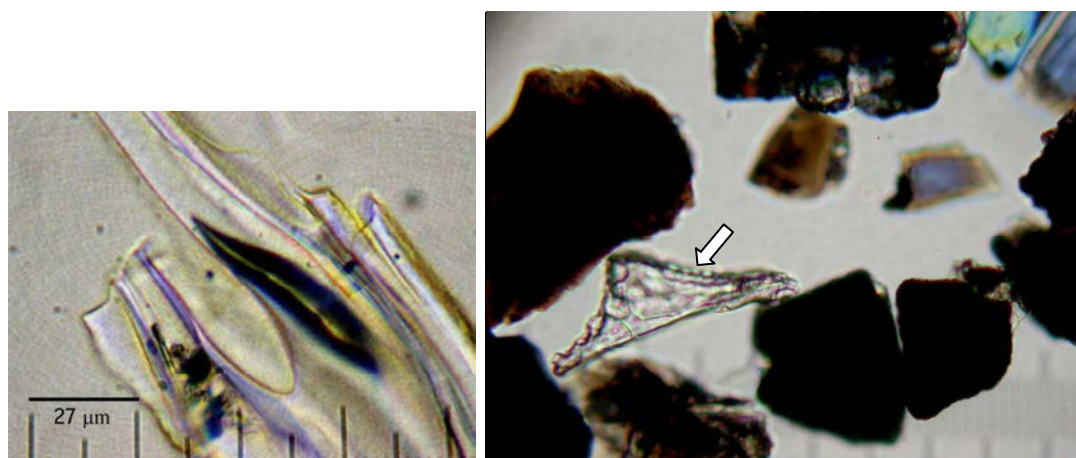


Otro grupo botánico serían las labiadas, con un tipo de silicificación en forma de caparazón o burbuja de paredes gruesas (**Figura 763**), del que se han observado fragmentos que concuerdan con las presentes en *Mentha longifolia*, en este caso haciendo referencia a silicificaciones del mesófilo.

Como he mencionado, el estudio de una u otra fracción granulométrica ofrece más o menos posibilidades microscópicas. La mayoría de las biomineralizaciones detectadas se encuentran en la fracción total tomada como la base empírica: la situada entre 2-700  $\mu\text{m}$ . Si luego las separamos en las dos fracciones que hemos venido hasta ahora analizando, las arenas 200-50  $\mu\text{m}$  y los limos (50-2  $\mu\text{m}$ ), comprobamos que en la primera son escasas pero muy evidentes algunas tipologías, de adscripción desconocida, pero que no

concuerdan con los parámetros morfológicos de partículas minerales, como los muy abundantes vidrios volcánicos presentes en suelos y sedimentos de esta zona de Las Cañadas (**Figura 764**). La fracción arenas 200-50  $\mu\text{m}$  ofrece algunas silicificaciones (**Figura 765**) que no concuerdan con los anteriores y podrían tener un origen biomineral, pero al igual que ocurre con la **Figura 761**, no puede por el momento ofrecerse una propuesta de filiación biológica.

El registro presentado parece vinculado a una incorporación diferencial y aleatoria de materiales biogénicos al paso de la corriente de lodo volcánico por la topografía local. Lo cual diferencia éste del papel jugado por las biomineralizaciones insertas en las morrenas y sedimentos glaciares, donde pueden haberse desarrollado microalgas durante su exposición a la atmósfera, mientras duraron las condiciones hídricas.



**Figura 764** (Izqda.), Fragmento de vidrio volcánico, 600x. **Figura 765** (Dcha.), partículas de arenas 200-50  $\mu\text{m}$ , con una silicificación que podría tener un origen biogénico. 600x.

Aunque a ese nivel no pueden paralelizarse las características de ambos materiales, las fracciones granulométricas indican que su naturaleza no es muy desigual pero...¿cómo explicar la estabilidad en la altura, del conjunto Pico Viejo-Teide, de paquetes arenosos que posteriormente darán lugar a un lahar?, si es que puede explicarse así su formación inicial, ¿podríamos plantear que en esa etapa guardaban la forma similar a una morrena arenosa y suelta?. Por ahora la inferencia que realizamos es que al contrario que ésta, en un momento dado fue sometida a hidratación más o menos violenta, que la precipitó laderas abajo encauzándose por la red hidrográfica local, incorporando elementos del entorno, minerales, edáficos y biominerales, en este caso derivados de la descomposición de vegetales del mismo. Lo que sigue ya lo hemos planteado a modo de hipótesis, esta capa de material, en algunos casos de pocos centímetros de espesor, funcionaría como soporte y material parental de suelos que, como los presentes en el Barranco de la Arena y Chafarí servirán de sustratos de posteriores formaciones vegetales, en parte como las que hoy vemos en la actualidad.

Como ejemplo de esas formaciones de nuevo, de forma recurrente, se nos muestra parte las mismas, aquella que se desarrollaba antes o durante el paso

de las coladas freatomagmáticas y que al menos en parte estaba formada por gramíneas *Pooideae*.

#### **Discusión: una vía para el conocimiento paleoambiental.**

El estudio experimental de sedimentos de origen glacial y periglacial de Noruega ha permitido afrontar el análisis y reconocimiento de sus muy concretas características, en concreto de microfósiles de origen vegetal y de parte de la matriz que los alberga. Ambos son parte de un todo que, en este caso, representan materiales naturales íntimamente relacionados con el ambiente glacial y periglacial actual, al menos con el desarrollado en latitudes cercanas a 60° norte. Materiales que suponen una oportunidad única, por supuesto fundamental para cualquier estudio de microfósiles que se pretenda aplicar en contextos de la Prehistoria con fines arqueobotánicos. Entendiendo que éstos últimos incluyen en buena parte microfósiles de origen vegetal y que, como ocurre en la disciplina paleontológica, permiten establecer lecturas paleoambientales, que en nuestro caso es también derivada hacia objetivos arqueológicos.

Los materiales localizados en zonas glaciares y periglaciares actuales representan contextos ambientales muy parcos en desarrollo biológico, pese a que en su alrededor se estén desarrollando –en la actualidad– cambios climáticos y biológicos muy acentuados en las últimas décadas. Sin embargo, nos muestran precisamente parámetros que el objetivo de analizarlos buscaba: algunas de las características de su peculiar naturaleza y origen, tanto a nivel de contenido microscópico como de la matriz total que los engloba.

No podían detectarse aquí restos significativos de flora terrestre, dado que hubiese significado una prueba de contaminación actual con la flora también actual. Ya que salvo en el caso de las charcas de montaña, que comienzan a funcionar como reservas biológicas e incluso como formación de incipientes sustratos acuáticos, situadas en paisajes cubiertos por nieve/hielo todos los meses de día corto, los materiales que forman las morrenas y los sedimentos de los cauces glaciares derivan de la acción de las masas de hielo. Debiéndose esperar un ciclo natural más largo para con aquellos donde se depositen restos microscópicos (fitolitos, polen, etc.) de la flora circundante, que en algunos casos aun no existe alrededor de las masas de hielo o sus inmediaciones.

De las dos enseñanzas básicas propuestas por el estudio pormenorizado y dirigido de estos materiales, creemos que deben diferenciarse dos aspectos, que se encuentran, como en el resto de materiales edáficos y sedimentarios, estrechamente unidos. Son el registro microfósil y la matriz sedimentaria que los contiene en muy baja proporción, hasta el punto de poder hablar de materiales con muy bajo componente biogénico, asociado en buena parte a la baja productividad del contexto general. Pero tanto uno como otro reflejan precisamente los aspectos buscados con su muestreo y estudio, que son reflejo directo de las características propias de un sustrato donde aun no se ha operado una colonización biológica, primero por haber sido generados por la acción del hielo y encontrarse aun bajo condiciones ambientales muy restrictivas, tanto a nivel de sustratos de acogida como climáticas.

Se trata siempre de materiales con un componente arenoso muy elevado, con escasez de las fracciones finas (arenas 200-50 µm, limos y arcillas), lo

cual es muy palpable a escala microscópica. En su mayoría se trata de elementos angulosos, de muy desigual coloración aunque aludiendo a minerales de colores claros en el caso de Noruega, como el talco, entre otros. En líneas generales se trata de materiales que en estado seco presentan el comportamiento propio de sustratos arenosos, donde las fracciones finas son escasas, bien porque el propio contexto ambiental no ha favorecido su desarrollo o porque son las que resultan desplazadas por los agentes atmosféricos de su lugar de origen. La baja proporción de materia orgánica en superficie favorece los procesos erosivos, que como se conocer fueron muy intensos en época glacial, generando en zonas de depósito los denominados loess (Chaline, 1982),

El componente biogénico se restringe a algas diatomeas y crisofitas, en muy bajas concentraciones. Cuya filiación biológica, menos compleja en el primer caso, permite identificar géneros muy propios de condiciones oligotróficas.

Un aspecto que parece relevante, a nivel de lectura paleoambiental pero también arqueobotánica, es el papel de *los cauces hídricos* y su relación con la colonización vegetal, así como con la posterior ocupación humana. Y lo es desde la perspectiva –de muy largo desarrollo– del proceso que caracteriza los cambios acontecidos –a nivel paisajístico, biológico y también humano– en la secuencia postglacial global. De tal modo que existe un parámetro que parece fundamental, tanto en zonas muy afectadas directamente por la presencia de masas de hielo como en las que se verán afectadas por el aumento de temperaturas y precipitaciones de época holocénica. En la secuencia que proponemos, considerando las observaciones contextuales y analíticas realizadas, el protagonismo de los cauces glaciares, posteriormente fluviales en muchos casos, en el desarrollo biológico y posteriormente antrópico, uno vinculado estrechamente al otro. Y serán precisamente materiales como los analizados (sedimentos morrénicos y periglaciares de montaña), los que funcionarán, gradualmente, como generadores de condiciones aptas para el desarrollo biológico, en zonas donde su alta concentración propiciará el de formaciones vegetales y fauna, ocupadas finalmente por grupos y poblaciones humanas. Ese proceso es muy palpable en los valles glaciares noruegos, especialmente en aquellos donde la masa glacial se encuentra presente a pocos kilómetros de los núcleos humanos, la mayoría de las veces situados en el comienzo de esas formaciones geográficas conocidas como fiordos.

Todo ello desde la obviedad manifiesta observada, de forma directa, en la secuencia que afecta a los valles glaciares a medida que en estos van desapareciendo las condiciones impuestas por las masas de hielo. Y que comienzan milenios atrás con la lenta acción modeladora de la depresión que posteriormente serán valles de origen glacial. El retroceso gradual de los glaciares –o el atemperamiento climático de las zonas periglaciares– supone la creación de nuevas superficies potencialmente aptas para el desarrollo vegetal, que comienza a producirse ya desde los primeros paquetes de suelos incipientes, entre el paisaje generalizado de derrubios caóticos, de mayor o menor talla. La alta tasa de meteorización de estas zonas favorece la disgregación de las rocas y su gradual conversión en fracciones granulométricas inferiores a las gravas. Curiosamente ese proceso, en su

culminación, permite posteriormente el arraigo de verdaderos bosques, tanto caducifolios como de coníferas, así como de la vegetación de menor porte asociada a ambos.

Finalmente, la conexión entre materiales como los sedimentos de las zonas mencionadas con los localizados en algunas partes de Las Cañadas del Teide, han funcionado —así debe entenderse— como una práctica experimental, limitada y cuyos resultados deben tomarse como precaución. Pero que no obstante ha funcionado como fundamental práctica analítica de obtención de conocimiento, microfósil y de contextos ambientales. Y sin duda como fundamental enseñanza para la interpretación de materiales, como los de Las Cañadas del Teide e incluso resto de Tenerife, que derivan de una secuencia ambiental de la que desconocemos prácticamente todo. Pero que sin duda presenta rasgos —sino glaciares— propios de oscilaciones climáticas muy acusadas, donde pudieron darse periodos ajustados al ambiente climático propio de las glaciaciones, esto es con temperaturas más bajas y menores precipitaciones. Y asimismo seguidas de notables cambios a la inversa, con condiciones propicias para generar cambios sustanciales en el paisaje, como el modelado de los profundos barrancos que comienzan su curso en las zonas más montañosas de todas las Islas.

Será en esos barrancos, en muchos casos con potentes paquetes sedimentarios y edáficos aun visibles, donde se mantengan condiciones propicias para el desarrollo biológico y humano. Con presencia de agua y por derivación vegetación, así como de fauna, que en las Islas —por razones vinculadas al aislamiento— será muy limitada. No obstante, serán esos cauces hídricos los que en muchas ocasiones propiciarán la colonización humana en la Prehistoria de Canarias. Aportando todos los recursos que las poblaciones aborígenes emplearán como punto de partida para la colonización del interior de las Islas. Un proceso que igualmente puede seguirse, con notables diferencias biogeográficas, en los valles de origen glacial. Pero unos y otros responden al mismo esquema formativo, donde será su propia configuración de zonas llanas rodeadas de cumbres —menos aptas para el desarrollo biológico— y con condiciones aptas para el desarrollo vegetal (nativo y posteriormente introducido) las que alojarán los primeros asentamientos humanos permanentes. Esas zonas creemos que favorecerán, como hemos dicho, la posterior colonización del interior del territorio sujeto a acción antrópica.

Esa compleja aunque obvia secuencia de poblamiento humano, que acontece en aquellos lugares donde las estructuras geológicas alcanzan gran desarrollo altitudinal, tiene no obstante su origen —así lo creemos— en el humilde papel de los materiales derivados de la acción hídrica, glacial y periglacial. Que no son otros que esos mismos sedimentos, primeramente muy parcos en contenido biogénico pero posteriormente fundamental base para las complejas relaciones que se establecerán entre la naturaleza y los humanos, desde la Prehistoria hasta la actualidad. Tanto los procesos que los generaron, como los que ocasionaron su transporte hasta cuencas de sedimentación, pueden ser ejemplificados en el papel del loess, especial tipo de suelo donde posteriormente se desarrollaran masas forestales y cultivos, en una secuencia que primeramente involucra paisajes de lo que hemos venido a llamar

“prehistoria no-habitada”, y que finalmente pasarán a ser territorios de determinados grupos humanos, de la “prehistoria habitada”.

En base a tales planteamientos y empleando el conocimiento adquirido para entender los procesos y materiales de Canarias que pudieron estar involucrados en secuencias climáticas diferentes a las actuales, el material que hemos designado como *lahar* podría haber desencadenado un proceso donde se encuentran involucrados el clima, la presencia de coberturas nivales y erupciones que generarían materiales modeladores del paisaje existente. Tras el proceso eruptivo, nos encontraríamos con amplias zonas del terreno ocupadas por una capa arenosa que habría sellado todo rastro de vida anterior. Sobre ese material, con características propias –que funcionará como material parental– tendrán lugar procesos edafogénicos que generarán los suelos actuales, hasta formar los paquetes edáficos, de entre 45-30 cm. de potencia, que hoy localizamos en zonas como el Barranco de La Arena y Valle de Chafarí.

### Sedimentos de zonas húmedas continentales.

El estudio de sedimentos provenientes de puntos cercanos a cursos de agua o inundados, que hemos denominado –por motivos de diferenciación ecológica y microfósil– como *Puntos Húmedos* para el caso de Las Cañadas del Teide, nos ha mostrado tanto características propias de sustratos específicos (inundados y no-inundados) como de concretos registros microfósiles. Pese a que en ninguno de los casos analizados, en contextos continentales, sus características a escala biogeográfica son similares, sobre todo en cuanto a formaciones vegetales, sí lo es la región a la que pertenecen, ya que como los casos de Remuñe y Batisielles, situados en la zona de alta montaña del Valle de Benasque, se localizan por encima de los 2.000 m.s.n.m. Obviamente el parámetro latitud incide especialmente en el clima, volviéndolo más acentuado que en el caso de Canarias.

En otros, como ocurre en la zona de los macizos de Asturias, en lagunas y surgencias de alta montaña, el contexto tampoco es tan árido como en los ya citados, sino que se caracteriza por presentar vegetación densa, tanto de tipo herbáceo como arbóreo, particular que no puede compararse con el árido entorno de Las Cañadas del Teide. Sin embargo, como ocurre en la vega de Camayor (Somiedo) se trata de un entorno profusamente explotado, probablemente también desde la Prehistoria<sup>64</sup> como recurso ganadero. Lo cual ha producido una fuerte transformación del medio vegetal, cuya riqueza<sup>65</sup> se reserva a las zonas no ocupadas por pastos. La zona de Camayor pese a que tenga también en la actualidad este tipo de explotación, quizá sea un buen ejemplo de cañada aluvial –de origen glacial– que se ha mantenido como pastizal de diente desde su origen de zona propia del dominio de especies adaptadas al clima de altura (Arce, 1997), como el enebro rastrero (*Juniperus communis*), la gayuba (*Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng) y la sabina (*Juniperus* sp.). Pero donde dominan, precisamente por la transformación parcial a que ha sido sometida este piso bioclimático,

<sup>64</sup> Probablemente desde la Prehistoria, pero con seguridad desde el calcolítico (Bronce).

<sup>65</sup> Entendiendo como tal la diversidad y densidad del medio natural original, no-antropizado.

gramíneas como *Festuca burnatii*, entre otras, que conforman de forma casi monoespecífica grandes extensiones de pastizal de diente.

Uno de los aspectos más relevantes, en cuanto a la práctica experimental de obtener información limnológica, que emplear en contextos de Canarias, es quizás la simplificación botánica observada en el entorno de los cursos de agua de zonas tan dispares. Incluso cuando en éstos la formación vegetal forestal aun es importante, caso de Pirineos, basada en coníferas del género *Pinus*. Aun entonces el elenco florístico cercano o inmediato al agua se reduce a plantas pertenecientes a *Poaceae*, *Cyperaceae* y *Typhaceae*, que obviamente facilita, al menos en los dos primeros casos<sup>66</sup>, la identificación de sus restos microscópicos (fitolitos) en el sedimento del fondo de riachuelos, pozas y charcas.

Y en el caso de las microalgas, se trata de un requisito empírico indispensable que confirma –tanto en el caso de diatomeas como crisofitas– que las condiciones de humedad/inundación han sido continuadas. No obstante, no pueden obviarse los mecanismos que afectan al registro de tales biomineralizaciones en el seno del medio acuático donde se desarrollan y depositan. Ya que existen parámetros como el pH así como las propias características del medio acuático, que ocasionan la disolución del SiO<sub>2</sub> del que están integradas en su mayor parte valvas y quistes de microalgas. Un proceso tafonómico que puede acentuarse bajo determinadas condiciones ambientales (Ramírez *et al.*, 2007) y del que pueden resultar dañados o incluso destruidos (los autores utilizan el término *debris*) si el proceso persiste.

En los casos señalados, la entidad de los cursos y acumulaciones de agua indican que se trata de masas de agua con cierta antigüedad, planteado –en esta reflexión– que cuando un sustrato arqueológico presenta evidencias del tipo de las microalgas, parece imposible desdeñar su entidad, a la hora de definir una condiciones de humedad tan elevadas como para propiciar su desarrollo. Y cuyos restos quedan, siempre que los procesos tafonómicos no lo hayan operado una situación irreversible, como parte del registro microfósil de los sedimentos de acogida.

#### **Contenidos diferenciales en fracciones granulométricas.**

El comportamiento diferencial de sustratos afectados por el espacio intermareal (marismas) y los situados más al margen del mismo (marjales), puede seguirse mediante la estimación de su contenido en materia orgánica y especialmente en el de sus fracciones granulométricas (**Gráfico 140**).

Las diferencias existentes entre los sedimentos situados bajo una columna de agua de entre 10-40 cm. con respecto a los situados fuera de ésta, pero muy cercana a la misma, puede ejemplificarse perfectamente entre puntos como los sedimentos de la Fuente del Cedro (FC-005-01) en Las Cañadas del Teide) y el Barranco del Riachuelo (BR-C-01, 3ª casc.) con la zona de marjales de la Ría de Arousa (S.PHRAUS-CAT-AR-1), donde el espacio de inundación intermareal se encuentra situado escasos metros más abajo. Mientras los primeros presentan una curva granulométrica con un porcentaje de arcillas de

---

<sup>66</sup> En las plantas del género *Typhaceae*, al que pertenecen las conocidas como eneas, espadañas y totora, no hemos localizado silicificaciones relevantes.

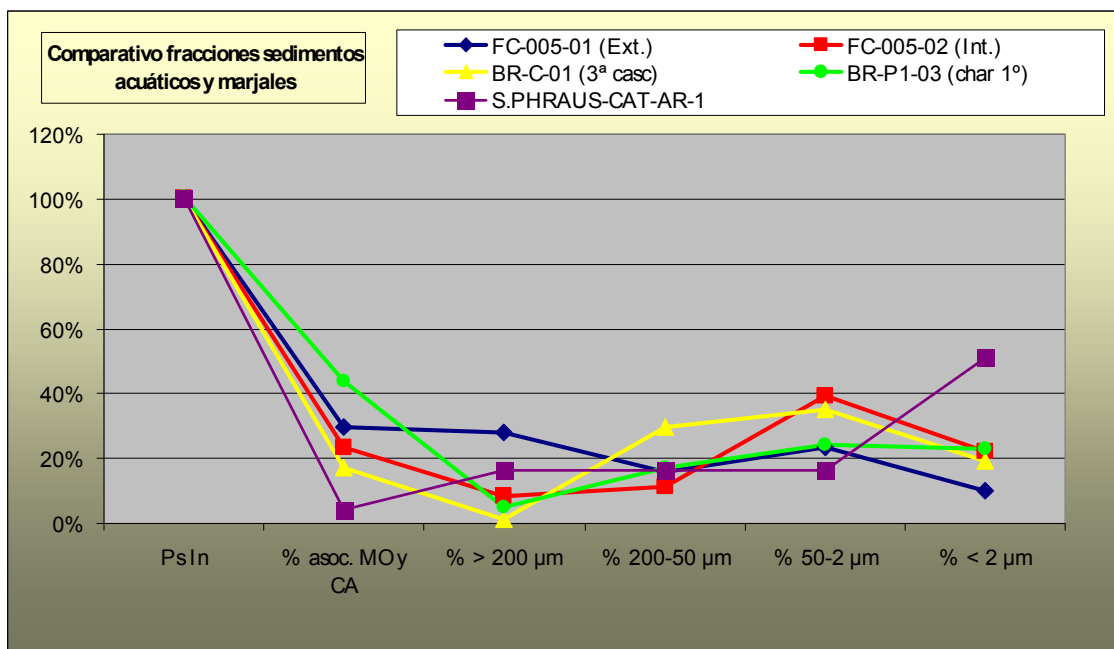


que escasamente alcanza el 20%, la muestra de marjal supera el 50%. Este componente, el de las fracciones finas, quizás sea el más relevante a tener en cuenta en estudios sobre los puntos húmedos insulares.

## Suelos y sedimentos en formaciones de rías.

### Ría de Arousa (Catoira).

Sedimentos propios de marjales pero cercanos, en distancia y altura, a los de marismas, que a diferencia de éstos se consolidan como zonas ya elevadas del terreno con respecto al espacio intermareal y donde dicha circunstancia ha permitido el crecimiento de flora permanente, protagonizada por cañaveral de *Phragmites australis*. Se trata de una formación monoespecífica, donde el carrizal sin duda encuentra las condiciones óptimas para su desarrollo, como la disponibilidad inmediata del nivel acuático, que alcanza con sus rizomas y un sustrato fértil y estable, como indican las fracciones granulométricas del mismo.



**Gráfico 140,** Curva acumulada de contenidos en materia orgánica/carbonatos y fracciones granulométricas y otros componentes. J.A.

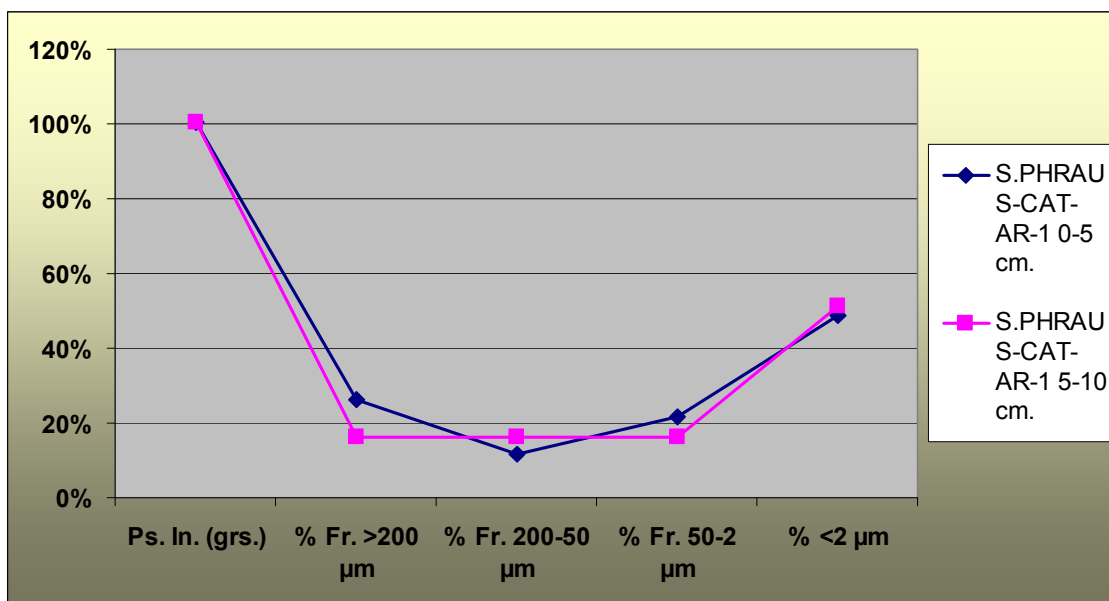
Efectivamente las características básicas de los primeros centímetros de suelo están centradas en su moderado contenido en materia orgánica (15,65-4,11%), que claramente disminuye con la profundidad (0 a 10 cm.) y su alto contenido en arcillas (entre 48,77 y 51,09%). Mientras que las fracciones de arenas >200 µm, 200-50 µm y limos (50-2 µm) presentan valores muy similares, que rondan el 20%. La curva granulométrica de las dos muestras analizadas indican un comportamiento muy similar, donde tanto la fracción gruesa como la fina disminuyen ligeramente en profundidad en detrimento de las arcillas (Gráfico 141), que suponen más del 40% de la granulometría de este suelo de marjal.

Desde una perspectiva agrícola podríamos deducir que estamos ante un sustrato muy fértil y además muy estable, a juzgar por los similares

contenidos en arenas y limos, muy cercanos —en ambos casos— al 20%. Las prospecciones no pueden ser más reveladoras en este sentido, ya que las zonas inmediatas a los marjales muestreados se encuentran ampliamente cultivadas con maíz/millo (*Zea mays*). Una circunstancia que debe ponerse en relación con los requisitos de ésta planta, que salvo en cuanto a la tolerancia a la salinidad, son muy similares a los de la especie silvestre que debió ocupar lo que hoy son tierras de cultivo: *Phragmites australis*.

En el caso de los suelos de marisma/marjal de Catoira (Ría de Arousa) el registro microfósil es poco concentrado y diverso, pero vinculado a la especie de que forma monoespecífica y concentrada forma un carrizal propio de los estuarios y formaciones de ría de la fachada atlántica europea. Al menos en dos de las morfologías de fitolitos puede intuirse la presencia de *Phragmites australis*, especialmente en sus células buliformes cuneiformes (Figura 766) y cortas tipo saddle (Figura 767). En el caso de las células de tipo fusiforme, lisas y con un tamaño aproximado de 80  $\mu\text{m}$ , son citadas por Houyuan *et al.* (1997), pero creemos que se trata de morfologías escasas aunque muy emblemáticas (Figura 768).

En todo caso, este escueto pero clarificador registro se aloja en una matriz edáfica muy equilibrada en cuanto a contenidos en arenas >200  $\mu\text{m}$ , 200-50  $\mu\text{m}$  y limos, y no tanto en arcillas, donde se alcanza un valor máximo importante (aprox. 50%).



**Gráfico 141**, Curva acumulada de fracciones granulométricas en dos muestras de suelos con *Phragmites australis*.

#### Ría de Villaviciosa (Asturias).

Como hemos planteado<sup>67</sup>, se trata de un registro donde el microfósil más relevante lo constituyen las espículas de esponjas, contra todo pronóstico, lo cual sitúa el medio, donde se depositan sus restos junto con el resto de integrantes del sedimento acuático, como favorable para el desarrollo de

<sup>67</sup> Ver Capítulo 3, Elementos Microscópicos de Intervención, Espículas de Esponjas.

estos organismos, con comportamiento sésil, es decir sujeto al sustrato. Los fragmentos de espículas detectados, de clara composición silícea y que por tanto hacen referencia al grupo de las demoesponjas (Simkiss & Wilbur, 1989) han servido para conocer el peculiar medio donde se desarrollan, en este caso aguas con cierto componente salino. Y más que probablemente otros parámetros que operan como condicionantes del desarrollo de otros organismos, en especial microalgas, las grandes ausentes del sustrato. Las imágenes de los fragmentos de espículas detectados ya han sido empleados para ilustrar las características de sus espículas, el único tipo de microfósiles de origen animal (primitivo) contemplado como elemento de intervención microfósil de nuestro trabajo (**Figuras 769-770**).



**Figuras 766, 767, 768**, Fitolitos de célula buliforme cuneiforme (Izqda.), tipo saddle (centro) y fusiforme (Drcha.), vinculados a la formación de carrizal monoespecífico situada en la marisma/marjal de Catoira. 600x



**Figura 769** (Izqda.), Espícula de esponja, de ornamentación equinada. **Figura 770** (Drcha.), Fragmento de espícula de gran tamaño, mostrando su característico canal interno. Ambas 600x.

Como ocurre con el resto de muestras obtenidas mediante muestreos superficiales de sedimentos acuáticos<sup>68</sup>, pueden detectarse signos evidentes

<sup>68</sup> Haciendo referencia de nuevo a los muestreos de entrenamiento o calibración (*training/calibration sets*) propuestos por Sandgreen *et al.* (1995), que permiten evaluar los primeros aspectos limnológicos de un determinado lugar. Aunque estos autores afirman la idoneidad de dicha práctica, también mencionan sus limitaciones, sujetas al conocimiento de microalgas (ellos se centran en las crisofitas) en aquellos taxones depositados de forma reciente en los sedimentos, los cuales representarían la

de depósito de determinados microfósiles que deben responder a secuencias recientes. Probablemente las espículas y sus fragmentos, localizados en el sedimento, derivan de la propia zona donde fueron recogidos (bajo una columna de agua de unos 50-60 cm.), que se configura como una elevación del lecho de la ría de Villaviciosa, en principio como banco de arena, pero lo suficientemente estable como para favorecer la fijación de esponjas acuáticas. En este sentido quizá la búsqueda de otros tipos de microfósiles acuáticos tendría que haberse llevado a cabo en zonas más profundas, donde la sedimentación estuviese más relacionada con los hábitat de diatomeas planctónicas, episámicas e incluso epifíticas.

### **Sedimentos de charcas y arroyos interiores.**

#### **Altos de Oldstryfield (Stryn, Noruega)**

Reincidiendo en lo ya enunciado, los charcos de la zona alta de Stryn, como los de la Vega de Camayor (Somiedo, Asturias) o incluso alguno de los casos de Benasque (Remuñe) ejemplifican muy bien lo que pueden ser los sedimentos propios de zonas sin antropización aparente y otra donde es clara la misma mediante la introducción y mantenimiento de ganado de suelta (bóvidos u ovicápridos). En todo caso enclavados en escasas zonas húmedas propias de alta montaña y condiciones ambientales de tipo periglacial en el primero de los casos. La importancia de estas muestras, los especificidad de sus analíticas y lecturas asociadas, han aconsejado la apertura de un capítulo específico, que se muestra bajo el epígrafe *Análisis de sedimentos de zonas glaciares y periglaciares*.

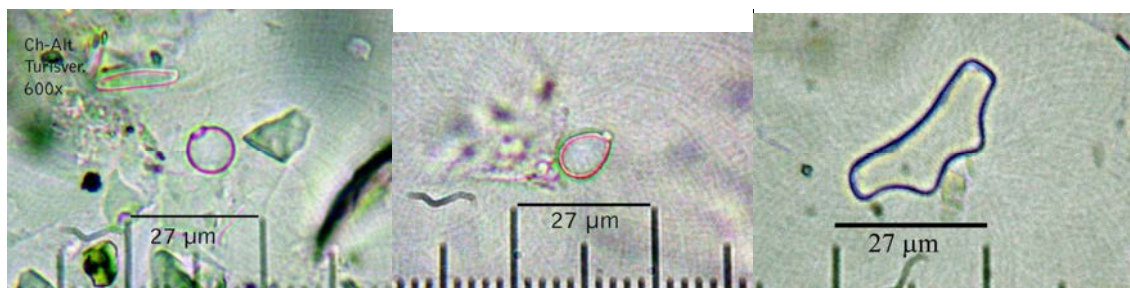
La charca de montaña de Oldstryfield ejemplifica un medio biológico restringido a extensiones anegadas de pequeña superficie (1-2 m<sup>2</sup>) y profundidad (<5 cm.) en un contexto dominado por bloques erráticos y pequeñas elevaciones de un terreno escarpado. Sin embargo, se plantean como auténticas reservas biológicas, a las que se vincula una vegetación muscinal y gramíneas *Pooideae* aisladas (del tipo *Poa/Agrostis*), cuya actividad se inicia con el retroceso del manto nival que ocupa esta zona buena parte del año.

Tal y como se planteado, la relevancia de este material radica en permitir disitinguir una serie de restos silicificados, pertenecientes a microalgas (**Figuras 771,772, 773**), que se han desarrollado en un entorno periglacial pero que anteriormente lo fue glacial. Tanto el registro de quistes/estomatocistos de crisofitas, como el de valvas de diatomeas resulta fundamental el desarrollo de este tipo de organismos en contextos de alta montaña. Y he ahí donde los registros de esta zona pueden emplearse como referencia para el estudio de su homónima, sustancialmente más meridional, de Las Cañadas del Teide. Efectivamente, la zona de los puntos húmedos altos aporta un registro microfósil donde los quistes/estomatocistos son más

---

acumulación de los últimos 2-3 años, en opinión de Smol & Wright, 1990; entre otros). Pese a ello he de aportar la percepción personal sobre una práctica de muy bajo coste (incluso se puede recurrir a la amable aportación de amigos que viajen!) y alta capacidad informativa, que en realidad no hace sino retomar las enseñanzas de Ch. Darwin (1859, edición en castellano de 2002), cuando citaba sus muestreos de barro para comprobar las posibles evidencias biológicas depositadas en las charcas cercanas a su domicilio.

abundantes que las valvas de diatomeas. Pese a las que las diferencias biogeográficas que las separan quizás sean más abundantes que las similitudes, sus registros y las condiciones bajo las cuales se han formado obedecen a aquellas derivadas de la atenuación del clima de forma estacional. La llegada de estación menos fría es un momento fundamental a escala biológica, puesto que permite la floración de microorganismos acuáticos. Y la presencia de agua, en estado sólido o semisólido, pero siempre aprovechable a nivel humano, y animal.



**Figuras 771, 772 y 773,** Quistes de crisofitas (Izquierda y centro) y diátomea del género *Eunotia* sp., todas a 600x.

#### Sedimento de lagunas en entorno de turberas (Dovre, Dombås, Noruega)

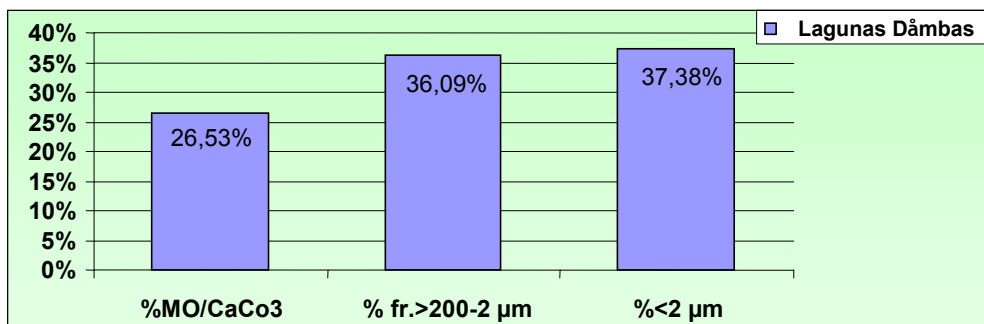
La relevancia de esta pequeña zona inundada radica en localizarse en un entorno de alta montaña del centro de Noruega, ocupado de forma monoespecífica por vegetación hidrófila, en un entorno donde la única representación arbórea está formada por abedules de montaña (*Betula* sp., probablemente *pubescens*<sup>69</sup>), arándanos rojos y otras plantas menos abundantes como el ajeno y la amapola del Dovre.

El registro de esta charca de aguas someras, que ocupa una amplia extensión y acoge gran diversidad biológica, presenta una de las mayores concentraciones de restos de microalgas detectados hasta el momento. Efectivamente el sedimento se encuentra constituido en su mayoría por quistes/estomatocistos de crisofitas y valvas de diatomeas, lo cual supone una de las mayores tasas de productividad detectadas hasta el momento (**Figura 774, 775, 776**).

Los datos analíticos confirman que el sustrato superficial analizado, que conforma la matriz del sedimento, presenta alto contenido en materia orgánica oxidable (>25%) y una fracción coloidal (<2 µm) similar a la situada en el rango entre arenas >200 µ y 2 µm (limos finos), que igualmente ocupa algo más de 36% (**Gráfico 142**). Si entendemos que la segunda fracción es la que puede contener la mayoría de microfósiles del tipo de fitolitos y microalgas, y en este caso se encuentra constituida por las segundas, debe

<sup>69</sup> En Noruega se desarrollan al menos dos tipos de variedades de abedul, pertenecientes al género *Betula*, entre las que cabe diferenciar un variedad de corteza blanca y lisa (*B. pubescens*) de otra más verrugosa, que designa a la especie *B. verrucosa*. En principio en la zona prospectada, formada por lagunas someras y escasa vegetación arbórea, las plántulas de abedules que en pocos casos superaban los 2 metros de altura, podrían corresponder a la primera especie, al menos en cuanto al parámetro liso de corteza, dado que sus hojas presentan gran similitud.

concluirse en que el componente biogénico del sedimento es extremadamente alto, al no percibirse casi partículas que no sean quistes/estomatocistos y valvas de diatomeas.



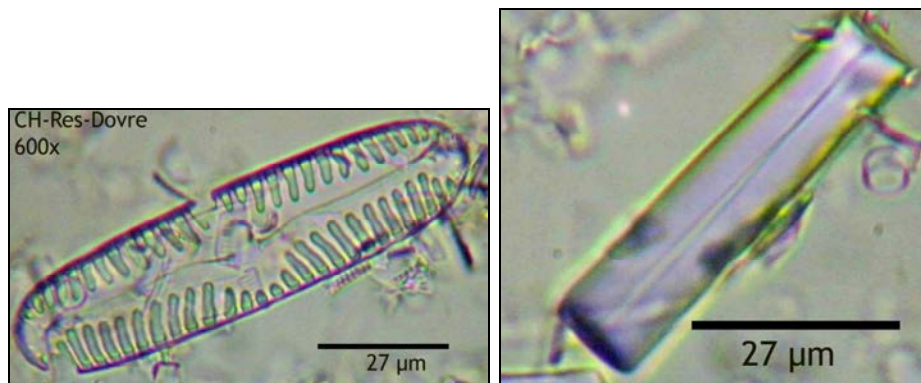
**Gráfico 142**, Algunas de las características del sedimento de lagunas de la zona de Dãmbos.

Las morfologías presentes corresponden en su mayoría a estomatocistos de crisofitas, de morfologías en su mayoría esféricas, lisas y poro regular, aunque existen otras variedades. Las valvas de diatomeas en su mayoría aparecen fragmentadas y en otros casos en casi perfecto estado (**Figuras 774-775**), lo cual permite proponer su adscripción biológica a *Pinnularia* sp.. Igualmente se detectan casos aislados de silicofitolitos, de formas masivas que en algunos casos podrían ser buliformes y en otros formas comunes de las gramíneas, como células largas rectangulares y de márgenes equinados. Igualmente se ha observado casos aislados de espículas de esponjas (**Figura 776**).



**Figura 774.**

Con todo, el registro presente en esta zona húmeda es altamente relevante, confirmando su alta productividad biológica, hasta el punto de presentar un proceso de eutrofización, que quizás coincida con el final del corto verano septentrional. Desde luego que el seguimiento detallado de la columna de sedimentos de esta laguna determina, en vertical, una secuencia biológica y paleoclimática de excepción, si nos atenemos a su pertenencia a unas condiciones biogeográficas propias de los 60° latitud norte actuales.



**Figura 774** (arriba, centro), quistes y fragmentos de diatomeas. **Figura 775** (abajo, Izqda.), Diatomea propuesta para *Pinnularia* sp. **Figura 776** (abajo Dcha.), Espícula de esponja. Todas a 600x.

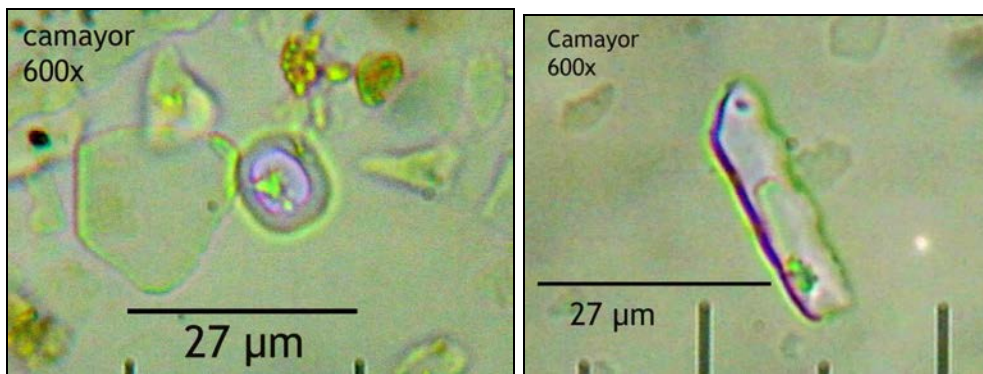
### Vega de Camayor (Somiedo, Asturias).

Los sedimentos acuáticos de los charcos de Camayor son claramente acidófilos encontrándose, el rango medio de pH de los puntos muestreados, en 6,18<sup>70</sup>. Partiendo por tanto de la base que no existen unas condiciones adversas para la conservación de microfósiles de base sílicea. La ausencia de silicificaciones se deben a otras causas.

Se trata de pequeños charcos generados por escorrentías que surgen al pie de los escarpes del macizo de Somiedo y que discurren hacia las zonas más bajas del valle. Se encuentran rodeados de amplias extensiones de herbáceas, no observándose en las inmediaciones ningún tipo de masa arbórea, salvo ejemplares de coníferas arbustivas en los roquedos. Pese a que en algunos casos esta situación, propia del piso subalpino (>1.600-2.400 metros) o zona límite superior del montano (>500-1.600 metros) representan los dos piso bioclimáticos superiores de la Cornisa Cantábrica, lo cierto es que su vegetación no en todos los casos debe considerarse climáxica. Y es que en gran medida se ha operado sobre ellos una intensa presión antrópica para favorecer el *pasto de diente*, aquel consumido preferentemente por el ganado.

El registro de microfósiles presentes en tales escorrentías de montaña es parco en detalles, especialmente en cuanto a flora de microalgas, lo cual confirma su baja productividad en ese sentido. Las evidencias de las mismas se restringen a fragmentos, muy aislados, de valvas de diatomeas. El grupo microfósil más evidente hace referencia al propio medio ambiente, bajo la forma de fitolitos de células cortas y largas con morfologías propias de la subfamilia *Pooideae*, como de tipo trapezoidal (**Figura 777**), “creciente lunar” y células largas trapezoidales sinuosas (**Figura 778**)

<sup>70</sup> M. Garin, Dpto. de Edafología y Geología, ULL.



**Figura 777 y 778,** Fitolitos de célula corta (Izqda.) y larga (Drcha.) *Pooideae*. 600x

En definitiva se trata de uno de los sustratos de puntos húmedos continentales menos productivos en materia de microorganismos acuáticos, dada la escasez de sus restos silicificados y la característica de ser un medio acidófilo, donde no cabe esperar la incidencia de procesos tafonómicos adversos. Sin duda existen condiciones que desconocemos para que un sustrato acuático no reciba aportes biominerales de un medio que aparentemente sí debería producirlas.

En concreto se han echado en falta restos silicificados de microalgas. Y es que efectivamente las pequeñas charcas, formadas por escorrentías procedentes de los escarpes superiores, parecían reunir todas las condiciones para ofrecernos un registro microfósil diverso, sin embargo aquí como en el resto de muestras de las que hemos denominado “contextuales”, la enseñanza viene dada por la propia realidad de las evidencias microscópicas. Efectivamente las charcas donde se realizó el muestreo disponían del líquido elemento de forma moderada (columna de hasta 20 cm., fuerte insolación y considerables aportes de materia orgánica, al menos la que se realiza por deposición de heces fecales de ganado vacuno y fauna local, que acuden a abreviar a estos enclaves (**Figura 779**). De hecho la proliferación de organismos acuáticos, del tipo de batracios en etapas juveniles, no coincide con la ausencia de microfósiles vegetales en el sedimento. Afortunadamente, como también suele ocurrir en un caso u otro, un vacío de cierta información puede ser suplido por otro, en este caso por silicofitolitos que entendemos sí representan al menos una parte del ecosistema local, aunque éste sea el situado en los suelos inmediatos.

La llegada de aislados fitolitos de gramíneas *Pooideae* es el único referente que confirma que se trata de una somera cuenca receptora de las aguas del entorno, ocupado en su mayoría de forma mayoritaria por una gramínea de bajo desarrollo, de la subfamilia *Pooideae*. En este caso hacen referencia a una parte del ecosistema vegetal: la formación de gramíneas a modo de pastizal de montaña que cubre buena parte de la zona baja de Camayor.





**Figura 779**, Charca de montaña en Vega de Camayor.

### Lagos y arroyos del Valle de Benasque (Huesca).

#### Arroyo de Batsielles (Valle de Estós).

Situado a una cota que ronda los 2.000 m.s.n.m. el Ibon de Batsielles se ha creado tras el retroceso glaciar en una de las cuencas anexas al Valle de Remuñe, un extenso valle con ramales de origen glaciar, donde aun existen masas heladas relictas cercanas (Glacial de La Maladeta). Y a las que hay que sumar la presencia de arroyos de montaña que han sufrido un proceso de colmatación en sus zonas más deprimidas. Lo cual que ha generado la formación de pequeños lagos aislados (ibones) en los cuales se desarrolla flora hidrófila poco habitual a estas altitudes. El entorno presenta un bosque de pino negro (*Pinus uncinata*) en combinación desigual con abeto (*Abies alba*), así como abundante flora herbácea y arbustiva asociada al pinar/abetal de montaña. Las especies arbustivas, con talla arbórea en más de un caso, más sobresalientes son el serbal de cazadores (*Sorbus aucuparia*) y el sauco (*Sambucus racemosa*), entre otros. En las zonas cercanas o incluso en el propio cauce se detectan ciperáceas.

El estudio de la fracción >2 mm. ofrece muestras claras de la antropización de este paisaje de montaña, con la presencia de fragmentos de vidrio y metales (**Figura 780**). Aunque igualmente el examen de esta fracción revela algunas de las características del medio vegetal, como los fragmentos de agujas (acículas) de pináceas, en este caso en haces de dos hojas y que parecen corresponderse con las de “pino negro” (*Pinus uncinata*). El hecho de localizar este tipo de evidencias en el sedimento acuático del arroyo de Remuñe, ejemplifica perfectamente la llegada de elementos vegetales –portadores de biomineralizaciones– al registro sedimentario. Al margen de la contaminación que puede generar la presencia humana en un entorno caracterizado, hasta hace algunas décadas por su manifiesta rusticidad, debe considerarse que la flora de Benasque se mantiene sin introducción de especies foráneas, aunque el volumen actual de visitas, vinculadas al turismo de montaña, pueda promover la introducción de especies invasoras desde cotas más bajas y ambientes cosmopolitas.



**Figura 780**, Fracción >2 mm. J.A.

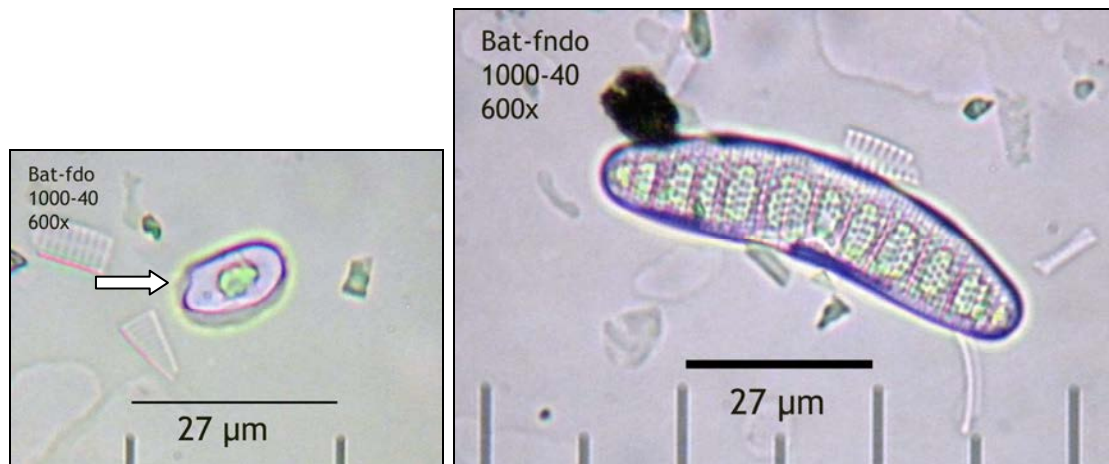
El registro microfósil de este sedimento puede caracterizarse como escaso, estando representado por valvas aisladas de diatomeas de simetría bilateral (pennadas) y más escasos aun quistes de algas crisofitas. Desde esta perspectiva el registro microalgal puede clasificarse como el propio de aguas oligotróficas, con bajo aporte de nutrientes y buena insolación.

Dicho registro se completa con escasos ejemplos de silicofitolitos, en concreto de células cortas –propias de herbáceas– que podrían clasificarse dentro de las descritas para la subfamilia *Pooideae*, como la de morfología elíptica descritas por Twiss, Suess & Smith<sup>71</sup> (1969), Twiss (1992) y Gallego & Distel (2004). Se trata de células cortas cuyo tamaño es inferior a 20  $\mu\text{m}$ , simetría bilateral y que en este caso presenta –en vista polar– una pequeña depresión en uno de sus márgenes, volviendo al menos esta zona asimétrica con el resto (**Figura 781**).

Podemos asumir la importancia de detectar la presencia de gramíneas *Pooideae* en la zona, de alta montaña, de Benasque, dado que hace referencia expresa a condiciones ambientales propicias para el desarrollo de especies de esta subfamilia *Poaceae*.

Este registro de fitolitos manifiesta escasez de silicificaciones de diagnóstico de otras especies vegetales, aunque confirma la presencia de gramíneas *Pooideae*, lo cual concuerda con la flora de herbáceas descritas para esta zona, incluida –a efectos botánicos– en la provincia Pirenaica. Para la cual son citadas especies como *Glyceria fluitans* en contextos con presencia más prolongada de agua y *G. declinata* donde es menor la misma (Molina y Pertiñes, 1997), así como varias especies y subespecies de *Agrostis* sp. (Romero *et al.*, 1988).

<sup>71</sup> Estas células fueron asignadas por Twiss, Suess & Smith (1969) a la tribu *Festucoideae*, dentro de familia *Poaceae*. Posteriormente, en el trabajo de Twiss (1992) se las contempla dentro de la subfamilia *Pooideae*.



**Figura 781**, (Izqda.), Fitolito de célula corta elíptica perteneciente a una gramínea *Pooideae*. **Figura 782** (Drcha.), Diatomea del género *Epithemia* sp.. Ambas 600x. J.A.

El tipo de diatomea que mayormente marca la representatividad del registro de microalgas, es de simetría bilateral (pennada), de células aisladas, marcadamente dorsiventrales y valvas fuertemente asimétricas, tamaño aproximado de 60 µm (eje longitudinal) y márgenes no capitados sino oblongos (**Figura 782**). Parece corresponderse con el género *Epithemia* sp. (Round *et al.*, 1990), pudiendo adscribirse inicialmente a la especie *E. adnata* (Kützing) Rabenhorst (Hartley, 1996). Se trataría en todo caso de un género agua dulce, exclusivo de ambientes epifíticos y epipélicos, ampliamente distribuido por hábitat fuertemente alcalinos (Round *et al.*, 1990).

El registro microfósil, pese a su escasez, refleja las características sedimentarias y biológicas de este entorno de alta montaña, y en especial el que pasa a formar parte del sustrato situado en los sedimentos fluviales. Las bajas concentraciones de microalgas hacen referencia expresa a un ambiente oligotrófico, donde aun no se producen aportes de nutrientes significativos. Pese a que el estudio de la fracción granulométrica >2 mm. indica la gradual afectación del entorno por actividades antrópicas, ésta puede decirse que es estacional y puntual, no continuada.

#### Ibones del Valle de Remuñe.

Los lagos/lbones de Remuñe (Benasque, Aragón) han permitido conocer algunas de las características de los registros microfósiles presentes en este tipo de cubetas de origen glacial inundadas, situadas en parajes de alta montaña, en este caso del Pirineo aragonés<sup>72</sup>. Su importancia, a nivel limnológico, radica en que en ellos se desarrollan ecosistemas muy particulares, adaptados a la altitud y duras condiciones ambientales, dado que permanecen helados muchos meses al año (Valle & Rodríguez, 2004).

<sup>72</sup> Este tipo de pequeños lagos, denominados ibones en la zona, son el resultado de la inundación de cubetas de sobreexcavación glacial, una vez se produjo el retroceso de los hielos del último periodo glacial formación, como pequeños lagos de montaña coincide con ese periodo, por lo que se le asume una antigüedad de unos 10.000 años, estando insertos en un lento proceso de colmatación por sedimentos que terminará convirtiéndolos en turberas o zonas encharcadas con vegetación hidrófila.

Las registros microfósiles se caracterizan aquí primeramente por la diferenciación entre el Ibón “alto” de Remuñe y el “bajo”, donde se localiza el de mayor tamaño. En el primero (**Figura 785**) la flora de microalgas presenta mayor diversidad y concentración (**Figuras 783-784**) Y aquí debe introducirse el elemento diferencial de la zona de muestreo, que en el primero supuso la *creme* superficial a unos 50 cm. de profundidad y en el segundo una zona anexa al ibón de escasa profundidad y condiciones óptimas para la acumulación de fracciones finas. En todo caso en ambos el registro de silicofitolitos de células cortas *Pooideae* es una constante, que aun debe cuantificarse, que complementa la información aportada por las microalgas. En éstas cabe destacar el predominio de los quistes de crisofitas sobre las valvas de diatomeas, de moderado tamaño en unos casos y simetría bilateral (pennadas/pennales), y en otros de tipo central (céntricas/centrales) en el caso concreto de *Aulacoseira*<sup>73</sup> sp. (**Figura 787**).

Los quistes de crisofitas, de varias tipologías aun deberán ser evaluados en uno de los contextos geográficos más estudiados en la disciplina (Pla, 2001), pero sin duda su desarrollo en el mismo, de forma casi paralela a las diatomeas, marca la existencia de medios de baja producción, oligotróficos dependiendo las zonas de desarrollo (**Figura 786**).

Por su parte los fitolitos, importantes al menos en el plano de las células cortas bilobuladas (panicoides) y trapezoidales (festucoides), solamente ratifican un entorno propicio para los pastizales de alta montaña, de desarrollo alternante en extensión con canchales de derrubios de gelifractos. Las dos subfamilias *Poaceae* representadas son importantes también en cuanto a su conjunción, puesto que lo es también a nivel ecológico y por lo cual abordamos, someramente, más adelante (**Figuras 789-790**).

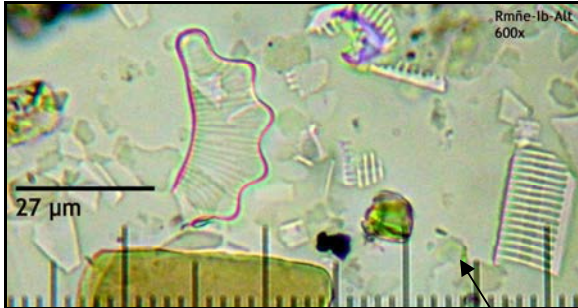
Una nota microscópica discordante si se quiere, es la aportada por microfragmentos de carbón, un preocupante indicio o vestigio de incendios u otros procesos que desde su simple presencia, sin entrar en otros estudios, no pueden ser aquí abordados.

En todo caso, como puede observarse en la composición realizada con la imagen del ibón alto de Remuñe (página anterior centro), se trata de un registro muy acorde a la naturaleza actual del mismo, con predominio de microalgas diatomeas y crisofitas, pero con representación de microfósiles (fitolitos en este caso) de flora de gramíneas que en realidad se encuentran en todo el perímetro del ibón. Por lo que es lógico que sus restos vayan a parar al fondo del mismo. Un parámetro que, como ocurre en todo enclave donde haya existido presencia de agua, tenderá a generar un registro indeleble cuando ésta ya no esté presente.

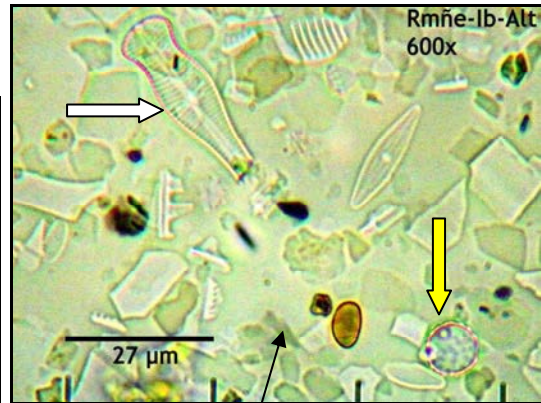
---

<sup>73</sup> Que presenta una de las morfologías de diatomeas más prontamente reconocidas en los contextos sedimentológicos canarios, cuya escasa concentración ha supuesto siempre tomar con cautela la información paleoambiental por ella proporcionada. El encontrarla en contextos naturales de alta montaña, en concentraciones significativas y el hacerlo en otros tan peculiares como los lodos del río Nilo, aquí en concentraciones altísimas, ha aclarado mucho las cosas a la hora de interpretar su presencia en los sedimentos y suelos de las Islas.

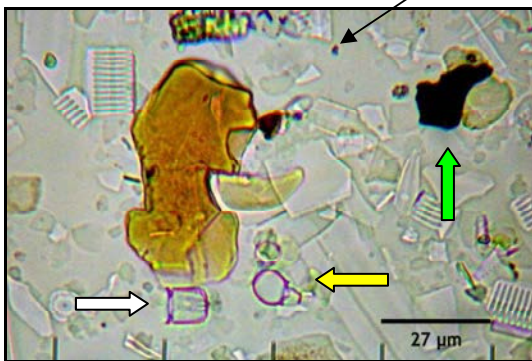
(783) Registro microscópico con diatomea del género *Eunotia* sp., fragmentos de otras y limos



(784) Registro con diatomea epífítica (blanco) y quiste de crisofita (amarillo)



785, Ibón "alto" de Remuñe



(786), Registro de arenas y limos, con diatomea *Aulacoseira* (blanco) y Quiste con collar complejo (amarillo). Microcarbón (verde).



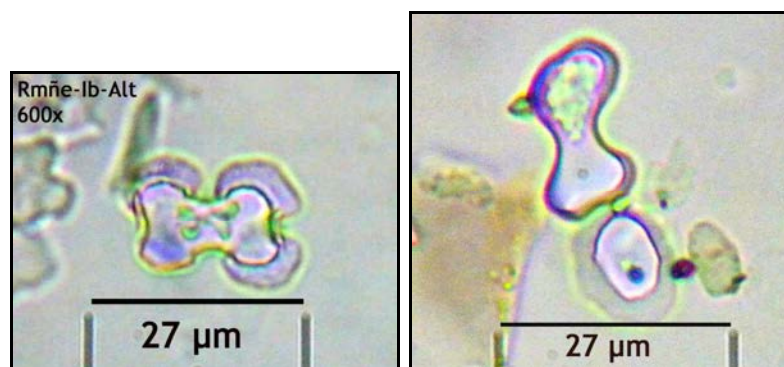
(787) Valva de *Aulacoseira* sp., común en el sedimento del ibón alto.



(788) Fitolito no identificado (blanco) y quiste de crisofita, o diatomea céntrica en visión polar.

Por su parte la observación del sedimento del ibón conocido como "Aguas azules" presentan rasgos diferenciales, como una textura más fina, con menos partículas de arena y especialmente una flora de microalgas muy

reducida en diversidad y concentración, siendo significativa la escasez de quistes/estomatocistos de crisofitas. Por el contrario destacan, entre los fitolitos detectados, los de tipo bilobulado (bilobate, ICPN 1.0) que hacen referencia a gramíneas *Panicoideae* (Figura 789), pero se encuentran en menor proporción de los de tipo trapezoidal (trapeziform, ICPN 1.0) que representan a la subfamilia *Pooideae* (Figura 790). Pero en todo caso comparten un mismo lugar en los sedimentos superficiales.



**Figuras 789-790**, Fitolitos de células bilobuladas. 600x

La primera inferencia sobre la presencia de fitolitos de gramíneas es la obviedad de que representan a los prados situados en los límites altitudinales del piso subalpino (1.800-2.300 m.), zona donde la vegetación se compone de gramíneas y otras especies herbáceas. Sí llama la atención la representación *Pooideae-Panicoideae*, incluso la cierta variabilidad de ésta última. La cuestión reviste de la importancia –también llevada al plano de Canarias– de existir indicios de la misma conjunción de especies, de ambas subfamilias, en los suelos de Las Cañadas del Teide. De forma muy clara aparece *Pooideae* y de forma más esporádica *Panicoideae*...¿estamos en presencia de un registro de gramíneas que ya ha acusado cambios ambientales?. En todo caso los existentes en los ibones de Remuñe no han podido ser más esclarecedores, tanto en cuanto la lógica flora de microalgas, cuyo estudio detallado aun puede ofrecer numerosa información, como a la limitada flora de alta montaña de Pirineos, al menos la circunscrita al piso subalpino.

Una zona donde en el caso de Benasque se restringe a herbáceas pero que en latitudes más meridionales, como el caso de Canarias, ofrece una diversificada flora con numerosas familias botánicas. Sin embargo, como hemos comprobado las gramíneas resultan en uno y otro contexto referentes de excepción, dada la baja producción de silicificaciones en grupos como las leguminosas y las gimnospermas. Una situación que en los valles pirenaicos se produce en el piso montano (<1.800 m.), aunque sigue proliferando, al menos allí donde el dosel arbóreo y arbustivo ha desaparecido (por una u otra causa) la formación de pastizal.

### Suelos y sedimentos arqueológicos continentales.

#### AMBRONA (SORIA).

Las muestras analizadas corresponden a las tres fracciones que componen los limos (50-20 µm, 20-8 µm, 8-2 µm), previamente aisladas por A. Pinilla (CCMA, CSIC, Madrid), mediante el protocolo específico ya empleado con suelos miocenos con silcretas de la provincia de Madrid (Pinilla & Bustillo, 1997).

Los resultados indican que las tres fracciones de limo presentan registros de varios tipos de microfósiles de base silíceas, especialmente quistes de crisofitas, espículas de esponjas, diatomeas y fitolitos. Como era de esperar, la disposición de estos microfósiles es directamente proporcional a determinadas fracciones de limo. Aunque se detectan algunas excepciones, propias de una separación granulométrica realizada mediante tamices metálicos en húmedo y donde puede producirse el paso de partículas de mayor tamaño a lo que corresponde a una determinada fracción, y viceversa<sup>74</sup>.

### Limos 8-2 $\mu\text{m}$

El registro microfósil de esta fracción puede entenderse como reflejo de las fracciones superiores, conclusión a la que se llega tras identificar algunos fragmentos silicificados que se corresponden a partes concretas de determinados tipos de microfósiles, todos de talla superior a 8  $\mu\text{m}$ . Hecho que a pesar de no poder extrapolarse a la totalidad de fragmentos resulta, en algunos casos, realizable. Como ocurre con fragmentos e incluso valvas completas de diatomeas, fitolitos de células largas y cortas, ambos de superficie lisa (*psilate*, ICPN 1.0) de gramíneas. En otros casos también es posible identificar fitolitos completos de células cortas, como los de tendencia cónica de gramíneas *Pooideae* y fragmentos de células bilobuladas de la subfamilia *Panicoideae*, los cuales por su especial configuración de dos lóbulos unidos por una parte más estrecha, tienden a fragmentarse precisamente por esa zona más débil.

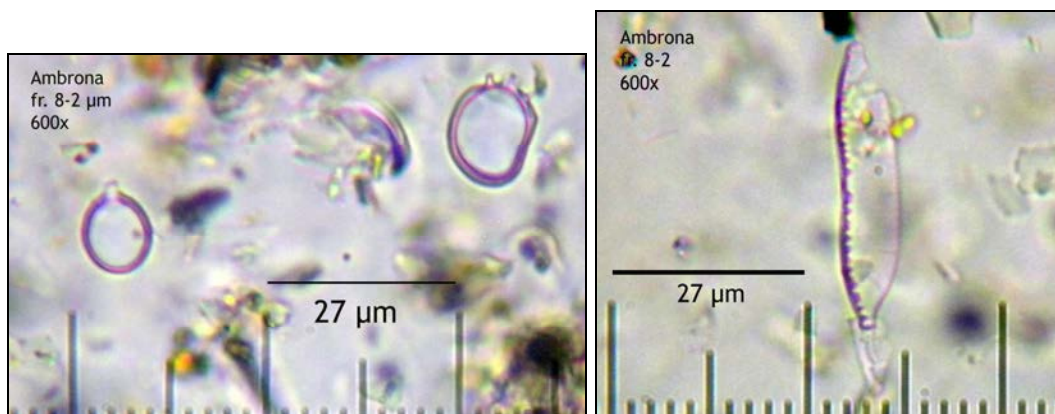
Pero el registro microfósil más nítido, en mejor estado de conservación y cuantificación lo presentan los quistes de resistencia de algas crisofitas. Su diversidad se reduce a dos o tres morfologías globulares, esféricas, subesféricas e incluso elipsoides con collar más o menos complejo. En su mayoría lisas y sin ornamentación, con collar o poro simple, representando el conjunto más fácil de reconocer y estudiar. En algún caso se observan morfologías elipsoides con ornamentación equinada, aunque para su observación en detalle aquí también son ciertas las limitaciones del microscopio óptico, como bien puede apreciarse en el trabajo de Pla (2001). Su tamaño se encuentra situado por debajo de las 8  $\mu\text{m}$ , pudiendo llegar a las 13,5  $\mu\text{m}$ , lo cual obviamente ratifica que en la fracción limo 8-2  $\mu\text{m}$  se han introducido partículas de mayor tamaño<sup>75</sup>, **Figura 791**.

---

<sup>74</sup> En muchas ocasiones la causa de este hecho está en la propia morfología de los microfósiles, que no es —en el caso de los de mayor tamaño— de tipo compacto, como podría ser globular o trapezoidal, sino que presentan tamaños mayores que los limos, o las arenas 200-50  $\mu\text{m}$ , solamente en su eje longitudinal, mientras que en su sección son más estrechos, caso de las espículas de esponjas. El cribado con ayuda de agua destilada y pincel provoca que tales morfologías se introduzcan por los huecos de los tamices, aun teniendo, en alguna de sus zonas, unas dimensiones superiores a la luz de estos.

<sup>75</sup> La explicación para este fenómeno debe entenderse en el contexto de la metodología de separación de las tres fracciones de limos, realizada por tiempos de decantación siguiendo la Ley de Stokes para cada una de dichas fracciones. El proceso no puede hacer intervenir ningún tamiz de malla metálica, puesto que es casi impensable para diámetros de partícula inferiores a 50  $\mu\text{m}$ . La separación se realiza

Igualmente en esta fracción pueden encontrarse los primeros indicios de microalgas diatomeas, de varias tipologías, con al menos una que responde a una morfología céntrica y en varios casos bilateral, propia de diatomeas pennadas. En este último caso, la presencia de algunos ejemplos completos de valvas permiten adscribir las a los géneros *Hantzschia* sp. (Figura 792) y *Epithemia* sp.. Mientras que la primera de ellas puede plantear la ausencia de lámina de agua pero condiciones húmedas subaéreas (Round *et al.*, 1990), la otra representa a un género mayoritariamente dulceacuícola (Hartley, 1996), ampliamente distribuido en ambientes epipélico y epifítico de componente alcalino (Round *et al.*, 1990).



**Figura 791** (Izqda.), Quistes de crisofitas. **Figura 792** (Dcha.), Diatomea de simetría bilateral y morfología hantzschioide. Ambas 600x.

En todo caso la mayor concentración de microfósiles, pese a ser aquí los múltiples fragmentos silicificados provenientes de otros de mayor tamaño, la ostentan los quistes de resistencia, solamente presentes —aunque en menor concentración— en la fracción limo 20-8 µm. En la mayoría de los casos su conservación es muy alta, hecho que sin duda se encuentra relacionado con varios aspectos. Entre ellos el grosor de sus paredes silicificadas pero también sus propias características morfométricas y las del contexto sedimentario, que no ha involucrado mecanismos postdeposicionales adversos en su interior, como podrían ser la circulación hídrica y una reacción fuertemente alcalina. En todo caso la antigüedad del contexto sedimentario no ha sido obstáculo para mostrarnos qué procesos tuvieron lugar en su formación a través del registro microscópico en él contenido.

La conjunción de quistes de resistencia junto con valvas de diatomeas es un claro indicativo de antiguas condiciones hídricas, cuyo estudio pormenorizado resultaría de enorme interés —dado que ya se ha llevado a cabo una primera valoración— siguiendo un estudio estratigráfico de alta

---

decantando la muestra de forma manual, de modo que es factible el pequeño grado de error que se detecta con la medición de algunas de estas partículas. Hecho que puede ejemplificarse en el caso de la diatomea de tipo hantzschioide (haciendo referencia a la presentada por *Hantzschia amphioxys*, Round *et al.*, 1990) cuyo tamaño supera las 40 µm y que sin embargo ha localizada en la fracción limos finos, de rango situado entre 8-2 µm.



definición (centímetro a centímetro<sup>76</sup>). Si a ello sumamos la presencia de fragmentos de espículas silíceas de esponjas, no cabe duda de que estamos en una zona del paquete sedimentario que recogió evidencias de condiciones hídricas en el pasado. Las cuales deben ponerse en relación con las de tipo paleoambiental y arqueológico, ya que entre todas parecen confirmar un periodo donde el sedimento estaba encharcado, pero sin recibir —en base a las concentraciones de microalgas y fitolitos— materia orgánica en cantidad. De otro modo dichas concentraciones, como ocurre en sustratos de zonas de fuentes, habrían sido superiores. El hecho de que sean gramíneas el grupo vegetal más representado y muy probablemente del tipo *Pooideae*, invita a pensar en un clima frío que no propiciaría la existencia de abundante vegetación hidrófila. Pero solamente la cuantificación de todas las células cortas presentes y en especial la de familias vinculadas a clima cálido y húmedo, en su ausencia o presencia, permitirían ofrecer una lectura más consistente.

### **Limos 20-8 $\mu\text{m}$**

En esta fracción cobran protagonismo los conjuntos de fitolitos, en especial los desarrollados por gramíneas (*Poaceae*). Detectándose tanto los de células cortas (**Figuras 793-794**) como largas (**Figuras 795-796**), e incluso aquellos de talla superior a las 20  $\mu\text{m}$ , que sin duda provienen de las fracciones superiores (**Figuras 799-800**). Los restos de diatomeas detectados en la fracción 8-2  $\mu\text{m}$  aparecen aquí ampliamente representados como valvas completas, en su mayoría de simetría bilateral y que pueden corresponder a los géneros *Epithemia* sp., *Pinnularia* sp. y *Hantzschia* sp.

Los conjuntos de fitolitos y microalgas se completan con restos microscópicos de animales acuáticos como las esponjas de espículas silíceas (**Figuras 799-800**), aunque en este caso lo que observamos son sus fragmentos, de tamaño variable, pero siempre superiores —en su eje longitudinal— al rango máximo de los limos (USDA). Lo cual no hace sino confirmar las lecturas aportadas por la presencia de microalgas, al respecto de condiciones hídricas aptas para estos tres tipos de organismos.

---

<sup>76</sup> Obviamente se trataría aquí de un símil arqueológico, en este caso —si procede llamarle así— microarqueológico, con la creación de tallas artificiales pero realizando perforaciones o sondeos sedimentológicos en sentido horizontal. Y obviamente, ese primer estudio podría realizarse desde la micromorfología, aunque modificando en parte su protocolo de creación de lámina delgada, o al menos lograr realizar éstas en un medio de inclusión (resinas) con uno que presentara un índice de refracción similar a los empleados para confeccionar preparaciones microscópicas con fines de estudio volcados hacia el reconocimiento de microfósiles de base silícea. En todo caso resulta de alto interés —dado que dichos conjuntos microfósiles ya están atestiguados— realizar analíticas en toda la secuencia estratigráfica del yacimiento.

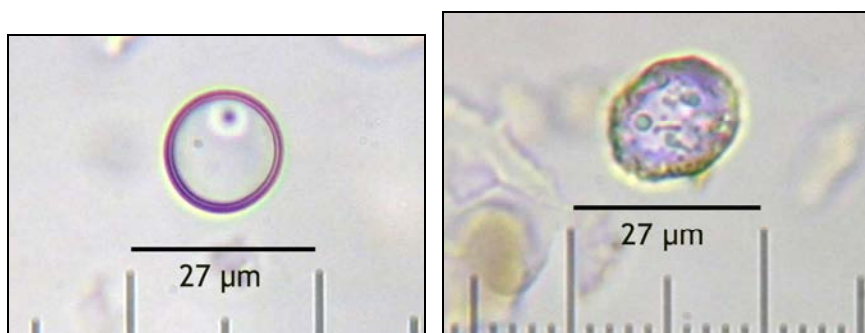


**Figura 793** (Izqda.), Fitolito trapezoidal de célula corta...en vista lateral. **Figura 794** (Drcha.), Fitolito de célula corta trapezoidal en vista polar. Ambas 600x.

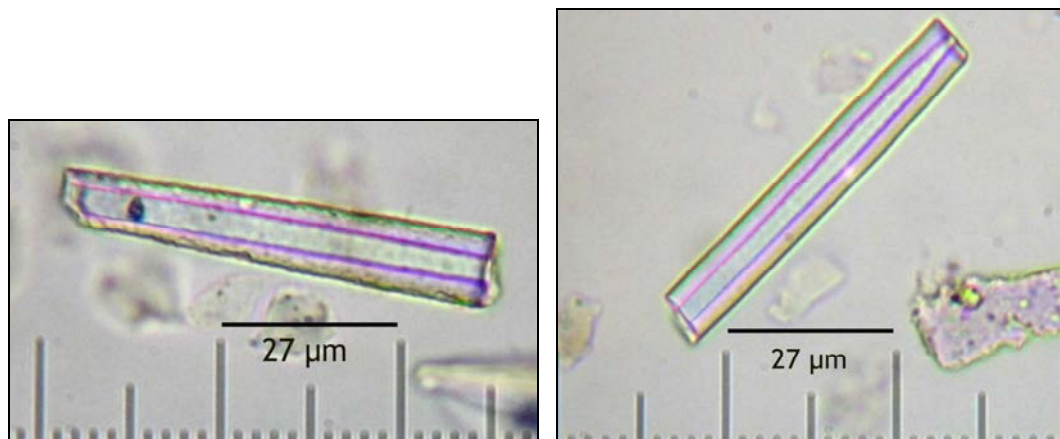
En el contexto que nos ocupa, tales fragmentos comienzan a ser evidentes en la fracción 20-8 µm, pese a que las dimensiones de su eje longitudinal superan ampliamente el límite de los limos medios (20 µm). La explicación de su presencia en los limos finos podría estar en su morfología, de sección cilíndrica y escasas micras (aprox. 10 µm) que les permitiría pasar a través de la malla metálica de los tamices, cuya luz —aplicada para el rango máximo de los limos según la clasificación USDA— es de 50 µm, mientras que algunos de estos fragmentos superan, en su eje longitudinal, las 60 µm.



**Figura 795** (Izqda.), Fitolitos *Poaceae*, de célula corta trapezoidal y célula larga equinada. **Figura 796** (Drcha.), Fitolito de célula larga polilobulado. Ambas 600x.



**Figura 797** (Izqda.), Quiste de crisofita esférico con poro aparentemente cónico. **Figura 798** (drcha.), Fitolito globular liso con ornamentación rugosa o posibles evidencias de disolución de SiO<sub>2</sub>. Ambas 600x.



**Figuras 799 y 800**, Fragmentos de espículas de esponjas. 600x

El registro de microfósiles contenido en los limos 20-8  $\mu\text{m}$  pese a ser netamente inferior al localizado en la fracción 8-2  $\mu\text{m}$ , destaca por su integridad morfológica, lo cual –al contrario de lo que ocurre en dicha fracción– permite su correcta identificación y por tanto llevar a cabo una filiación biológica más aceptable que el primer caso. Si bien se localizan una serie de ellos que corresponden a la fracción superior (limos 50-20  $\mu\text{m}$ ).

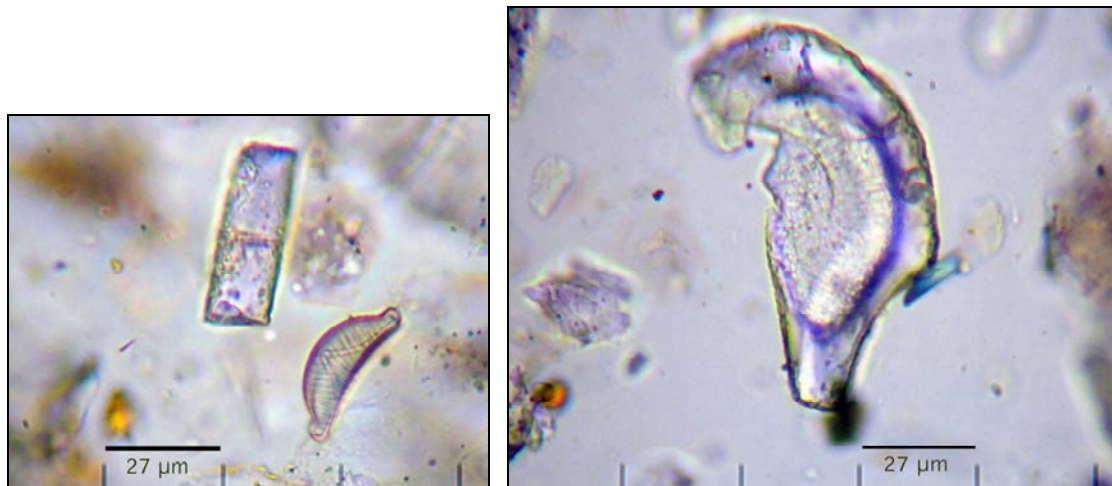
#### **Limos 50-20 $\mu\text{m}$ .**

Obviamente la mayor información sobre fitolitos de tamaño medio (>20  $\mu\text{m}$ ) podría seguirse en la fracción de los limos gruesos, sino fueran porque estos guardan –en este caso– el componente biogénico más bajo de las tres fracciones de limo. Pese a ello es aquí donde presentan menor fragmentación y por tanto todas sus características morfométricas originales. Lo mismo ocurre con las valvas de diatomeas y no tanto con los quistes de crisofitas, cuyo tamaño los sitúa –de forma común– en la fracción de los limos finos (8-2  $\mu\text{m}$ ) y en todo caso medios (20-8  $\mu\text{m}$ ).

Obviamente la fracción de los limos 50-20  $\mu\text{m}$  es la que puede aportarnos mayor información sobre recursos vegetales, dado que en ese rango ya pueden estar presentes células de gran tamaño, más fácilmente asociables a determinados grupos de plantas. Despejándose, en esta fracción, las posibles dudas sobre algunos microfósiles representados en las fracciones anteriores.

En el caso de las microalgas y concreto de los quistes de crisofitas, estos pasan a un segundo término, como ya lo hicieron en la fracción 20-8  $\mu\text{m}$ . Por el contrario, y como ocurría en ésta, las diatomeas presentan valvas completas que permiten adscribirlas al menos a tres géneros: *Epithemia*, *Pinnularia* (posiblemente *arenaria*) y *Surirella* sp. (**Figura 801**).

Una de las tipologías más relevantes en esta fracción son los fitolitos de células buliformes cuneiformes (*bulliforms cuneiform phytoliths*, ICPN 1.0). Se trata en concreto de fitolitos cuya filiación biológica es clara, correspondiendo a las grandes células situadas en las hojas de ciertas gramíneas (*Poaceae*) y que en este caso –como en el de otros contextos abordados en esta tesis– parece presentar la distribución geométrica que hemos propuesto para taxones de la subfamilia *Arundinoideae* (**Figura 802**).



**Figura 801** (Izqda.), Fragmento de fitolito alargado y liso (*elongate psilate phytolith*) junto a valva de diatomea del género *Epithemia* sp. **Figura 802** (drcha.), Fitolito de célula buliforme cuneiforme (*cuneiform bulliform phytolith*). Ambas 600x.

### Conclusiones sobre los indicadores ambientales proporcionados por el análisis microfósil de sedimentos de Ambrona.

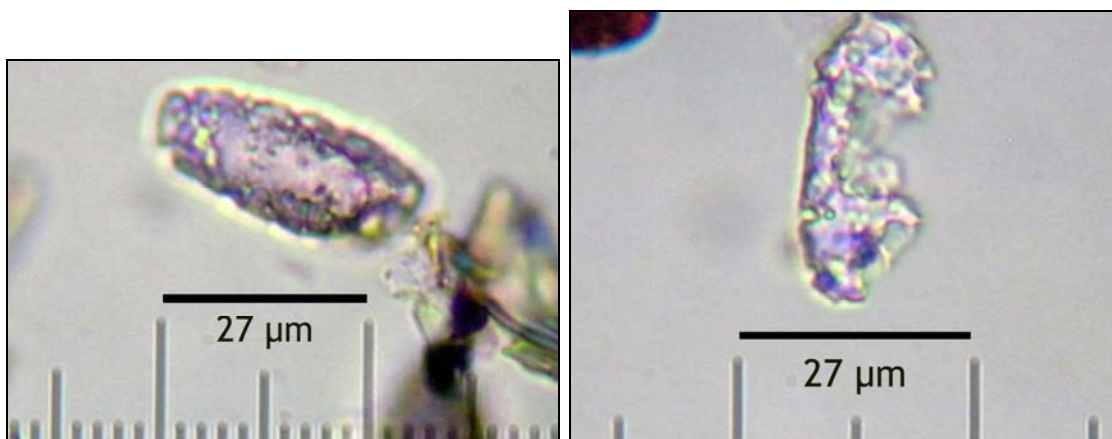
#### Fitolitos

Algunos de los aspectos de los procesos postdeposicionales, que afectan al registro de microfósiles silíceos, pueden ser seguidos a través del estado de conservación de éstos. Y de paso nos aportan la posibilidad de informarnos sobre las características de parámetros como la reacción del sedimento y la presencia o no de circulación hídrica en el paquete sedimentario sometido a estudio, parámetros que a su vez están directamente ligados a las características de dicho medio. Este es el caso de los indicios de procesos de disolución de SiO<sub>2</sub> por pH básico extremo y/o circulación hídrica. Varios ejemplos de fitolitos, en su mayoría de células situadas en los limos 20-8 y 50-20 µm, manifiestan haber sufrido dicho proceso de disolución, con la presencia de oquedades en su morfología, que incluso pueden llegar a desdibujarla por completo (**Figura 803-804**), hecho que impide en este caso su adscripción a un grupo concreto de fitolitos, que en otros casos sí es posible, cuando dicho proceso parece solamente afectarles en superficie .

La detección del proceso de disolución de SiO<sub>2</sub> evidencia a su vez condiciones muy concretas en los sedimentos que contienen el registro microfósil. Y obviamente la primera de ellas sustenta la hipótesis de un medio alcalino y por tanto de un ambiente propicio para ello: cálido y húmedo. O bien donde existiera un aporte de carbonatos derivados de la combustión de tejidos de plantas leñosas, como ocurre en zonas de donde estuviesen activadas estructuras de combustión.

En general el registro de fitolitos permite realizar su correcta filiación biológica, que en su mayoría debe vincularse a gramíneas (*Poaceae*), concretando en algunos casos a la subfamilia *Pooideae*. En otros, en base a la presencia de fragmentos a nivel de indicios, podría plantearse la existencia de células cortas bilobuladas como las desarrolladas por la subfamilia *Panicoideae*, pero el hecho de solamente sean observadas con nitidez y

fragmentadas en la fracción limo 8-2  $\mu\text{m}$ , invita a pensar en su escasa representatividad en el total del registro de fitolitos.



**Figura 803** (izqda.), Fitolito de apéndice epidérmico con proceso de disolución de  $\text{SiO}_2$  en superficie. **Figura 804** (drcha.), Fitolito con buena parte de su morfología degradada por el mismo proceso. Ambas 600x.

### Microalgas diatomeas

En el caso de *Hantzschia* sp. sus requerimientos medioambientales son bien conocidos y por tanto son de los que mejor pueden permitir una interpretación más directa. La posibilidad de que se trate de *H. amphioxys* (Ehremberg) Grunow indica un medio alcalino que no necesariamente tendría que estar permanentemente inundado, ya que se trata de una diatomea que puede desarrollarse en ambiente subaéreo, en suelos y sedimentos, aunque también puede ser perifítica en el agua. Por ello podría plantearse su desarrollo en un contexto de suelos húmedos a inundados y con un pH alcalino.

### Crisofitas

Parte de la información aportada por la presencia de determinadas diatomeas resulta confirmada por la de quistes de crisofitas, especialmente las condiciones de humedad, comunes hasta cierto punto para ambos tipos de organismos.

La morfología esférica con poro regular es una de las más comunes y por ello más fácil de relacionar entre diferentes contextos. En cuanto a su afinidad biológica, ya fuera descrita por Chodat (1922) como miembro de *Chrysostomataceae*, en contextos del Terciario hasta el presente. Según Pla (2001) se trata de un tipo de quiste que probablemente es producido por varias especies de crisofitas, incluyendo *Chrysolepidomonas dendrolepidota* Peters et Andersen (Peters & Andersen, 1993). En cuanto a su ecología, Pla indica que fue detectada en sedimentos superficiales lacustres<sup>77</sup> (Pirineos) con valores de pH neutro o débilmente básico (7.01). En todo caso conviene recordar también el planteamiento sobre las algas crisofitas aportado por

<sup>77</sup> En el Lago Serrader, con una profundidad estimada de 14 metros, aunque entendemos que estos son datos contextuales a la zona donde se extrajo la muestra: las orillas del lago.

Cronberg (1986), refiriéndose a ellas como propias de pequeños lagos, charcas y pozas, con agua no demasiado limpia. Lo cual en este caso podría extrapolarse a un ambiente de llanuras inundadas por aguas someras, que quizás sólo eran la antesala de zonas con recursos hídricos y vegetales muy atractivos para la fauna, también por ello para los grupos humanos del achelense en esa zona de la Península Ibérica. Hasta el punto de ser considerado —en función de los datos arqueológicos existentes— como territorio de caza de los mismos (Santonja, 1989; entre otros).

No disponemos de demasiada información arqueológica sobre el contexto vegetal de Ambrona, como sí ocurre con la de tipo faunístico, cuyo estado de conservación y abundancia permitió no sólo responder a la afinidad biológica del conjunto óseo, sino además datar su contexto en el plano de las oscilaciones climáticas del Cuaternario (Butzer, 1965; Santonja, 1989; entre otros). En concreto para Ambrona —único yacimiento del conjunto Torralba-Ambrona del que disponemos de muestras— Santonja indica que en el denominado *Complejo Superior* predomina el caballo y en general fauna de clima frío. Lo cual y en unión de los resultados paleopalínológicos existentes, sugieren un paisaje vegetal abierto con arbolado muy escaso y restringido a los márgenes fluviales, y en general propio de condiciones interestadiales.

Tomando el registro de fitolitos, presentes en la fracción limo de este análisis y muestra-control de Ambrona como aporte de información extra a la ya existente en materia de microfósiles vegetales, cabe deducir la presencia de varios grupos de plantas. Obviamente las diatomeas y crisofitas ya constituyen dos tipos de las mismas, aunque vinculadas a sustratos húmedos e incluso encharcados. Por el contrario las plantas terrestres representadas en el sedimentos parecen restringirse a gramíneas de la subfamilia *Pooideae* con escasos indicios de *Panicoideae*, lo cual no hace sino proponer una lectura basada en un medio con ambiente de ribera, de cierta llanura con aportes hídricos pero bajo contenido en nutrientes. Las concentraciones de microalgas silíceas es bastante bajo con respecto a otros contextos de puntos húmedos.

#### **Formación Tereñes (Ribadesella, Asturias).**

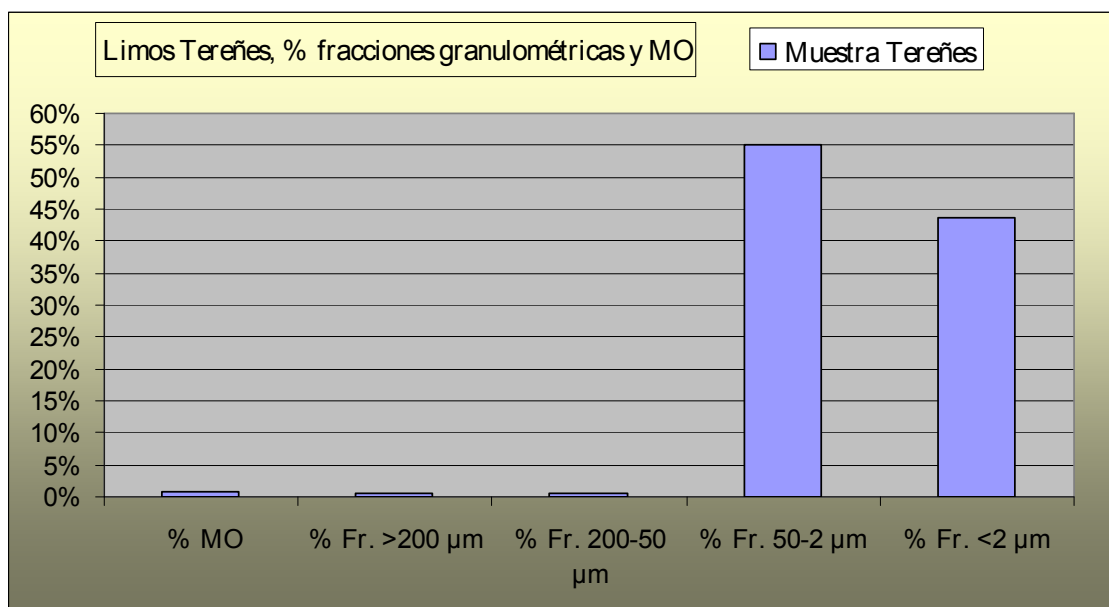
Con seguridad se trata de la muestra de mayor antigüedad del conjunto muestral analizado, configurándose como un sustrato que formó parte de un *lagoon*, o llanura inundada de aguas someras existente en la costa cercana a la localidad actual de Ribadesella (Asturias). Su antigüedad corresponde al Jurásico reciente y en concreto al Kimmeridgiense ( $155,7 \pm 4,0$ - $150,8 \pm 4,0$  Ma) de la costa cantábrica y su importancia radica en corresponder a un periodo de gran diversidad y actividad biológica, con conocido desarrollo de fauna de grandes reptiles, que dejaron su impronta (icnitas) en gran parte de la costa asturiana<sup>78</sup>. Igualmente los datos existentes, sobre aspectos paleoambientales,

---

<sup>78</sup> Aspectos que son expuestos con rigor en el Museo del Jurásico de Asturias (Colunga) y cercano a varios yacimientos jurásicos costeros con icnitas.

indican la existencia de bosques integrados por coníferas y helechos, donde se encontraba ausente aun la flora de gramíneas<sup>79</sup>.

Las características que nos ha sido posible definir sobre este material, siguiendo el corpus metodológico contemplado como “total” en las prácticas analíticas de esta tesis, tampoco aportan información sustancial al respecto de su contenido microfósil, al menos más allá de su inexistencia. Eso sí, ha sido posible detectar algunas características fundamentales de este singular material, como su alto componente limoso, al estar formado, en su gran mayoría, por partículas de limo (50-2  $\mu\text{m}$ ) de naturaleza carbonatada, hecho que se constata con su observación bajo luz polarizada. Así mismo presenta muy bajo contenido en materia orgánica (0,92%) quedando pendiente hacerlo con los carbonatos, que se estiman de forma preliminar muy elevados. Como ya se ha adelantado, su granulometría está dominada por la fracción limo (55,19%) y arcilla (43,58%) que hace que la fracción arena 200-50  $\mu\text{m}$  quede reducida a 0,65% y la de arena >200  $\mu\text{m}$  a 0,57% (Gráfico 143). Y dentro de los limos parecen ser los medios y finos (20-8 y 8-2  $\mu\text{m}$  respectivamente) más abundantes que los gruesos (50-20  $\mu\text{m}$ ).



**Gráfico 143.** Porcentajes de materia orgánica y fracciones granulométricas en muestra de limos/margas de la Formación Tereñes.

Probablemente la fracción arcilla, a la que ya aludimos, esté igualmente compuesta por agregados ricos en  $\text{CaCO}_3$ , derivados de procesos de sedimentación donde existe un enriquecimiento progresivo de cemento carbonatado (García-Ramos *et al.*, 2010).

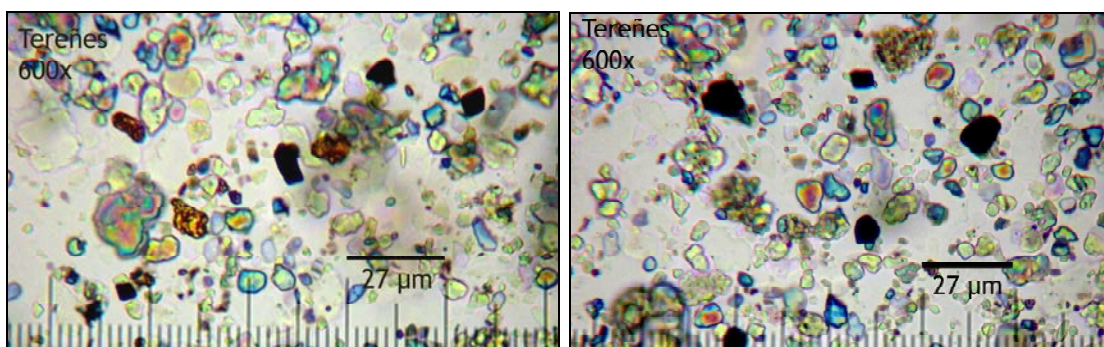
Desde esos datos, puede deducirse que estamos ante un material vinculado a la sedimentación de fracciones finas y no arenosas, que en la naturaleza básicamente pueden presentarse, además de un contexto acuático sin

<sup>79</sup> Las primeras gramíneas debieron aparecer hace unos 70 millones de años, produciéndose su mayor diversificación hace unos 30 M.a., cuando aparecen las primeras pertenecientes a la subfamilia *Panicoideae* (Piperno, 2006).

intervención de corrientes hídricas de moderada y alta energía, en zonas de sedimentación eólica, caso de las acumulaciones cuaternarias de loess (Chaline, 1982; entre otros). Ciertamente las partículas minerales presentan formas redondeadas, con escasos ejemplos de angulosas, comprobándose —al microscopio óptico— como su tamaño general está por debajo de las 50  $\mu\text{m}$ .

Si se descarta su relación con el proceso eólico, las lecturas geológicas al respecto de esta sección de la Formación Tereñes, hacen referencia a ese tipo de contexto situado bajo una lámina de agua, propio de una laguna interior (el *lagoon* citado por García-Ramos et al., 2010) pero donde no se conservan restos de microalgas silíceas. Hecho que debe ponerse en relación no solamente con la posibilidad de que no se desarrollasen, lo cual resultaría extraño en exceso, sino con la posibilidad de que habrían resultado disueltas por condiciones adversas para todas las partículas de base silíceas. La concentración de carbonatos podría confirmar este hecho, facilitando la disolución de la sílice y con ello todo rastro microfósil con esa composición, lo cual ya ha sido observado a nivel macroscópico<sup>80</sup>.

El registro microfósil es prácticamente inexistente, salvo por muy aislados microfragmentos de carbón, pudiéndose afirmar que se trata de éste y no de otro tipo de materia orgánica, dado que la muestra fue tratada previamente para su eliminación<sup>81</sup>. Los rangos de tamaño de dichos microcarbones se sitúan igualmente entre la fracción limo, no observándose fragmentos por encima del máximo de los limos gruesos (50  $\mu\text{m}$ ) y predominando entre los limos medios (20-8  $\mu\text{m}$ ) y finos (8-2  $\mu\text{m}$ ), **Figuras 805-806**.



**Figuras 805-806**, Fracción 2-700  $\mu\text{m}$  de la muestra de la Formación Tereñes, con claro predominio de limos medios, entre los que destacan microfragmentos de carbón. Ambas 600x.

Llama especialmente la atención la ausencia de microalgas silíceas, presentes en casi todos los sustratos donde ha existido circulación o acumulación de agua, de forma más o menos continuada y donde la productividad biológica se ve favorecida por los parámetros comunes para el desarrollo, por ejemplo, de diatomeas (pH, nutrientes, insolación, etc.). Las lecturas en este sentido apuntan igualmente al componente carbonatado del

<sup>80</sup> García-Ramos, Museo del Jurásico, Asturias, 2011, Com. Pers.

<sup>81</sup> Mediante uno de los protocolos al uso en Edafología y empleado de forma habitual en los de extracción de fitolitos y microalgas en suelos y sedimentos, consistente en este caso en la oxidación de la muestra en presencia de peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) en caliente ( $>80^\circ\text{C}$ ) hasta el cese de toda reacción.

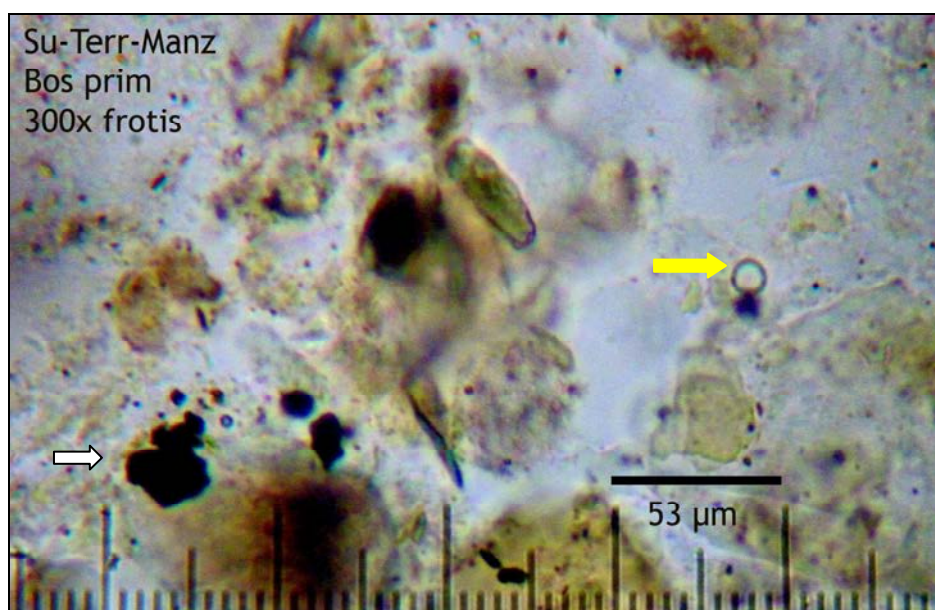


sustrato, donde de haber proliferado algún tipo de microalgas con esqueleto o quistes de base silíceo, habrían resultado disueltos por acción del fuerte componente alcalino. Aunque quizá cabría una segunda hipótesis, aquella relacionada con la propia evolución biológica, ya que las microalgas —al menos las diatomeas— estaban ausentes aun durante buena parte del Jurásico<sup>82</sup>.

#### Terrazas del Manzanares (Madrid).

El sustrato donde se localizó el cráneo de *Bos primigenius* presenta primeramente un porcentaje muy bajo de materia orgánica (0,16%), resultado que se considera normal en función de las características del material analizado, bancos de arena aterrizados fruto de la acumulación fluvial. Por motivos metodológicos, no se estimó el posible contenido en carbonatos, que a juzgar por la naturaleza de la muestra, pueden plantearse como medio-altos.

Respecto a la granulometría de las muestras, las fracciones finas son abundantes, al menos en cuanto al contenido en arcillas, que podrían significar el 38,31% del peso de partida, un aspecto que ya es evidente durante la observación microscópica en bruto de la muestra (**Figura 807**).



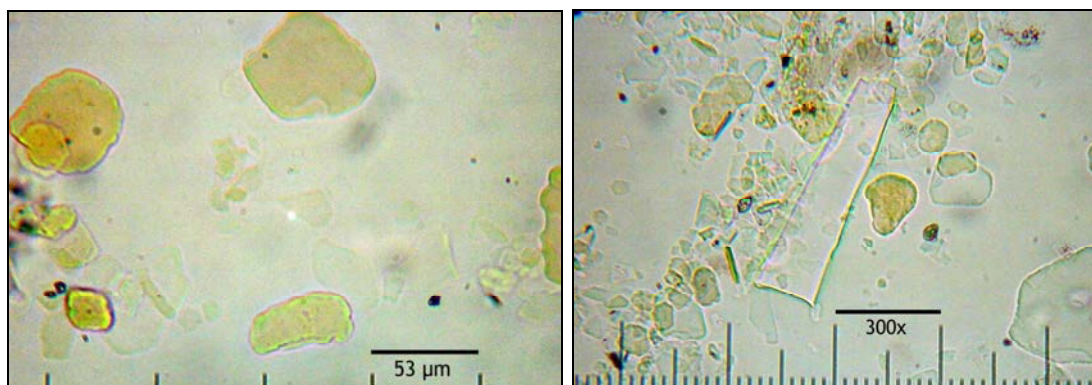
**Figura 807**, Aspecto del sedimento contextual al cráneo de uro de las terrazas del Manzanares. Con percepción de agregados de arcilla y la única presencia de microcarbón (blanco) y quistes de crisofitas, muy aislados (amarillo). 300x.

La observación de la muestra en bruto es efectivamente la que ofrece una imagen más palpable de la naturaleza de la muestra, donde los agregados de arcilla y microfósiles muy aislados, como microfragmentos de carbón y quistes de resistencia en proceso de disolución resultan de los pocos elementos biogénicos existentes. La eliminación de la fracción arcilla, necesaria para comprobar dicha afirmación no revela grandes cambios, salvo la naturaleza de

<sup>82</sup> Dra. M<sup>a</sup>.A. Bárcena (USAL), Com. Pers., 2011.

unas partículas de formas redondeadas y bordes romos, propios de haberse vistos afectados por transporte eólico o hídrico (**Figura 808**). Los ejemplos de silicificaciones con un posible origen vegetal son muy escasos, y aun así de muy compleja adscripción taxonómica. Así se detectan fragmentos de silicificaciones alargadas, de bordes y superficie lisa (**Figura 809**).

Los resultados del análisis de estas muestras no revelan aspectos significativos en el plano microfósil más allá del de su ausencia, la cual debe interpretarse en el seno de su propia naturaleza. La zona donde fue hallado el cráneo de uro son las antiguas terrazas del Manzanares, un lugar de riberas encharcadas donde no existía vegetación ribereña, dado que no se observa ningún tipo de silicificación vinculada a la misma, como de gramíneas y ciperáceas. Sin embargo, la detección de quistes aislados de crisofitas, de forma esférica, lisos, aparentemente carentes de ornamentación y collar aportan un referente sobre sustratos encharcados. Todo ello tiende a explicar el ya de por sí claro contexto que rodeó el hallazgo de los restos faunísticos. Una zona de ribera donde el animal posiblemente quedó atrapado o cayó finalmente tras el ataque de grupos humanos. Sin duda no es la zona propia de su hábitat, quizás más circunscrito a un ambiente mixto de bosques y praderas, sino donde finalmente murió.



**Figura 808** (Izqda.), Partículas minerales romas, de tamaño limo-arenas finas. **Figura 809** (Drcha.), Silicificación alargada de bordes lisos, también entre partículas similares a las anteriores. Ambas 300x.

Por únicos referentes microscópicos de este posible hecho y en concreto de su posible consumo *in situ*, disponemos de microfragmentos de carbón.

Durante la inspección microscópica parecen detectarse lo que podrían ser microfragmentos de hueso animal, pero únicamente puede citarse como ejemplo de partículas cuya naturaleza habría que confirmar mediante el análisis de mayor cantidad de muestra.

En cuanto al aspecto paleoambiental, los datos granulométricos parciales parecen indicar que se trata de una textura franca a franco-arcillosa, lo cual parece destacarse ante la inspección microscópica, tanto de la muestra en bruto como de la únicamente formada por arenas y limos, donde éstos son relativamente abundantes. Sus morfologías redondeadas sugieren precisamente haber sufrido procesos de arrastre. Quizás estemos ante aspectos propios de la naturaleza de un sustrato natural donde aun no ha arraigado la vegetación, de obvia sedimentación natural, hídrica o eólica,

pero donde se están produciendo procesos edafogénicos, a juzgar por el porcentaje de arcillas que presenta (cercano al 40%). Y donde existían condiciones propias para la presencia de fauna de gran tamaño, obviamente también del tipo de *Bos primigenius*. Pero también para su caza y más que posible consumo por grupos de cazadores-recolectores paleolíticos, en este caso de hace unos 300.000 años<sup>83</sup>.

### **Sedimentos del río Nilo (Aswan).**

El análisis de los sedimentos del Río Nilo ha sido considerado como un afortunado contacto directo con uno de los materiales más emblemáticos de la Historia Antigua, directamente asociados al desarrollo y plenitud de la antigua cultura egipcia, como elemento propiciador de su base económica agrícola a lo largo sus diferentes etapas históricas. Ya que la fertilidad de las tierras empleadas para la implantación de cultivos como los cereales, frutales y hortalizas se ha relacionado, de forma rotunda, con un modelo agrícola donde primaba la fertilización con este tipo de sedimentos, depositados de forma natural sobre las tierras afectadas por la inundación anual del Nilo (Butzer, 1976).

En principio la naturaleza de la muestra la hacia corresponderse con los emblemáticos limos del Nilo, río cuyo papel en la historia de los egipcios ya fuera difundido por Herodoto (II, 35). En el caso de los limos, de forma común, se asume que eran la fracción mineral que fertilizaba las tierras con cada inundación anual, con desigual entidad y número según los años (Mokhtar, 1983). Esos limos, llegados con la inundación, suponían —antes de la llegada de los primeros cultivadores— que sobre las arenas de las orillas y zonas situadas a escasa altura con respecto a éstas se depositaran capas de limos o cienos blandos. No cabe duda de que el resultado de esa conjunción de materiales aluviales y edáficos será un terreno excepcionalmente fértil, incluso antes de la llegada de los primeros pobladores humanos.

Y será en esas extensiones donde paulatinamente se establezcan toda una serie de infraestructuras e ingenios orientados al control de las aguas de inundación (Mokhtar, 1983; entre otros).

### **Resultados analíticos**

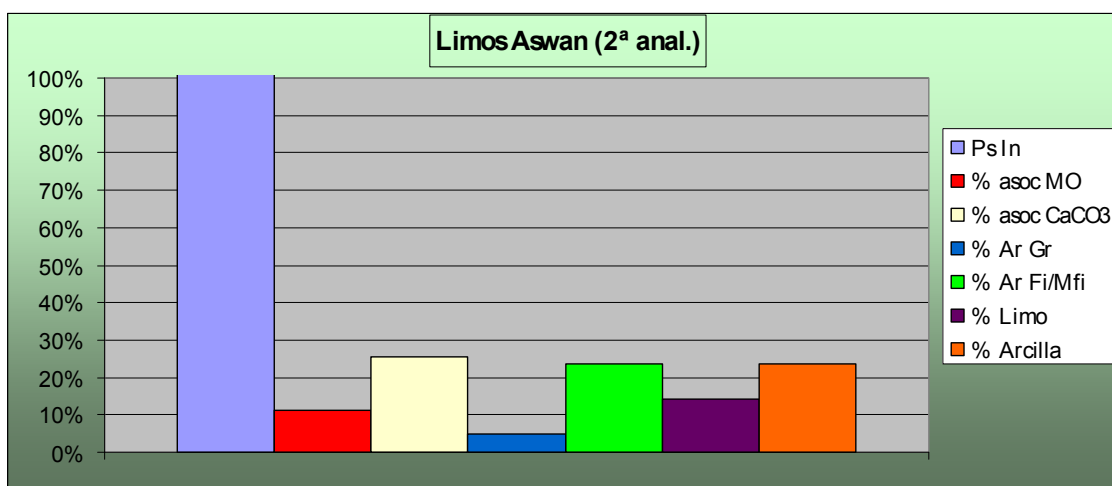
Por todo ello, un primer análisis se ha constituido como una aproximación directa a tan emblemático material. A lo largo de tres analíticas independientes se ha logrado conocerle parcialmente, tanto a nivel químico básico (contenidos en materia orgánica y carbonatos) como físico, mediante la estimación de sus fracciones minerales y coloidales.

De las tres pruebas realizadas, mediante tres protocolos con algunas diferencias analíticas, los resultados más idóneos son —en nuestra opinión— los que permiten ofrecer datos más amplios, aquellos que derivan de tareas más exhaustivas para con el material analizado. La segunda prueba analítica realizada ha permitido tal fin, aportándonos el contenido en materia orgánica, carbonatos y fracciones granulométricas del sedimento donde el principal objetivo es conocer su registro microfósil. En la mencionada segunda

---

<sup>83</sup> La cronología que se le atribuye a estos restos de *Bos primigenius* (han sido varios los recuperados) es de unos 300.000 años, lo que los sitúa en el pleistoceno medio de la actual provincia de Madrid.

prueba analítica se emplearon los reactivos comunes para el análisis exclusivo de microfósiles de base silíceo. Por ello además de peróxido de hidrógeno ( $\text{H}_2\text{O}_2$ , 30%), para oxidar la materia orgánica, se empleó la conjunción de ácido clorhídrico más ácido nítrico ( $\text{HCl}+\text{HNO}_3$ , 10%), para eliminar los carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ). El resultado de esta última operación permite estimar dicho contenido en una proporción más completa que empleando, como ocurre en la primera prueba, ácido acético glacial y sobre todo más que en la tercera, donde no se emplearon reactivos químicos, siguiendo el protocolo descrito –para la recuperación de microfósiles totales (silíceos y carbonatados)– por Korstanje (2006, entre otros). El resultado de esta muestra ofrece una idea aproximada de la naturaleza de los limos de Aswan, con un contenido en materia orgánica que escasamente supera el 10% pero con un componente carbonatado que supera el 25% (**Gráfico 144**).



**Gráfico 144**, Proporciones (%) de los contenidos en materia orgánica (M.O.), carbonatos ( $\text{CaCO}_3$ ) y fracciones granulométricas en relación con el 100%, representado aquí por el peso de partida de la muestra analizada (Ps. In.).

Sin embargo, pese a que a nivel químico los resultados de este segundo test de agentes cementantes pueden considerarse totalmente idóneos, el que se refiere a las fracciones granulométricas obligó a la realización de una tercera analítica<sup>84</sup>. La razón de esta opción viene dada por la comprobación

<sup>84</sup> Lo positivo de repetir el análisis de una misma muestra varias veces radica en que se comprueba la idoneidad del método, mediante la comprobación de la similitud o diferencia de los resultados cuando éste es el mismo. Y además comparar la diferencia de resultados, en función de los objetivos buscados mediante diferentes tipos de analíticas, cuando el protocolo de análisis difiere de los anteriores. Pese a la idoneidad de esta práctica, lamentablemente en un trabajo de investigación con límite de entrega no siempre puede realizarse, viéndose igualmente comprometida cuando no se han conocido el protocolo más acorde con la naturaleza de la muestra y ésta en función de los objetivos buscados. De este modo, sólo cuando se han realizado un número significativo de tratamientos y analíticas, se comprueba que la frase de Publio Siro ("la práctica es el mejor de los maestros") es totalmente cierta. Este hecho nos ha permitido conocer que cada muestra, cada material, requiere de un análisis concreto y que muchas veces la aplicación del análisis estandarizado más avanzado y

experimental final de que el método empleado, para realizar la segunda analítica, no era tan eficaz –como posteriormente se observó– en materia de dispersión y eliminación de la fracción arcilla (<2  $\mu\text{m}$ ). Efectivamente, el empleo de los ultrasonidos –lamentable y tardíamente empleando con el conjunto muestral– supuso conocer su efectividad en una tarea que, a todas luces, es de las más complicadas cuando un sustrato (sedimento o suelo) es rico en arcillas (Lefter & Boyd, 1999; entre otros). Como ya hemos mencionado, la dispersión de los enlaces que dan consistencia a los agregados de arcilla, es una tarea que debe acometerse con suma dedicación y aun así compleja de dar por terminada. El resultado, cuando no se ha logrado totalmente este hecho, es sencillamente rotundo y difícil de asumir, ya queda comprometida la observación del registro total de microfósiles.

Entendiendo que el estudio de las fracciones granulométricas es fundamental en el conocimiento de un sustrato como los limos del río Nilo, los resultados obtenidos en la primera y segunda prueba parecen los más acertados, dado que en ellos se han eliminado los carbonatos, de forma más eficaz en el segundo caso<sup>85</sup>. De esta forma los resultados obtenidos –con respecto a la granulometría de las muestras– indican primeramente que la muestra de las riberas del Nilo a su paso por Aswan no se corresponden con lo que serían los famosos “limos del Nilo”, dado que la fracción dominante nunca es la del rango de partículas situado entre 50 y 2  $\mu\text{m}$ . De las tres analíticas realizadas –dejando la tercera de ellas para el final–, los limos representan siempre menos del 15% de las fracciones granulométricas.

La fracción dominante de esta muestra, a la luz de las pruebas realizadas, son las arcillas (1ª analítica) y las arenas 200-50  $\mu\text{m}$  (2ª analítica). La otra fracción escasamente representada es la correspondiente a las arenas >200/250  $\mu\text{m}$ , que no alcanza en el 7%, salvo en la tercera analítica realizada, quizás sobre la que aporta más reservas, que rondaba el 15%. Si además estimamos el total de la fracción arena, situada entre <2mm y >200  $\mu\text{m}$  en 23% (mínimo) y 28% (máximo), con respecto a la fracción arcilla, que por sí misma se sitúa en casi el 26%, obtenemos la idea de que es precisamente la fracción arcilla la que puede considerarse como fundamental en las pruebas realizadas.

Esta fracción por sí sola ya tiene mucha relevancia, sobre todo en un sustrato que es considerado como un agente fertilizador de las orillas del Nilo primero y luego de las tierras de labor que se fueron creando al amparo de su influencia (Mokhtar, 1990). Si nos atenemos a la lectura del predominio de la fracción arcilla en contextos edáficos terrestres, se la considera como la que posee la fertilidad química más alta, dependiendo de la mineralogía (Porta *et al.*, 1999; entre otros). Su presencia en los sedimentos del Nilo debe considerarse, primeramente desde la perspectiva granulométrica, como un referente de suma importancia, puesto que unido a la homogénea

---

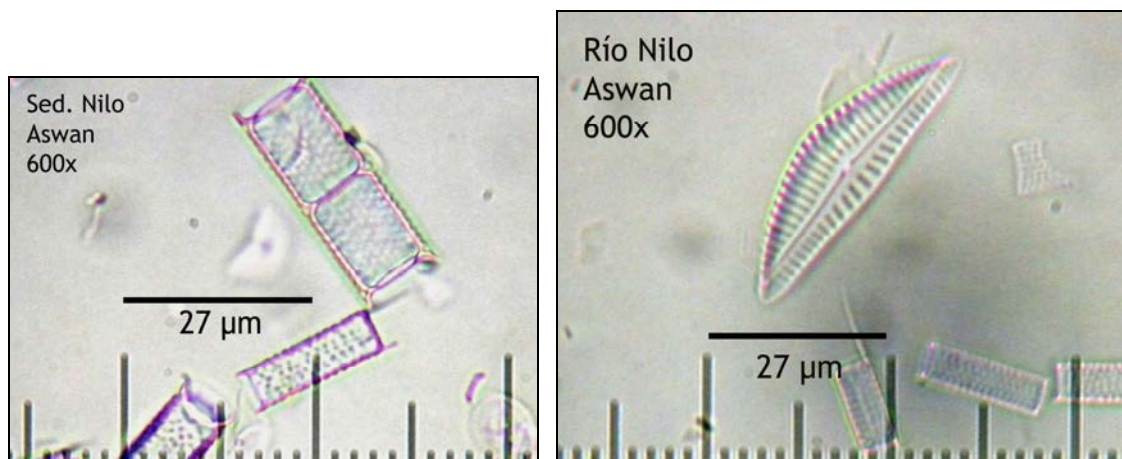
consensuado puede requerir de una más que aconsejable modificación de protocolos (*mutatis mutandis*).

<sup>85</sup> Con el empleo de ácidos clorhídrico y nítrico en disolución 10%.

representatividad del resto de las fracciones, representa a un sustrato equilibrado y sin duda fértil<sup>86</sup>.

### Registro microfósil.

Al respecto de su relación con el agua, esta muestra no puede ser más explícita, ya que su fracción limo se encuentra mayoritariamente compuesta por valvas de diatomeas, de al menos cuatro morfologías y especies. Siendo claramente mayoritaria las pertenecientes al género *Aulacoseira* spp. (**Figura 810**) seguida, a mucha distancia —en cuanto a concentraciones— por al menos tres especies de diatomeas de simetría bilateral (pennadas).



**Figura 810**, Diatomeas del género *Aulacoseira* spp. (Izqda.). **Figura 811** (Drcha.), valva de diatomea del género *Cymbella* sp. (drcha.). Ambas 600x.

Una de las especies menos representada podría corresponder al género *Cymbella* sp. (**Figura 811**), género con células fuertemente dorsiventrals, arqueadas, estrías uniseriadas y rafe con nódulos centrales, ligeramente curvado. Y un tipo de diatomea propia de agua dulce, donde se desarrolla en ambientes epifíticos, epilíticos o epipéllicos (Hartley, 1996; Round et al., 1990). El hecho de que este mismo tipo de diatomea haya sido localizado en el horizonte superficial A del monte de laurisilva de Tenerife, con un pH de valor ácido (5,72), nos hace plantear que igualmente las condiciones donde se desarrollaba en el río Nilo, podrían tener ese componente. Sin embargo, la escasa representación de esta morfología con respecto a la mayoritariamente representada por valvas de *Aulacoseira* sp., invita a pensar que son las

<sup>86</sup> El concepto de fertilidad, basado en la disponibilidad de todos los nutrientes necesarios para el pleno desarrollo de organismos vegetales, cobra aquí la relevancia asociada a las propiedades de un material considerado como agente fertilizante natural de las riberas del Nilo. Si nos atenemos a las lecturas emanadas del análisis granulométrico, serían las fracciones de limos y arenas las que diferencian este sustrato del componente, claramente arenoso, que circunda el recorrido de este gran río hasta el mar. El componente arcilloso sería pues, en el caso de las muestras analizadas, el predominante en el material que conocemos como "limos del Nilo". El análisis microfósil, aplicado a la muestra ya libre de agentes cementantes indica que se trata de una fracción eminentemente biomineral, saturada e incluso formada en su mayoría por valvas de diatomeas. analizada, el aspecto más relevante de la misma.

condiciones ambientales propicias para esta especie las que deben ser tenidas en cuenta en primera instancia. Desde esa perspectiva, cabe señalar que *Aulacoseira* sp. no ha aparecido como forma dominante, en concentraciones, en ninguno de los materiales analizados en las Islas Canarias.

En todo caso podría hipotetizarse no sólo en base a las observaciones sobre muestras provenientes de *training sets*, sino también a la información bibliográfica existente, partiendo de Round *et al.* (1990; entre otros) e interpretando en base a Stoermer & Smol (1999, varios autores) y Bárcena<sup>87</sup>, sobre las afinidad ecológica de *Aulacoseira* sp., propia de un género cosmopolita, planctónico y propio de agua eutrofizada, como las de lagos también fuertemente carbonatados. Ese dato, emanado de las lecturas aportadas por Fritz *et al.* (en Stoermer & Smol, 1999) en su estudio sobre las columnas sedimentarias del Lago Abhé, cuenca terminal del Río Awash (Afar, Etiopia), plantea interpretar el registro de microalgas dominantes del sedimento de Aswan como propio de un medio mayoritariamente alcalino. Mientras, la presencia de la especie del género *Cymbella* sp. detectada en concentraciones significativamente menores, bien podría significar cambios en dicho componente, quizá etapas donde el pH fuese más ácido que en el que se desarrollaron ingentes cantidades de *Aulacoseira* sp.

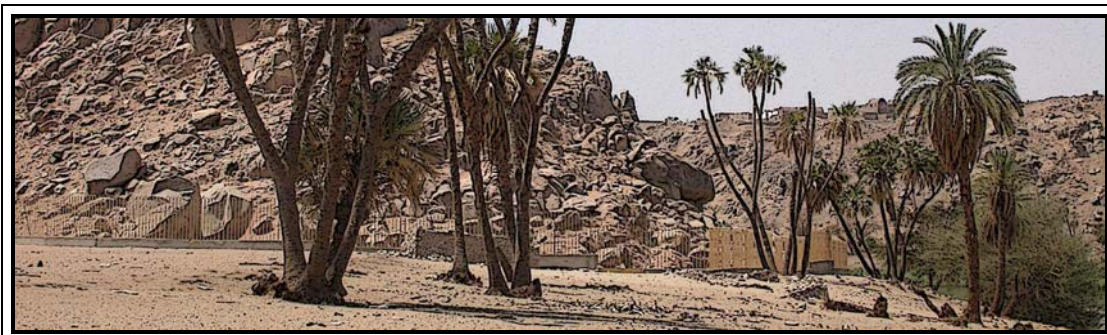
Si introducimos el estudio paleo-limnológico del lago Manzala (Zalat, 2000), los sedimentos cuaternarios del delta del Nilo cobran la relevancia de informarnos sobre la propia historia de esta parte del río y el propio Egipto. Ya que han existido cambios en la incidencia del flujo de agua, bien como en la antigüedad desde el propio cauce del río, como en la actualidad<sup>88</sup> con gran influencia marina, que han transformado todo el ecosistema del lago Manzala y por tanto también el componente sedimentario, en calidad y cantidad.

El registro más antiguo detectado en los lodos de Aswan, mayoritariamente formado por *Aulacoseira* sp. así como la información paleolimnológica aportada por el estudio de Zalat, no deja muchas posibilidades para la casualidad. Indudablemente estamos ante la confirmación no sólo de que *Aulacoseira* formaba parte de las condiciones ambientales aportadas por el Nilo mientras discurría normalmente hacia el delta, sino que además nos informa de sus preferencias ambientales precisas, funcionando —tanto en el lago Manzala como en Aswan— como microfósil de excepción, en este caso como un tipo de diatomea dulceacuícola que emplear en el estudio paleoecológico de su Historia Antigua.

---

<sup>87</sup> 2005-2011, Com. Pers.

<sup>88</sup> Según Zalat (2000) la verdadera repercusión, en el corte del flujo de la corriente natural del Nilo, tendrá lugar con la construcción del denominado “muro alto” de Aswan, terminado en 1965. Desde entonces entran en contacto las aguas del lago Manzala con el mar y los lodos, anteriormente aportados en suspensión por el río, son sustituidos por las partículas propias de aguas residuales. Obviamente uno de los parámetros que permiten identificar esos cambios, en el registro sedimentario del lago, son las sucesiones de grupos de diatomeas, que reflejan los cambios en la salinidad del agua, su alcalinidad y estatus trófico.



## Otros materiales

### Adobes vinculados a la antigua cultura egipcia.

La muestra de adobe procedente de la fortaleza tinita de Shunet ez-Zebib, en la zona de Abidos, destaca por sus características microscópicas, insertas en una matriz arcillosa (aprox. 50%) con bajo contenido en materia orgánica, donde se observan conjuntos de microfósiles de varios tipos, cuyas características permiten indicar los siguientes aspectos:

- Silicofitolitos de células largas rectangulares.
- Silicofitolitos de células buliformes cuneiformes o esquema A:T.
- Fragmentos de microcarbón.
- Espículas de esponjas silíceas.
- Silicofitolitos globulares lisos.
- Silicofitolitos globulares equinados.
- Silicofitolitos de células cortas tipo *saddle*.
- Silicofitolitos de células cortas tipo cónico (cono truncado).
- Silicofitolitos de células cortas tipo bilobulado.
- \* Ausencia de valvas o estomatocistos de microalgas.
- \* Indicios de proceso de disolución de la sílice del registro de fitolitos.

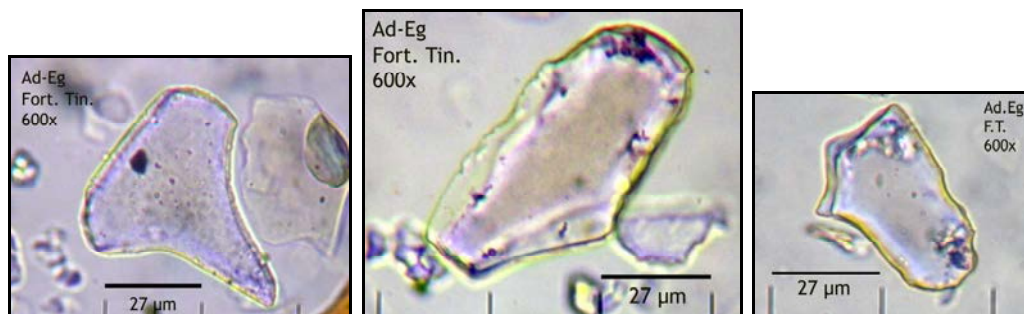
Si bien se trata de un diverso conjunto de silicificaciones, sus concentraciones no son tan elevadas —en relación a las partículas minerales restantes<sup>89</sup>— como para adelantar una hipótesis basada en la adición de tejidos vegetales, de especies representadas por los conjuntos de fitolitos, a la mezcla del adobe. Más bien podrían orientarse hacia el componente vegetal del material edáfico empleado en la misma, en este caso de la matriz arcillosa-limosa captada, a modo de hipótesis, en zonas con desarrollo de diversos tipos de gramíneas.

Atendiendo a las características de algunas de ellas, puede plantearse la presencia de gramíneas de la subfamilia *Arundinoideae*, en base a los dos tipos principales de células buliformes detectados (**Figuras 813-814**), que harían referencia tanto a *Phragmites australis* como a *Arundo donax* (**Figura 812**), a cuya definición colaborarían la observación de células cortas tipo *saddle* en el primer caso y tipo bilobulado en el segundo. La presencia, en

<sup>89</sup> En este caso la eliminación de la fracción arcilla se ha completado de forma excepcional, permitiendo obtener preparaciones de alta calidad, tanto como para observar con completa nitidez todas las partículas en el rango señalado en el protocolo de observación microscópica.



mayores concentraciones, de fitolitos de células largas rectangulares de gramíneas confirmaría al grupo de las gramíneas como uno de los más representados. A ello también colaboran los fitolitos de apéndices epidérmicos de base oval<sup>90</sup>, igualmente presentes en los tallos y hojas de gramíneas.



**Figuras 812-813-814**, Fitolitos de células buliformes cuneiformes presentando varias tipologías en base a la disposición de sus ejes de simetría. 600x.

Otro grupo vegetal representado es el de las palmeras (*Arecaceae/Palmae*) bajo la forma de fitolitos de células globulares equinadas, también en baja proporción.

El grupo de los organismos de ambiente acuático únicamente se halla presente mediante fragmentos y ejemplares completos de espículas de esponjas silíceas. Cuya interpretación tanto puede hacerse en el plano de los materiales con los que se confeccionó el adobe, como en el del desarrollo de este tipo de organismos en parte de las estructuras arquitectónicas de las que procede. En este sentido llama la atención la ausencia de valvas o estomatocistos silicificados de microalgas, estableciéndose una contradicción en el plano microfósil a la hora de vincular las especies vegetales representadas en parte del registro de ese tipo con sustratos de zonas húmedas, como podrían ser las marismas o marjales del río Nilo.

Un último pero no menos importante grupo de microfósiles vegetales lo constituye el carbón, bajo la forma de no pocos microfragmentos, que podría igualmente ponerse en vinculación con la composición del adobe, en este caso con añadidos de ceniza.

A nivel de interpretación del registro global no cabe duda de que ésta puede orientarse hacia la propia constitución de la matriz del adobe, que en este caso contendría un material edáfico de grano fino, rico en arcilla donde, a su vez, se contendrían microfósiles vegetales del tipo de los fitolitos, en su mayor parte de morfologías que pueden adscribirse a la familia *Poaceae* y dentro de ella a *Arundinoideae*, al menos en dos especies y en otros casos incluso a la tribu *Triticeae*, a la que pertenecen los cereales comunes de la cuenca mediterránea. En concreto los primeros permiten plantear la captación de un sustrato proveniente de las márgenes del Nilo, donde se desarrollan gramíneas de carácter hidrófilo del tipo de *Arundo donax* y *Phragmites australis*. Un contexto donde igualmente pueden desarrollarse

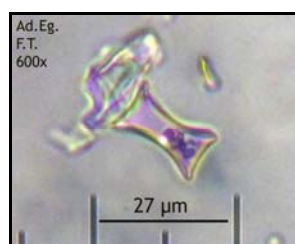
<sup>90</sup> Descrita por Zucol & Brea (005) como *Aculeolithum* o tricoma rígido y punzante de origen epidérmico.

esponjas de espículas silíceas o demoesponjas (**Figuras 817-818**). Lo cual parece una lectura más acertada que la que atiende al contenido en materia vegetal, que suele añadirse a la mezcla de agua y de tierra arcillosa para darle mayor consistencia.

Aunque por motivos de extensión de esta Tesis, este apartado ha sido limitado a una breve exposición cualitativa de resultados, la relevancia de éstos radica en haber detectado elementos consistentes para plantear un concepto de funcionalidad y captación de recursos, fusionados ambos en torno a la naturaleza de materiales como los adobes de época faraónica. Los microfósiles detectados permiten abordar tales conceptos, pues orientan en direcciones concretas la procedencia del material base con el que se confeccionaba esa mezcla de barro, agua y paja que es el adobe. De modo que a través de su contenido biomineral microfósil el barro, lodo o limos del Nilo vuelve aquí a estar directamente representado y lo hace desde su propia entidad como elemento natural, recurso inagotable y multipropósito que a su vez también hace referencia a su familiar ambiente de marismas y marjales fluviales (Yoyotte, 1983).



**Figura 815**



**Figura 816**

Aun atendiendo a la limitación que supone no contar con el apartado cuantitativo, puede proponerse una lectura etnobotánica sobre el recurso a concretos sustratos edáficos o sedimentarios para confeccionar los ladrillos de adobes de Shunet ez-Zebib, con la salvedad de que podamos estar ante aquellos inundados parcial o totalmente, o que recibieran la humedad suficiente como para desarrollar un tipo de cañaveral o carrizal como el que indican los fitolitos de células buliformes cuneiformes. Desde luego que el registro que puede vincularse a ambas especies y éstas insertas en un aprovechamiento antrópico, supone el más antiguo que hemos atestiguado, en especial para *Arundo donax*, cuya presencia, al menos en contextos atlánticos, suele estar más restringida. A juzgar por la disposición de los ejes de simetría de las células buliformes (**Figura 815**), que denotan claras diferencias para con las de *Phragmites australis*, puede efectivamente plantearse la presencia de fitolitos de *A. donax* en el adobe. Que a nuestro parecer, junto con *P. australis*, supone contemplar la presencia segura de ambas especies en los terrenos afectados por la humedad del Nilo, retrotrayéndola a casi 5.000 años de antigüedad. Pudiendo incluso plantear la existencia de diversas áreas de captación de lodo.

**Figura 817****Figura 818**

Respecto al origen de la muestra, su significación una vez analizada ésta y el registro microfósil en relación con los contextos de la antigua cultura egipcia, permite proponer que parte de los materiales empleados para construir el recinto funerario de Shunet ez-Zebib fueron captados de las marismas o marjales del Nilo, situado en la actualidad a varios kilómetros de distancia de esta zona de Abidos.

En el contexto de esta Tesis, los resultados del análisis de adobes, aunque finalmente se restrinjan a un único pero enriquecedor ejemplo, suponen un dulce epílogo dado que, sin pretenderlo, ha orientado la ruta explicativa hacia una de las tipologías fitolíticas sobre los que se ha volcado mayor atención: los fitolitos de células buliformes cuneiformes. Y lo hace constituyéndose, de forma espontánea e inesperada consistencia, en un referente de determinadas condiciones ambientales. Que a modo de paradoja nos ilustran de un medio con condiciones de humedad y calor favorecedoras del desarrollo de una vegetación de cañaverales y carrizales. Lo cual, pese a constituir una obviedad en el caso de un Egipto plenamente nilótico que nos ocupa, no deja de ser una constatación basada en observaciones y datos empíricos que permite asumir su inserción en un contexto espacial, cronológico y cultural concreto.

Su abordaje lo hacemos, también en este caso, desde la aportación que la microscopía nos ofrece y dentro de ella la que los objetivos, métodos y resultados mostrados en esta Tesis combinan en lo que ha sido una escueta aproximación metodológica y explicativa, o en todo caso *un ejercicio de microarqueología*.

## Conclusiones

**Lo que la herramienta microscópica, microfósil, microarqueológica ha aportado.**

A nivel general, el trabajo realizado ha permitido evidenciar una gran diversidad temática, reflejada en datos e inferencias muy dispares, como los derivados de las características de los elementos empíricos detectados y de los materiales donde se encuentran alojados; cuyo estudio y explicación parcial es posible en base a la metodología empleada y las cuestiones que parece posible —al menos parcialmente— solventar.

De este modo hemos pasado de percibir el conocimiento emanado del propio contenido biomineral existente en determinadas plantas de determinadas formaciones vegetales, tras proceder a su clasificación y análisis básicos, al de hacerlo en aquellos materiales donde acometimos su búsqueda y valoración, donde pasan a configurar el depósito del propio declive de plantas locales (de forma lenta o catastrófica), o sumando a ello las derivadas de la actividad humana.

Tanto en unos como en otros casos ha sido posible identificar elementos microscópicos similares a los detectados de forma experimental, aunque su disposición y entidad se encuentra condicionada por las características del material de acogida, al cual aportan un componente biogénico diferencial.

Las características de ese componente biogénico (materializado en fitolitos, microalgas, etc.) indican la existencia de ciclos de producción y depósito natural específicos, tanto a nivel natural como antrópico. Y que finalmente ambos ciclos confluyen en un nuevo proceso biológico y arqueológico que atiende a las características del sustrato de acogida, produciéndose su dispersión y alteración, hasta constituir parte del material que analizamos en la actualidad, como suelos, sedimentos y residuos.

La existencia de ambos ciclos determina una secuenciación en la investigación de los elementos que entendemos como microfósiles, debiéndose valorar —antes de ser aplicados a un determinado contexto— las plantas productoras de biomineralizaciones (macroscópicas y microscópicas), aquellas que se entiende como vinculadas al proceso sujeto a estudio, así como los sustratos donde se desarrollan y donde depositan tales partículas. La intervención antrópica en ese tipo de depósitos debe ser valorada desde la heterogeneidad y desconocimiento en sus características, ya que a la alta variabilidad de los procesos que afectan especialmente a los fitolitos —rompiendo su posición anatómica original— se unen los procesos tafonómicos propiciados por causas humanas, tal que la remoción e introducción de elementos, que pueden variar las condiciones químicas y físicas de suelos y sedimentos, como ocurre con el depósito de carbonatos o la presencia de agua/humedad inducida antrópicamente (directa o indirectamente).

En cualquier caso el registro que observamos al microscopio supone siempre una suma de aspectos y procesos acontecidos en el tiempo, siendo en él donde basamos la identificación, parcial o total, de las plantas que fueron captadas como recurso y empleadas como alimento, fuente de energía/transformación o producción de determinadas industrias.

**Sobre los métodos empleados.****Respecto a las tareas de estudio de las plantas patrones.**

El cometido de los métodos y técnicas analíticas, dirigidos al estudio de plantas, ha permitido contar con residuos preparados para su inspección microscópica, cualitativa y cuantitativa. La primera opción ha permitido así familiarizarnos con las principales características (morfométricas, de ornamentación y comportamiento óptico) de los fitolitos de sílice y oxalatos presentes en las plantas patrones, comprobando efectivamente que, por lo general, los segundos se encuentran más representados que los primeros en la sección de reino vegetal analizado. Y que los segundos se encuentran restringidos a determinados grupos vegetales, encabezados también en Canarias por las gramíneas (*Poaceae*), ciperáceas (*Cyperaceae*), la palmera (*Phoenix canariensis*), las boragináceas (*Echium* sp.) y algunas compuestas. Sin desestimar los contenidos existentes en las lauráceas y coníferas como el pino canario, aunque en cantidades significativamente inferiores a las de oxalatos de calcio. Sin embargo, algunas de tales silicificaciones pueden tener características de diagnóstico taxonómico. Como parece ocurrir con concretas morfologías presentes en *Arrhenatherum calderae*, *Echium* sp., *Pinus canariensis*, *Ocotea foetens* y *Laurus novocanariensis*, *Pteridium aquilinum* e incluso el endemismo *Viola cheiranthifolia*. En otros casos, como *Phoenix canariensis*, la redundancia con otros tipos de palmeras hará necesarios amplios estudios morfométricos, pero que probablemente permitan discriminar con los fitolitos de su pariente más cercana: *P. dactylifera*.

En la mayoría de las ocasiones, el análisis microscópico confirma los resultados de las tareas analíticas respecto al contenido en sílice, oxalatos o de ambos. Con respecto a las plantas presentes en Canarias, además de confirmar la elevada concentración de sílice en familias como *Poaceae* y *Cyperaceae* también se confirma en *Arecaceae/Palmae* y *Boraginaceae* así como en algunas especies de *Asteraceae*, donde las características de diagnóstico de especie de sus silicificaciones presenta diferentes posibilidades de permitir su filiación botánica a través de las mismas (fitolitos). En algunos casos de flora arbórea, como las lauráceas, parecen existir aspectos morfométricos que permiten hablar de propiedades de diagnóstico, al menos de grupo vegetal, como ocurre con el emblemático ejemplo de *Ocotea foetens* (til/tilo).

Del mismo modo, los oxalatos de calcio son un grupo muy representado en numerosas familias botánicas, tanto arbóreas como arbustivas y algunas herbáceas. Las formas que adquieren los mismos presenta alta redundancia entre algunos grupos vegetales, siendo especialmente relevante, en el análisis microscópico, las acusadas diferencias existentes entre gimnospermas como *Pinus canariensis* y dicotiledóneas del grupo de las lauráceas, entre otras. Tal y como hemos podido comprobar su límite explicativo guarda relación con los procesos tafonómicos que les afectan, siendo especialmente interesantes en el estudio de las estructuras de combustión.

**Los suelos y sedimentos: un todo y una parte en el estudio microfósil.**

La estructura básica de la metodología de estudio para con suelos y sedimentos ha respondido de forma análoga, permitiéndonos observar las concentraciones microfósiles en parte de su sustrato de acogida, facilitando —aunque de forma preliminar primero y más aproximada después— la

estimación de sus concentraciones reales por gramo de muestra de partida. Efectivamente, con métodos muy básicos que atienden a la identificación de microfósiles en parte del sustrato de acogida, con excepción de la fracción arcilla, el protocolo aplicado se ha revelado eficaz al menos como primera aproximación metodológica, siendo patente que las diferencias acusadas en los parámetros de conjuntos microfósiles y contenidos, en las fracciones minerales donde suelen alojarse (limos y arenas finas), responden a su disposición real en contextos arqueológicos, edáficos o litoestratigráficos. Ya que el método ha sido aplicado siguiendo los mismos criterios volumétricos.

Aun en lo básico de la metodología aplicada, que no contempla la separación densimétrica de la fracción biomineral de la mineral, ha sido posible comprobar que existen muestras donde los registros del primer tipo son absolutamente relevantes, mientras que en otros predomina su escasez. Este hecho parece poder ejemplificarse con los casos de los sedimentos de La Cerera, Chafarí (estructura de combustión) y paleosuelo del perfil DECA-1, un sustrato en este caso absolutamente unido a procesos naturales. Los registros del primer enclave están claramente caracterizados por la diversidad y concentración, mientras que los segundos —vinculados al uso del fuego— son muy relevantes, pero de complejo tratamiento microfósil, dado que creemos que las biomineralizaciones dominantes son de naturaleza carbonatada, con origen en oxalatos de calcio. Mientras que las silicificaciones de diagnóstico a nivel de familias botánicas parecen completamente restringidas, las de tipo no-diagnósticas y complejo tratamiento cuantitativo, como los agregados silíceos localizados en algunos niveles de hogares como el de CH-N3, presentan altas concentraciones. Mientras, el paleosuelo DECA-1 es un claro y singular ejemplo de concentraciones naturales de fitolitos, en este caso derivadas de una erupción volcánica sobre un paisaje diferente, en lo geológico y biológico, al actual.

En todo ello la metodología de análisis microscópico ha funcionado de forma correcta, en cuanto a permitir la observación cualitativa y cuantitativa de microfósiles en casi todos los casos. Si bien es cierto que en algunas ocasiones se ha pospuesto el estudio de determinados elementos, al no hallar parámetros morfométricos y ornamentales precisos para llevar a cabo una adscripción biológica más o menos compleja, en contextos como Las Cañadas del Teide, donde las silicificaciones son una constante de muchos sustratos, se ha tenido la impresión de estar ante elementos que podrían ser tanto biominerales como minerales.

En todo caso el nivel de detalle obtenido se reduce al que puede apreciarse con una magnificación de 600x, óptimo para todo microfósil con dimensiones hasta aproximadamente 10  $\mu\text{m}$ , por debajo de las cuales toda descripción de propiedades ornamentales se vuelve compleja. Pero en definitiva pocas veces se han detectado biomineralizaciones en residuos experimentales, o sus homónimas en contextos arqueológicos o edáficos, que no fuera posible describir y someramente calasificar.

**La aproximación a los elementos de intervención microscópica, las técnicas de identificación y los enclaves arqueológicos analizados.**

Las tareas de prospección, recolección y tratamiento de plantas han generado un conocimiento basado en sus biomineralizaciones de sílice y oxalatos, que

es el que cumple la función de acercarnos a su detección en varios tipos de materiales arqueológicos y naturales (suelos y sedimentos).

La previa clasificación de los grupos vegetales sujetos a investigación biomineral desde objetivos arqueobotánicos, como se ejemplifica en Las Cañadas del Teide, permite que los resultados en el primer caso orienten las posibilidades del segundo, propiciando conocer las particularidades ecológicas de cada planta y sus contenidos biominerales (fitolitos), y que éstos sean empleados con fines arqueobotánicos (explotación del medio vegetal) y paleoambientales (formaciones vegetales en el pasado).

Los registros biominerales, adscritos taxonómicamente a una u otra planta, han sido clasificados parcialmente, siguiendo características morfométricas y nombrados según las propuestas metodológicas existentes, parcialmente contenidas en la bibliografía anterior y en la propuesta conocida como *International Code for Phytolith Nomenclature 1.0* (ICPN 1.0). En otros casos, como ocurre con los oxalatos de calcio, al estar inicialmente excluidos de dicha propuesta, son mencionados y adscritos a los grupos propuestos por obras de referencia. Ambos grupos han podido ser identificados en las plantas previamente analizadas (Afonso, 2004a) y analizados de forma más detallada, como ejemplificamos con las Fichas de Análisis Biomineral.

Han resultado especialmente reveladores, como cabía esperar, los resultados obtenidos con las gramíneas, por lo cual su potencial ha sido canalizado para responder a cuestiones concretas, como la vegetación potencial anterior, coetánea y posterior de la ocupación humana en zonas como Las Cañadas del Teide. Entendiendo que su único uso como herramienta paleoambiental y arqueobotánica ocasiona un sesgo en las interpretaciones sobre la flora local en el pasado, que en todo caso habría que abordar desde criterios paleoecológicos para definir qué formaciones vegetales podrían haber estado presentes, en esa secuencia tan larga que se estima para la familia *Poaceae* en Las Cañadas, al menos desde los momentos en que existen mínimos soportes edáficos (que sabemos pueden ser someros en exceso) para su arraigo. Aquí la derivación arqueobotánica obviamente funciona en el mismo sentido pero en este caso descendiendo a las primeras etapas de poblamiento de la zona, lo cual supondría un retroceso —también paleobotánico— de al menos 2.000 años.

En todo caso los resultados sobre especies arbóreas y arbustivas aun deben ser asumidos con objetivos concretos y en profundidad, dada su complejidad en esta zona de la isla de Tenerife.

En otros grupos vegetales, como ocurre con los cereales, siguiendo concretas labores experimentales con granos y alimentos actuales, se ha posibilitado el estudio de aquellos sedimentos arqueológicos con concretos registros mayoritarios de fitolitos, como los vinculados a los cultivos frumentarios, dentro del esquema de agricultura intensiva que parece definirse en el yacimiento de La Cerera. Y donde el cultivo de cebada/s de grano vestido ha dejado un registro de fitolitos característicos, que puede valorarse dentro de la secuencia de funcionamiento del enclave arqueológico analizado. Lo cual igualmente ha sido posible mediante el reconocimiento conjunto de otros tipos de fitolitos, como los de palmeras y determinadas gramíneas, en principio vinculadas al ambiente natural del enclave aborigen. La complejidad de los registros de fitolitos motivó del mismo modo que parte

de los mismos hayan quedado para posteriores estudios, pero entendiendo que al menos ha sido verificada —mediante la ruta de fitolitos y microalgas— la cuestión de las estructuras agrícolas y parte del contexto vegetal local.

Como se ha expresado, en el caso de Chafarí, aunque creemos que sólo se ha logrado una aproximación, nos encontramos con la complejidad de un registro más versado en los oxalatos de calcio y pseudomorfos de calcita, que se corresponde al empleo, como combustible, de tejidos leñosos de leguminosas y gimnospermas, pero sin descartar el uso puntual de gramíneas locales. Aquí la identificación se ha vuelto más compleja, restringiendo nuestra capacidad de discriminación taxonómica. Pero entendiendo que las tareas de tratamiento y análisis han verificado lecturas anteriores, sobre una explotación vegetal basada en concretas especies vegetales en un entorno que, eso sí, creemos muy semejante al actual. Aunque aun deben realizarse nuevos estudios, mediante métodos más centrados en la fracción biomineral, los resultados indican el alto componente de elementos microscópicos propios de vegetales leñosos, donde debe insertarse la posibilidad de identificar otros propios de cereales e incluso de elementos presentes en heces fecales de ganado.

#### **Suelos, sedimentos, paleosuelos, materiales volcánicos peculiares: los sustratos, las plantas y el clima.**

Su estudio ha supuesto contar con la referencia fundamental para conocer las características cualitativas y cuantitativas de las partículas vegetales que han pasado a formar parte de las que engloban suelos y sedimentos. A los cuales otorgan un componente biogénico que podría incluirse como parte de las propiedades de este tipo de materiales, al menos en cuanto a los de tipo físico. Ya que cuando se determinan aspectos como la granulometría de una muestra, al menos la fracción limo y arenas finas pueden contener un componente biogénico que hasta ahora no ha sido tenido en cuenta.

La identificación de dicho componente, en calidad y cantidad, puede permitir conocer parte de la historia natural de suelos y sedimentos, e incluso si en algún/os punto/s de la misma se puede hablar de una secuencia con intervención antrópica. Puesto que éstas aportan al sustrato un mayor componente biomineral, como también lo hacen determinados procesos de la naturaleza, como el paso de una colada incandescente o un incendio que también puede ser, como a menudo en la actualidad, provocado.

La utilización de estos materiales naturales ha permitido valorar la capacidad de análisis de los protocolos de investigación microscópica, aportando además conocimiento sobre algunas de las características de la matriz que envuelve los microfósiles, que funcionan como sujetos empíricos de la investigación.

Los conjuntos de datos aportados por ambos sujetos (microfósiles y su matriz) indican que entre ambos se perfilan parte de las características vegetales, edáficas, sedimentarias y geológicas que los unieron en un producto final, con características físicas, químicas y biológicas concretas. Dichas características permiten detectar condiciones ambientales precisas, donde el desarrollo de determinadas plantas vino condicionado por la existencia de un determinado sustrato, la presencia o ausencia de agua o las condiciones impuestas por el clima. La inserción de los restos microscópicos



de tales plantas (fitolitos, valvas, estomatocistos) en diversos tipos de materiales sedimentarios, edáficos o geológicos revela el tipo de proceso que motivó su depósito. De tal forma que se ha creado un conjunto de información (microfósiles + matriz) que revela la existencia, en el caso del conjunto de muestras estudiado, de procesos de formación dispares, fruto tanto de condiciones ambientales similares a las actuales (interglaciares) como diferentes, y aquí tanto con periodos con valores más altos de precipitación y temperatura como a la inversa. En ellos deben incluirse los procesos de construcción propios de los volcanes que, en casos concretos de Canarias, aportan información sobre la existencia de posibles condiciones más templadas que las actuales. Parámetro donde el estudio de los materiales glaciares ha funcionado como vía experimental de aproximación explicativa.

Pero el estudio paleoambiental, a pesar de haber sido dispuesto en torno a la detección de cambios climáticos opuestos con respecto a la actualidad, en base a esa premisa autoimpuesta, con origen en los trabajos de J. Chaline, en el estudio de suelos como los del Valle de Chafarí y Barranco de La Arena, una esclarecedora experiencia que sólo acaba de comenzar, permitiéndonos indagar en algunos de los materiales edáficos más antiguos de Las Cañadas del Teide, tal y como corresponde a los situados en la zona de Boca de Tauce. Creo que dicha experiencia, a nivel paleobotánico, puede situarse en un plano similar al que ofrecen los fósiles de fauna en contextos del Terciario en las Islas. Planteando una conjunción posible, para establecer secuencias de colonización vegetal en suelos desarrollados sobre materiales eruptivos muy antiguos, con futuros trabajos de datación absoluta.

Finalmente, en el plano de los paleosuelos rubefactados también ha permitido indagar en procesos de colonización vegetal desarrollados en un contexto geomorfológico —y probablemente climático— diferentes a los actuales, comprobando cuan prolífica puede resultar dicha tarea. Las altas concentraciones de fitolitos, localizados en paleosuelos como los de la zona actual de Los Majuelos (perfil DECA-1), así como la complejidad de su composición por grupos vegetales, alude a condiciones ambientales de mayor temperatura y humedad, donde se desarrollaban gramíneas de diversas subfamilias en un entorno completamente diferente al actual. Y donde cabe proponer futuros trabajos, que permitan evaluar el componente florístico global representado por los conjuntos fitolíticos detectados.

### **Restos bioantropológicos de época aborigen: la alimentación.**

El estudio microscópico de residuos intestinales ha permitido abordar cuestiones directamente relacionadas con la alimentación aborigen, aquí mediante la identificación de elementos ya estudiados a nivel experimental con alimentos actuales. Entre los dos casos analizados puede confirmarse lo común del consumo de cereales, y quizás leguminosas en el caso de individuo de la Cañada del Capricho, y en uno de ellos (Momia del Cabrera Pinto) el papel jugado —creemos como recurso vegetal de subsistencia— por el rizoma de helecho común. Lo cual viene a confirmar las evidencias ya señaladas a ese respecto en otros casos. Pero además aportando el matiz de las patologías asociadas a la ingesta de este vegetal, que creo se encuentra muy vinculado a la alta tasa de silicificaciones que contiene la harina obtenida a partir del rizoma de *Pteridium aquilinum*.

De forma indirecta, el estudio microscópico de las muestras confirman que los restos del individuo de la Cañada del Capricho entraron en contacto con tejidos de *Pinus canariensis* en descomposición, como parte del ritual o del paquete funerario donde se encontraba, sin descartar la presencia de otras gimnospermas del grupo de las coníferas de la zona de Las Cañadas del Teide.

**Sobre los aspectos paleoambientales: detección de especies vegetales vinculadas a la explotación del medio vegetal.**

El estudio de plantas patrones ha permitido identificar especies cuya presencia en época prehistórica se entendía como habitual, pero cuyo rastro arqueológico no es siempre fácil de detectar, como ocurre con la palmera canaria (*Phoenix canariensis*). No obstante, sus fitolitos han sido identificados tanto en contextos prehistóricos (La Cerera, El Llanillo) como históricos (Las Cañadas del Teide). Al igual que en suelos antropizados (Camino Largo) y paleosuelos (Los Roques), caso este último donde adquiere el rango de mayor antigüedad del conjunto muestral analizado (Pleistoceno).

Respecto a *Phragmites australis*, gramínea C3 cuyo estudio fitolítico, experimental, arqueobotánico, edafoarqueológico y paleobotánico puede considerarse el más amplio de esta Tesis, evidenciando la idoneidad de ajustar objetivos, métodos y tratamientos de datos sobre plantas vinculadas a unas determinadas condiciones ambientales. Su presencia a nivel arqueológico, a través de sus fitolitos de células buliformes cuneiformes, plantea su explotación al menos en el caso de La Cerera y El Llanillo. Mostrando un recurso vinculado a cursos de agua y a un medioambiente de marismas marjales, no sólo de costa sino también de aguas interiores. A nivel paleoambiental, tanto en suelos de alta montaña donde aun habrá que verificar más si cabe, su entidad como evidencia de cambios climáticos vinculados al Cuaternario, como en cuanto a su fundamental papel para conocer, precisamente, las secuencias de colonización vegetal, en ambientes de marismas y marjales, propias de la época postglacial holocena.

El helecho común o helechera (*Pteridium aquilinum*), ha resultado una especie fundamental en cuanto a las silicificaciones desarrolladas en su rizoma, presentes en el residuo intestinal de la momia del Cabrera Pinto y que atestigua su consumo, lo cual —en función de sus limitaciones como alimento— podría vincularse a una alimentación de subsistencia cuando fallaran o descendieran las fuentes frumentarias habituales (cereales). Igualmente su presencia en los sedimentos de La Cerera retoma parece poder verificar esa hipótesis, pero introduciendo la de la complementariedad de un recurso que también ofrece una lectura paleoambiental, la vinculada a zonas deforestadas y colonizadas rápidamente por esta especie, claramente oportunista y común en las mismas. La posibilidad de haber localizado indicios de sus silicificaciones en la estructura de combustión de CH-N3, junto con muy escasas propias de cereales, parece confirmar no sólo la ruta metodológica, basada en el estudio de dichas silicificaciones, sino la que nos hace volvernos a una alimentación aborígen precaria, desprovista de seguridad en el abastecimiento y obligado recurso a plantas silvestres, que aportaran productos de sustitución a los cereales y leguminosas, habituales en la dieta hasta el dismantelamiento de las estructuras económico-sociales aborígenes en época moderna.

En el caso del pino canario (*Pinus canariensis*), presente a nivel arqueológico en Chafarí Norte 3, donde ha sido posible identificarlo en algunos casos de forma rotunda y en muchos solamente a nivel de indicios, dado el proceso de alteración que presentan sus biomineralizaciones que, en estado original parecen poseer propiedades de diagnóstico a nivel de género botánico. Su uso como madera lo sitúa en Las Cañadas del Teide en época aborígen, en algunos de los niveles que conforman la estructura de combustión de CH-N3. Pese a lo esquivo de la mayoría de sus silicificaciones, en parte por la baja concentración de las mismas, el estudio de suelos de pinar de cumbre ha permitido localizarlas formando parte de las partículas edáficas, en el perfil R-23. Planteando la posibilidad de hacerlo a nivel estratigráfico, lo que permitiría conocer la secuencia real de ocupación de esa zona por la formación de pinar. Resultados que, a su vez, podrían ponerse en relación con su explotación por parte de los grupos humanos llegados a esa zona de Tenerife.

Y respecto a *Arrhenatherum calderae*, verdadero paradigma de las gramíneas de alta montaña por su alta y significativa silicificación, así como por su manifiesta adaptación a Las Cañadas del Teide, podría tratarse de una de las especies más antiguas de la zona. O bien otra gramínea similar, de la subfamilia *Pooideae*, que se le asemejase en sus fitolitos de células largas. Presente también en la estructura de CH-N3, aunque de forma episodial, representa una gramínea quizá rápidamente esquilada por causas antrópicas (introducción de ganado) pero existente en Las Cañadas durante el periodo de formación de algunos de sus suelos, como el Valle de Chafarí y Llano de Ucanca. Desde el punto de vista microfósil, aunque con limitaciones en cuanto a su valor arqueobotánico, representa a un tipo de plantas que pueden ayudarnos en conocer las secuencias de colonización vegetal de una zona como Las Cañadas.

Una laurácea como *Ocotea foetens* se ha revelado como perfecto ejemplo de planta productora de ingentes cantidades de oxalatos de calcio y mínimas de sílice. Pero el cual adquiere verdaderas formas de diagnóstico, representantes de las generadas por plantas de ambiente húmedo y fresco, en suelos ricos en materia orgánica y arcillas, muy propios de los bosques de lauráceas del Terciario. Pese a que los fitolitos que hemos encontrado más emblemáticos, las traqueidas facetadas que definieran Pinilla & Bustillo (1997) para secuencias miocenas de Madrid, presentan una de las mayores tasas de multiplicidad detectadas en las muestras pertenecientes a Canarias. Su originalidad, como fitolitos de grandes formas masivas y poliédricas, podrían ser, como con el resto de las plantas estudiadas en esta Tesis, perfectos ejemplos del potencial explicativo que contienen, constituyéndose como justificadas razones para nuevos trabajos al respecto.

El estudio sobre las microalgas, como representantes de un tipo de organismos, de valvas y estomatocistos silicificados, que permiten localizar antiguas zonas con agua y el estudio de secuencias de desarrollo biológico, ha sido sólo ventajas explicativas, pese a que su abordaje en profundidad requiera de un mayor esfuerzo formativo. Su utilización, con ese objetivo, ha permitido entenderlas también como un referente arqueológico, como bien muestra el estudio de sedimentos de La Cerera. Así como emplearlas como indicadores de la posible captación del recurso hídrico, tanto a nivel de

evidencia directa, en el caso de las cerámicas de Las Cañadas del Teide (Puntos Húmedos Altos), como para la localización de zonas donde pudo realizarse un abastecimiento hídrico, pero no existen evidencias macroscópicas de ello (Volcán Ciego).

Por su parte la experiencia de analizar sustratos donde podrían contenerse restos de flora fluvial africana, como en el caso del río Nilo, tanto en sus propias riberas como en industrias de adobe de la segunda dinastía (Abidos), fue toparnos con tipologías de fitolitos muy trabajadas, como los de células buliformes, que creemos permiten volver a la ruta paleo y arqueobotánica de *Phragmites australis*, pero también como aspecto no menos relevante de *Arundo donax*. Aquí el ciclo experimental se ha cerrado con la primera lectura arqueobotánica que permite introducirnos en la flora holocénica, con un componente vegetal que no es familiar (cañaverales), pero en este caso de hace casi 5.000 años.

#### **Posibilidades reales de un ciclo investigador: finalizando.**

Abordar este trabajo, limitado en lo teórico y metodológico, que en origen seguía la valoración de un método de intervención donde “lo microscópico” parecía lo fundamental, ha supuesto comprobar que, efectivamente, así lo es en cuanto a conjuntos microfósiles vegetales (y en algunos casos no-vegetales). Cuyo estudio constituye una vía más de aproximación a un proceso histórico dado, pero donde resulta igualmente importante el del material que lo ha acogido, en algunos casos por milenios.

La *historia de un lugar* (que retomo de Leo Biek) es la de su naturaleza y de las personas y gentes que lo han podido habitar en un determinado tiempo y espacio. Tanto sus actividades en la misma, como algunas características intrínsecas de ésta pueden dejar huellas perceptibles o imperceptibles en diferentes tipos de materiales. La inspección microscópica, con los tratamientos y medios empleados, permite conocer parte de esa historia. Aunque los métodos podrán mutar en forma y estructura, las evidencias empíricas que nos llevan a averiguar si en un lugar hubo vida vegetal, y si en ella o sobre ella hubo participación humana, ya se encuentran designadas. Pero probablemente ya lo estaban desde el siglo XVII y con seguridad desde el XIX. Son los fitolitos, microalgas y espículas, que también se encuentran presentes en las Islas, los que hemos ido a buscar, encontrado y someramente interpretado, en una investigación básica pero completamente enriquecedora, al menos en términos de aproximación preliminar.

La Prehistoria de Canarias posee muchas historias de muchos lugares, de las cuales la mayoría pronto será completa, parcial o fugazmente habitados, en ellos aun se están formando las secuencias estratigráficas que abordarán arqueólogos y microarqueólogos del futuro. En las próximas décadas aun deben ponerse en marcha investigaciones que, mediante el estudio de los mismos elementos microscópicos que hemos designado, persigan conocer mejor al objeto final: a individuos, sociedades y entornos de la prehistoria y la historia, dando respuestas, más o menos acertadas, sobre su devenir.

## Bibliografía

- Abdel-Monem, A., Watkins, N.D. and Gast, P.W., (1972), KAR ages; volcanic stratigraphy and geomagnetic polarity history of Tenerife, La Palma and El Hierro. *Am. J. Sci.*, 272: 805-825.
- Abreu Galindo, Juan de (1977), *Historia de la Conquista de las siete islas de Canaria*, Introducción y notas de Alejandro Cionarescu, Goya Ediciones, Santa Cruz de Tenerife.
- Acebes, J.R., Arco del, M., García, A., León, M.C, Pérez de Paz, P.L., Rodríguez, O., Martín, V.E., Marrero, M.C. y Rodríguez, L., (2004), PTERIDOPHYTA, SPERMATOPHYTA, En Izquierdo, I., Martín J.L., Zurita N., Arechavaleta M., *Lista de Especies Silvestres de Canarias (hongos, plantas y animales terrestres)*, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias, 500pp.
- Afonso, J., La Serna, I., Arnay, M., Gámez, A. (2008a), Lecturas arqueobotánicas sobre la presencia de esporas fúngicas en cálculos dentales del siglo XVIII, Actas del XVI Symposium A.P.L.E., Palma de Mallorca, 2008.
- Afonso, J.A. (2007a), Silicofitolitos y gránulos de almidón en cálculos dentales de antiguas poblaciones de Tenerife: propuesta para la ampliación del estudio de la dieta y alimentación históricas. *Tabona, Revista de Arqueología y Prehistoria*, Nº 15, Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna, pp. 143-162.
- Afonso, J.A. (2007b), Aplicaciones de la Microscopía Analítica a la investigación arqueológica de las Islas Canarias: fitolitos y almidones en la reconstrucción de las pautas alimenticias de época aborígen e histórica, en González Zalacain, R. (Coord.), *Actas de las I Jornadas "Prebendado Pacheco" de Investigación Histórica*, Ayuntamiento de la Villa de Tegueste, Área de Educación y Cultura, Tegueste, pp. 31-42.
- Afonso, J.A. (2010), Fitolitos y otros microfósiles silíceos en la Prehistoria de Canarias, una propuesta metodológica desde la Microarqueología, *Actas del VIII Congreso de Arqueometría*, Teruel, 19-21 de octubre de 2009, pp. 297-304.
- Afonso, J.A., (2004a): Aportaciones del Análisis de Fitolitos, Almidones y otros referentes microscópicos al estudio de la Prehistoria y Arqueología de las Islas Canarias: Resultados Preliminares. *Revista Tabona*, Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna, Nº 12, pp. 69-96.
- Afonso, J.A., (2004b), *El Análisis de Fitolitos, Almidones, y otros referentes microscópicos, aplicado al estudio de los materiales arqueológicos canarios*, Facultad de Geografía e Historia, ULL, Tesina (inédito).
- Afonso, J.A., (2008b), De la Prehistoria hasta la actualidad: implicación de la microarqueología en el estudio de los procesos sociales de las Islas Canarias. En González Zalacain, R. (Coord.), *Actas II Jornadas "Prebendado Pacheco" de Investigación Histórica* Ayuntamiento de la Villa de Tegueste (Tenerife).
- Afonso, J.A., Arnay, M., González-Reimers, A., (2006), Dental calculus in 18th century and prehispanic inhabitants from Tenerife. *15<sup>th</sup> Congress of the European Anthropological Association. Man and Environment: Trends and Challenges in Anthropology*. Eötvös Loránd University. Budapest, Hungary, 31 August- 3 September. Programme & Abstracts.
- Afonso, J.A., Arnay, M.; La Serna, I.; Gijón, H. y Arbelo, C. D. (2011a), "Alimentación vegetal y patologías asociadas en antiguas poblaciones de Tenerife: Aportaciones desde el análisis de microfósiles". *Boletín del Aula Canaria de Investigación Histórica (BACIH)*, nº 3, p. 65.

- Afonso, J.A., Arozena, M.E., Panareda, J.M., Rivero, B. (2010), La contribución del análisis de fitolitos al estudio de la dinámica del paisaje de la laurisilva de las cumbres de Tegueste (Anaga, Tenerife, Islas Canarias, Actas del VI Congreso Español de Biogeografía, Alicante, septiembre 2010.
- Afonso, J.A., Informe del Análisis de Microfósiles vegetales de una muestra cerámica de La Loma (Illora, Granada), En Arana, G., Camalich, M.D., Martín, D., Morgado, A., Martínez, F., Lozano, J.A., Rodríguez, A., Román, J., (2012), *Un yacimiento de fosas del VI-IV milenio CAL BC*, Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, Sevilla.
- Afonso, J.A., Pinilla, A.; Arbelo, C. D. y Gijón, H. (2011b), "Fitolitos y otros microfósiles vegetales en sedimentos y materiales de la prehistoria: Microarqueología de las plantas en secuencias del Pleistoceno al Holoceno". *Boletín del Aula Canaria de Investigación Histórica (BACIH)*, nº 3, p. 64.
- Albert, R.M. & Weiner, S. (2001), Study of phytoliths in prehistoric ash layers from Kebara from Kebara and Tabun caves using a quantitative approach, In Meunier, J.D. & Colin, F. (2001), *Phytoliths: Applications in Earth Sciences and Human History*, Swets & Zeitlinger B.V., Lisse, pp. 251-266
- Albert, R.M. (1999), Study of Ash Layers through phytolith analyses from the Middle Palaeolithic Levels of Kebara and Tabun Caves, Departament de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia, Universitat de Barcelona, Tesis Doctoral.
- Albert, R.M. (2006), Reconstrucción de la vegetación en África Oriental durante el Plio-Pleistoceno a través del estudio de fitolitos: La Garganta de Olduvai (Tanzania), *Revista Ecosistemas*, 2006/1, web.
- Albert, R.M., Lavi, O., Estroff, L., Weines, S. Tsatskin, A., Ronen, A. & Lev-Yadun, S., (1999); "Mode of Occupation of Tabun Cave, Mt Carmel, Israel During the Mousterian Period: A Study of the Sediments and Phytolith", *Journal of Archaeological Science*, Nº 26, pp. 1249-1260.
- Albert, R.M.<sup>a</sup> & Portillo, M., 2005, Estudio de los restos vegetales de diversas muestras procedentes del Abrigo de Son Gallard-Son Marroig: el resultado del análisis de fitolitos, *Mayurca*, 30: 141-151.
- Albert, R.M.<sup>a</sup> & Weiner, S., 2001, Study of phytolith in prehistoric ash layers using quantitative approach, In Meunier, J.D., Colin, F. (Eds.), *Phytoliths: Applications in Earth Sciences and Human History*, A.A. Balkema Publishers, Lisse, Netherlands, Exton, P.A. pp. 251-266.
- Alfayate, M.C. & Rodríguez-Luengo, J.L. (1991), Microhistological análisis of the feces of the *Corsica mouflon* during the flowering period in Teide National Park (Canary Islands), Transactions of the XXth Congress of the International Union of Game Biologist, Ed. by Csányi, S. And Ernhaft, J., University of Agricultural Sciences, Gödöllő, Hungary, August 21-26, pp. 536-537.
- Alfayate, M.C.(1990). *Estudio histológico de una comunidad endémica de la alta montaña canaria*, Memoria de Licenciatura, Universidad de La Laguna.
- Alfayate, M.<sup>a</sup>.C. & Yanes, C. (1992). "Análisis fitodermológico foliar de endemismos de la Alta Montaña Canaria-Tenerife", *Historia Natural* 91, Alemany, A. Ed., 531-540.
- Alfárez, F. (1971), Importancia de los fitolitos en el estudio de los paleosuelos cuaternarios (Resumen de comunicación), *I Centenario de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, Madrid.
- Alonso, M.E., 1999, Helecho macho, salud animal y salud humana, *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*, 16: 528-541.
- Alzola, J.M. (1984), El millo en Gran Canaria, Colección Viera y Clavijo, El Museo Canario, Las Palmas de Gran Canaria.

- Andrejko, M.J., Cohen, A.D. (1984), Scanning electron microscopy of silicophytoliths from the Okefenokee swamp-marsh complex, In Cohen, A.D., Casagrande, M.J., Andrejko, M.J., Best, G.R. (Eds.), *The Okefenokee swamp: its natural history, geology and geochemistry*, Wetlands Surveys, Los Alamos, NM, pp. 468-491.
- Antón, M. (2007), *El Secreto de los Fósiles*, Aguilar. Madrid.
- Arbelo, C.D., Rodríguez, A., Sánchez, J., Notario, J., Recatalá, L., Mora, J.L., Guerra, A. y Armas, C. (2009), Caracterización en entorno SIG de los suelos del Parque Nacional del Teide. Dinámica de Nutrientes y Carbono en los Suelos, En Ramírez, L. y Asensio, B. (Ed.), *Proyectos de Investigación en Parques Nacionales: 2005-2008*, Organismo Autónomo de Parques Nacionales.
- Arce, L.M. (1997), *Guía de los espacios naturales de Asturias*, Ediciones Trea S.L., Gijón, España.
- Arco, M.C. (1990). "Estudio de los restos vegetales de la cueva de Don Gaspar y algunas anotaciones sobre la agricultura prehistórica de Tenerife". *Investigaciones Arqueológicas en Canarias*, I, pp. 13-25.
- Arco, M.C., Jiménez, M. y Navarro, J.F. (1992), *La arqueología en Canarias: de mito a la ciencia*, Interinsular/Ediciones Canarias, Santa Cruz de Tenerife.
- Arnay, M. (1982). *Arqueología en la Alta Montaña de Tenerife: un estudio cerámico*. Universidad de La Laguna, La Laguna, Tesis doctoral.
- Arnay, M. (2000), Arqueología, En García Canseco, V., *Parque Nacional del Teide*. Esfagnos. Talavera de la Reina, pp. 200-212.
- Arnay, M. y González-Reimers, E. (1984): "Vasos cerámicos prehistóricos de Tenerife: un análisis estadístico". *Anuario de estudios Atlánticos*, 29:79-104.
- Arnay, M., Febles, V.J., Núñez, J.R., Hernández, R., Martín, V. (2003), *Estudio Histórico del Camino Real de Chasna*, Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Madrid.
- Arnay, M., Gijón, H., Afonso, J.A., Valladares, González, E. (2008b), Trichuris eggs in ancient samples, *16th Congress of the European Anthropological Association*, Odense, Póster.
- Arnay, M., González, E., 2009, La ocupación humana de Las Cañadas del Teide a partir del siglo XV, En Beltrán, E., Afonso-Carrillo, J., García, A. & Rodríguez, O., *Homenaje Homenaje al Profesor Wolfredo Wildpret de La Torre*, Instituto de Estudios Canarios, La Laguna, Tenerife, pp. 767-782.
- Arnay, M., Pérez, A.M., González, E. y Afonso, J.A., Los materiales antropológicos procedentes del Barranco de Agua de Dios (Tegueste) depositados en el Instituto Cabrera Pinto: un recurso para la investigación y la enseñanza, En Soler, J., Pérez, F. y Rodríguez (2011), *Excavaciones en la Memoria, Estudio historiográfico del Barranco del Agua de Dios y de la Comarca de Tegueste (Tenerife)*, Gobierno de Canarias y Ayuntamiento de Tegueste (Ed.), 228 páginas más ilustraciones.
- Arnay, M.; González-Reimers, E.; Martín Herrera, A. & Jorge Hernández, J.(1985a) "Técnicas de reparación de la cerámica aborigen de Tenerife", Patronato de las "Casa de Colon", *Anuario de Estudios Atlánticos*, Madrid-Las Palmas, Nº 31: 599, 612.
- Arnay, M.; Velasco, J.; González-Reimers, E., (2001). "De Gregorio Chil y Naranjo a la bioarqueología: el estudio de los elementos traza en restos óseos", En Homenaje al Dr. Gregorio Chil y Naranjo (1831-1901), *El Museo Canario*, Las Palmas de Gran Canaria.

- Arnay, M; González-Reimers, E.; Martín, A.,y Padrón, C. (1985b) "Análisis del contenido de un vaso cerámico aborigen de Tenerife", Patronato de la Casa de Colón, Anuario de Estudios Atlánticos, Madrid-Las Palmas, Nº 31: 613-624.
- Arnott, H.J. (1982), Calcium oxalate (weddelite) crystals of opal phytoliths from the teeth of Ungulates, *Journal of Archaeological Sciences* 2: 187-197.
- Arozena, M.E., Panareda, J.M., Beltrán, E., Afonso, J.A., Rivero, B. (2009), The landscape dynamics in the canarian laurel forest after the end of traditional use. The Anaga's pattern (Tenerife, Spain), Centro Conservazione Biodiversità, Department of Botanical Sciences, University of Cagliari, pp. 182-182.
- Arozena, M<sup>a</sup>. E., Beltrán, E. y Dorta, P., Coord. (2003), *La biogeografía: ciencia geográfica y ciencia biológica*, Documentos congresuales, Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna.
- Arpin, T. & Goldberg, P. (2004), Using Optical Microscopy to Evaluate Human History, *European Microscopy and Analysis*, 18 (4), EU, pp.25-27.
- Auestad, I., Austad, I., Hansen, S., Natlandsmyr, B. & Njøs, E. (2005), *Vakre vegkantar i vest*, Selva Forlag (Ed.), Forde, Norway, 152 p.
- Aznar, E. (1992), *La integración de las Islas Canarias en la Corona de Castilla (1478-1526)*, Cabido Insular de Gran Canaria, Las Palmas, pp. 647.
- Babor, J.A., Ibarz, J. (1977), Química General Moderna. Una introducción a la Química física y a la Química descriptiva superior (Inorgánica, Orgánica y Bioquímica), Editorial Marín, S.A., Barcelona.
- Baker, Ch. F. (2000), *Dos años en las Islas Canarias (Relato de un viaje por las Islas Canarias en coche, a pie y en bestia, con el objetivo de divulgar las escrituras en lengua española)*, Ediciones GRAFICOLOR, La Laguna, Tenerife.
- Ball, T.B., Gardner, J.S. & Anderson, N. (1999), Identifying inflorescence phytoliths from selected species of wheat (*Triticum monococcum*, *T. dicoccon*, *T. dicocoides* and *T. aestivum*) and barley (*Hordeum vulgare* and *H. spontaneum*) (*Gramineae*), *American Journal of Botany*, 12 pag.
- Banks, W. & Greenwood, C.T. (1975), *Starch and its components*, Edimburg University Press. Edimburg.
- Barber, H. & Carter, J. (1996), *An atlas of British diatoms*, Biopress Limited, Bristol, United Kingdom. 600 pág.
- Bárcena, M..A. & Abrantes, F. (1998), Evidence of a high productivity area off the coast of Malaga from studies on a surface sediments, *Marine Micropaleontology* 35, pp. 91-103.
- Bárcena, M.A. (1994), *Diatomeas del Cuaternario superior del Océano Antártico (sector Atlántico): Aportaciones a la reconstrucción paleoceanográfica*, Tesis doctoral (inédita)., Universidad de Salamanca, 378 p.
- Bárcena, M.A., & Flores, J.A. (1991), La clase Centrobacillariophyceae (Div.Bacillariophyceae) de los sedimentos superficiales obtenidos en la campaña «Antártida 8611», *Svtudia Geologica Salmanticensia* XXVII: 7-31, Ediciones Universidad de Salamanca.
- Bárcena, M.A., & Flores, J.A., (1990), Ensayo de una técnica para la preparación y cuantificación de Diatomeas fósiles, En J. Civis y J. A. Flores (eds), *Actas de IV Jornadas de Paleontología*, Ed. Universidad de Salamanca, pp. 75-83.
- Bárcena, M.A., Flores, J.A., Sierro, F.J., Pérez-Folgado, M., Calafat, A., Canals, M. (2004), Planktonic response main oceanographic changes in the Alboran Sea (Western Mediterranean) as documented in sediments traps and surface sediments, *Mar. Micro.* 53, pp. 423-445.



- Bárcena, M.A., Sesma, J. Isla, E. y Palenques, A. (2005), Respuesta del registro sedimentario a la ciclicidad solar en el estrecho de Gerlache (península Antártica), *Geogaceta*, 38, pp. 179-182.
- Barron, L.H. (1980), coger Miocene to Quaternary diatom biostratigraphy of Leg 57, off Northeastern Japan Deep Sea Drilling Project, In von Huene, R., Nasu, N. et al., *Init. Repts. DSDP*, 56, 57 (Pt.a), Washington (U.S. Govt. Printing Office), 641-685.
- Bartoli, F. & Wilding, L.P., (1980), Dissolution of Biogenic Opal as a Function of Its Physical and Chemical Properties, *Soil Science Society of America Proceedings* 44:873-78.
- Bartoli, F. (1981), Le cycle biogéochimique du silicium sur roche acide. Application à deux systèmes forestiers tempérés (Vosges), These de doctorat, University de Nancy-I, France.
- Baty, L.C. (2003), Wetland plants— more than just a pretty face?, *Land Contamination & Reclamation*, (11), 2.
- Baucells, S. (2004): *Crónicas, Historias, Relaciones y otros Relatos: Las fuentes narrativas del proceso de interacción cultural entre aborígenes canarios y europeos (siglos XIV a XVII)*, Fundación Caja Rural de Canarias, Gran Canaria.
- Beltrán, E. (1995), *Guía para la identificación de los helechos de Canarias*, Dpto. de *Biología Vegetal* (Botánica), Universidad de La Laguna, Copicentro Xerach, La Laguna, Tenerife.
- Beltrán, E. (2000), *El Paisaje Natural de los Volcanes Históricos de Tenerife*, Fundación Canaria MAPFRE Guanarteme, Las Palmas de Gran Canaria, p. 274, Tesis Doctoral.
- Benayas, J. (1963), Disolución parcial de sílice orgánica en suelos, *Annl. Edaf. Agrob. T. XXII*, Núms. 11-12, Madrid.
- Benayas, J., Barragán, E., Galván, J., Hernando, J., Palomar, R.L. & Roquero, (1987), Microscopy and chemical composition of paleosols affected by the heating of basaltic flows (Almagres) of the island of Tenerife, Spain, *Soil Micromorphology*, AFES., 591-596, París.
- Bergquist, P.R. (1978), “Sponges”, Univ. Of California Press, Berkeley, California. De Laubenfels, M.W. (1955). Porifera. In “*Treatise on Invertebrate Paleontology*”. Part E, pp. E21-E112. Geological Society of America and the University of Kansas Press, Lawrence, Kansas.
- Bertoldi de Pomar, H. (1975), Los silicofitolitos: sinopsis de su conocimiento, *Darwiniana* 19: 173-206, Buenos Aires.
- Bertoldi de Pomar, H., (1971), Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos, *Ameghiniana* 8: 317-328.
- Bertoldi de Pomar, H. (1976), Métodos de preparación de sedimentos clásticos para su estudio microscópico, *Revista de la Asoc. Cient. Nat. Lit.* N° 7.
- Biek, L., (1963). *Archaeology & The microscope. The scientific examination of archaeological evidence*, Frederic A. Praeger Publisher, London, 287 p.
- Birks, H.J.B, Berge, F., Boyle, J.F. & Cumming, B.F. (1990), A palaeoecological test of the land-use hypothesis for the recent lake acidification in South West Norway using hill-top lakes, *Journal of Paleolimnology* 4: 69-81.
- Bloch, M. (1992), *Introducción a la Historia*, Fondo de Cultura Económica, Madrid, 159 pp.
- Bock, W. 1952. Floristisch-okologische untersuchung der Algenvegetation periodischer Gewasser im sudlichen Teil des Maindreieckes. *Arch. Hydrobiol.* 47: 9-74.

- Bogen, J. (2008), The impact of climate change on glacial sediment delivery to rivers, *Sediment Dynamics in Changing Environments* (Proceedings of a symposium held in Christchurch, New Zealand, December 2008). IAHS, Publ. 325, pp. 432-439.
- Bourrely, P. (1957), Recherches sur les Chrysophycées: Morphologie, phylogénie, systématique, *Rev. Algol. Mém. Hor-Sér*, 1:1-412.
- Bowdery, D. (1998), *Phytolith Analysis Applied to Pleistocene-Holocene Archaeological Sites in the Australian Arid Zone*, BAR International Series, p. 695.
- Boyadjian, C.H.C., Eggers, S. & Reinhard, K.J. (2007), Dental wash: a problematic method for extracting microfossils from teeth (galley proofs), *Journal of Archaeological Sciences*, N° 34, pp. 1622-1628.
- Bozarth, S.R. (1992).- "Classification of opal phytoliths formes in selected dicotyledons natives to the Great Plains" , en RAPP G.Jr. & MULHOLLAND S.C. (Ed).- *Phytolith systematics. Emerging issues*, en *Advances in Archaeological and Museum Science*. Vol 1. pp.193- 214. Plenum Press. New York & London.
- Bozarth, S.R. (1993), Biosilicate assemblages of boreal forests and aspen parklands. In Pearsall D.M. and Piperno D.R. (Ed.): *Current Research in Phytolith Analysis: Applications in Archaeology and Paleoecology. MASCA Research papers in Science and Archaeology*, 10:95-105. MASCA, The University Museum of Archaeology and Anthropology, University of Pennsylvania, Philadelphia, USA.
- Bradbury, J.P. (1975), Diatom stratigraphy and human settlement in Minnessota, *Geol.. Soc. Of America*, Special Paper 171, 1-74.
- Bramwell, D. & Bramwell, Z. (2001), *Flores Silvestres de las Islas Canarias*, Editorial Rueda S.L., Madrid.
- Bramwell, D. (1998), *Flora de las Islas Canarias*, Ed. Rueda, Madrid.
- Brandis, D. (1907), Remarks on the structure of bamboo leaves. *Trans. Linn. Soc. Lond. Bot. Ser.*, 2(7): 69-92.
- Bravo, T. (1999), La comarca de Icod y sus rasgos geológicos, *Revista de Ciencias y Humanidades*, N°3, Ycod.
- Brochier, J., Villa, P, Giacomarra, M., Tagliacozzo, A., (1992), Shepherds and Sediments: geo-ethnoarchaeology of pastoral sites, *Journal of Anthropological Archaeology*, 11, pp. 47-102.
- Brochier, J.É. & Thinon, M. (2003), Calcite crystals, starch grains aggregates or...POCC? Comment on 'calcite crystals inside archaeological plant tissues', *Journal of Archaeological Science*, 30: pp. 1211-1214.
- Bromberg, K., Silliman, B.R., Bertness, M.D. (2009), Centuries of Human-Driven Change in Salt Marsh Ecosystems, *Annu. Rev. Marine Sci.*, 1: 117-141.
- Brönmark, C., Hansson, L. (2005), *The Biology of Lakes and Ponds*, Oxford University Press, Oxford, 84 p.
- Brothwell, D., Higgs, E. (Comp.), (1980), *Ciencia en Arqueología* (Comp.), Fondo de Cultura Económica, Madrid.
- Brown, D. (1984), Prospects and Limits of a Phytolith Key for Grasses in the Central United States, *Journal or Archaeological Science* 11, 221-243.
- Brunhes, J. (1948), *Geografía humana*, Ed. Juventud, Barcelona.
- Bryant, V.M. Jr. & Holloway R.G. (1996), Archaeological palynology, p. 913-917. In J. Jansonius & D. C. McGregor (eds.) *Palynology: principles and applications*. American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation, Dallas, TX. 1330p.
- Bryant, V.M. Jr. (1993), Phytolith research: A look toward the future. En Pearsall, D.M. & Piperno, D.R. (eds.), *Current Research in Phytolith Analysis, Applications in Archaeology and Paleoecology*, Museum Applied Science Center for Archaeology

- (MASCA) Research Papers in Science and Archaeology 10: 175-181, University of Pennsylvania, Philadelphia.
- Buckry, D. (1979), Comment on opal phytoliths and stratigraphy of Neogene silico-flagellates and coccoliths at Deep Sea Drilling Project Site 397 off northwest Africa, in: Shamback, J.D. (eds.) Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project 49, pp. 977-1009, Washington D.C., U.S. Government Printing Office.
- Buckry, D. (1980), Opal phytoliths from the tropical eastern Pacific Ocean, deep sea drilling project leg 54, in: Rosendhal, B.R.; R. Hekinian et al. (eds.), Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, Vol. 54, pp 575-589, Washington D.S., U.S. Government Printing Office.
- Burckle, L.H. (1982), First appearance datum of *Hemidiscus karstenii* in late Pleistocene of the subantarctic region, Antarctic J.: 142-143.
- Butzer, K. (1976), *Early Hydraulic Civilization in Egypt: A Study in Cultural Ecology*.
- Butzer, K. (1989), *Arqueología, una ecología del hombre: Método y Teoría para un enfoque contextual*, Bellaterra, S.A., Barcelona.
- Butzer, K.W. (1965), Acheulian Occupation Sites at Torralba and Ambrona: their geology, *Science* 150, pp. 1718-1722.
- Buxó, R. (1993).- *Des semences et des fruits. Cuillette et agriculture en France et en Espagne Méditerranéennes du Néolithique à l'Âge du Fer*. Tesis Doctoral. Université Montpellier II. Sciences et Techniques du Languedoc. 315 pp.+ 320 pp gráficos.
- Callen, E.O. & Cameron, T.W.M. (1960). "A prehistoric diet revealed in coprolites", *The New Scientist* 8 (190): 35-40.
- Callen, E.O. (1980). "La dieta revelada por los coprolitos". En Brothwell, D. y Higgs, E. *Ciencia en Arqueología*. Fondo de Cultura Económica, Madrid, pp. 240-248.
- Calvo, J.P, Jones, B.F., Bustillo, M., Fort, R., Alonso-Zarza, A.M. y Kendall, C. (1995), Sedimentology and geochemistry of carbonates from lacustrine sequences in the Madrid Basin, central Spain, *Chemical Geology*, 123: 173-191.
- Carandini, A. (1997), *Historias en la tierra*, Crítica, Barcelona.
- Carlquist, S. and Schneider, E.L. (2007), Tracheary Elements in Ferns: New Techniques, Observations and Concepts, *American Fern Journal*, 97(4): 199-211.
- Carracedo, J.C. (2008), *Los volcanes del Parque Nacional del Teide, El Teide, Pico Viejo y las dorsales activas de Tenerife*, Naturaleza y Parques Nacionales, Serie técnica.
- Carracedo, J.C., Paterne, M., Guillou, H., Pérez Torrado, F.J., Paris, R., Rodríguez Badiola, E. & Hansen, A. (2003), Dataciones radiométricas (<sup>14</sup>C y K/Ar) del Teide y el Rift Noroeste, Tenerife, Islas Canarias, *Estudios Geol.*, 59:15-29.
- Carracedo, J.C., Rodríguez, E., Guillou, H., Paterne, M., Scaillet, S., Pérez, F.J., Paris, R., Fra-Paleo, U. & Hansen, A. (2007), Eruptive and structural history of Teide Volcano and Rift zones of Tenerife, Canary Islands, *Geological Society of America Bulletin*, September/October, pp. 1027-1051.
- Carracedo, J.C., Rodríguez, E., Pérez, F.J., Hansen, A., Rodríguez, A., Scaillet, S., Guillou, H., Paterne, M., Fra, U & Paris, R. (2007), La Erupción que Cristóbal Colón vió en la Isla de Tenerife (Islas Canarias), *Geogaceta*, 41, pp. 39-42.
- Carrera, M. (2003), *Historia del Almirante por Hernando Colón. Traducción, introducción y notas*, Ed. Ariel, 415 p.
- Carter, J.A., 1999, Late Devonian, Permian and Triassic Phytoliths from Antarctica, *Micropaleontology*, vol. 45, Nº 1, pp. 56-61.
- Casanova, J. (1991), *La Historia Social y los Historiadores*, Ed. Crítica, Barcelona.

- Cavero, R.Y., López, M<sup>a</sup>.L. (2006), *Botánica de Laboratorio*, Ediciones Universidad de Navarra, S.A., Pamplona.
- Ceballos, L. & Ortuño, F. (1976), *Vegetación y flora forestal de las Canarias occidentales*, Cabildo Insular de Tenerife, Fournier, Vitoria, España.
- Cegarra, J. (2004), *Metodología de la investigación científica y tecnológica*, Ediciones Díaz de Santos, Madrid.
- Chaline, J. (1982), *El Cuaternario. La historia humana y su entorno*, Akal, Madrid.
- Chapman, V.J. (1977) Introduction. In *Wet Coastal Ecosystems*, ed. VJ Chapman, pp. 1-30. Elsevier, New York.  
Chicago: University of Chicago Press.
- Chodat, R. (1922), *Materiaux pour l'histoire des algues de la Suisse*, Bull. Soc. Bot. Genève, v. 13: pp. 66-114.
- Ciochon, R.L., Piperno, D. & Thompson, R. (1990). Opal phytoliths found on the teeth of the extinct ape *Gigantopithecus blacki*: Implications for paleodietary studies. *Proceedings of the National Academy of Science*, 87: 8120-8124.
- Clark, G. (1992), En Brothwell, D., Higgs, E. (Comp.), (1980), *Ciencia en Arqueología* (Comp.), Fondo de Cultura Económica, Madrid, pp. 9-11.
- Claussen, M., and Gayler, V., 1997: The greening of Sahara during the mid-Holocene: results of an interactive atmosphere - biome model. *Global Ecology and Biogeography Letters* 6: 369-377.
- Coil, J., Korstanje, M. A., Archer, S. & Hastorf, C.A, (2003), Laboratory goals and considerations for multiple microfossil extraction in archaeology, *Journal of Archaeological Science*, 30, pp. 991-1008.
- Comte, A., 1980, *Discurso sobre el Espíritu Positivo*, Alianza Editorial, Madrid,
- Conrad, W. (1926), *Recherches sur les flagellates de nos eaux azumares*, 2<sup>a</sup> partie: Chysomonadines, Arch. Protistenk, v. 56, pp. 167-231.
- Coradeghini, A. & Vigna, M.S. (2001), Flora de quistes crisofíceos fósiles en sedimentos recientes de Mallín Book, Río Negro (Argentina), *Revista Española de Micropaleontología*, 33, pp. 163–181.
- Courty, M.A., Goldberg, P. & Macphail, R. (1989), *Soils and Micromorphology in Archaeology*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Criado, C. (1990), Dinámica de dunas, paleosuelos y torrencialidad en Pleistoceno reciente y Holoceno de Fueteventura (Islas Canarias), I Reunión Nacional de Geomorfología, Sociedad Española de Geomorfología, Instituto de Estudios Turoleses, Teruel, 245-254.
- Criado, C. (2002), *Breve e incompleta historia del antiguo lago de la ciudad de San Cristóbal de La Laguna*, Concejalía de Cultura y Patrimonio Histórico-Artístico, Ayuntamiento de La Laguna.
- Criado, C., Machado, C., Afonso, J.A. (2009), Geomorfología eólica en el Parque Nacional del Teide (Tenerife), En Beltrán, E., Afonso-Carrillo, J., García, A. & Rodríguez, O., *Homenaje al Prof. Dr. Wilfredo Wildpret de la Torre*, Instituto de Estudios Canarios, La Laguna, Tenerife, 872 p.
- Criado, C., y Hansen, A. (2009), Estudio e interpretación del marco geográfico geoarqueológico, en González, P., Moreno, M. y Jiménez, A. (Ed. Científicos), *El yacimiento arqueológico de La Cerera, un modelo de ocupación en la isla de Gran Canaria*, Cabildo de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria.
- Cronberg, G. (1986), Chrysophycean cysts and scales in lake sediments: a review, In Kristiansen, J. & Andersen, R.A., *Chrysophytes: aspects and problems*, Cambridge U.P. Dakota, USA, 281-314.

- Crowther, A. (2011), Re-viewing raphides: Issues with identification and interpretation of calcium oxalate crystal in microfossil assemblages, [epress.anu.edu.au/wp-content/.../05/ch0811.pdf](http://epress.anu.edu.au/wp-content/.../05/ch0811.pdf)
- Cuesta, J.E. (2002), Las diatomeas bentónicas de las lagunas del Parque Nacional de Sierra Nevada. Estudio comparado con las colecciones del Herbario de la Universidad de Granada, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Tesis Doctoral.
- Czja, A. (1978).- "Structure of starch grains and the classification of vascular plant families", en *Taxon* 27: 463-470.
- Danielson, D.R. (1993).- "The role of phytoliths in prehistoric diet reconstruction and dental attrition". Thesis for Degree of Master of Arts. Faculty of the Graduate College at the University of Nebraska. Lincoln. 112 pp.
- Darwin, CH., (2002), *El origen de las especies*, RBA Coleccionables, S.A, Barcelona.
- De Pomar, B. (1971), Ensayo de clasificación morfológica de los silicofitolitos. *Ameghiniana* 7: 317-328.
- Dean, H.L. (1978, 4a Ed.), *Laboratory exercises: Biology of plants*. William C. Brown. Dubuque, Iowa (USA).
- Deflandre, G. (1936), Les Flagellés Fossiles, Aperçu Biologique et Paleontologique, Role geologique, *Actual. Sc. & Indust. Expos. Geol., Paris* 355: 897.
- Del Arco, M.C., Del Arco, M.M., Atiénzar, E. y Hopo, M. (1990), Estudios de los restos vegetales de la cueva de Don Gaspar y algunas anotaciones sobre agricultura prehistórica de Tenerife, *Investigaciones Arqueológicas de Canaria I*: 13-25.
- Del Arco, M<sup>a</sup>.C., Jiménez, M.C, Navarro (1992), *La arqueología en Canarias: del mito a la ciencia*, Interinsular/Ediciones Canarias, Santa Cruz de Tenerife.  
Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca.
- Diego Cuscoy, L. (1968), *Los Guanches. Vida y cultura del primitivo habitante de Tenerife*, Publicaciones del Museo Arqueológico de Tenerife, Ed. Romero, Santa Cruz de Tenerife.
- Diego, L., Mathiesen, Fr. J., Schwidetzky, Ortuño, F., Serra, E., Fernández, J.M<sup>a</sup>. (1960), Trabajos en torno a la Cueva Sepulcral de Roque Blanco (Isla de Tenerife), Publicaciones del Museo Arqueológico 2, Santa Cruz de Tenerife.
- Diester-Haass, L., Schrader, H.J. and Thiede, J. (1973), Sedimentological and paleoclimatological investigations of two pelagic-zone cores of the Cape Barbas, Northwest Africa, *Meteor Forschung-Ergebnisse* 16, pp. 19-66.
- Diez, F., Barba, R., Gómez, J.A., Luque, L. (2010), El achelense de Peninj (Lago Natrón, Tanzania): excavación arqueológica en ES2-Lepolesi en la campaña de 2008, *Informes y Trabajos del IPCE*, N<sup>o</sup>3: 257-264.
- Dixon, J.B. & Leed, S.B. (1989), *Minerals in Soil Enviroments*, *Soil Science Society of America*, Madison, Wisconsin, USA.
- Dodson, J.R. (1983), Pollen recovery from organic lake clays: a comparison of two techniques, *Polen et spores* 25(1), pp. 131-138.
- Domínguez-Rodrigo, M. (1996), *En el principio de la humanidad*, Editorial Síntesis S.A., Madrid.
- Domínguez-Rodrigo, M., Serrallonga, J., Juan-Tresserras, J. & Luque, L. (2001), "Woodworking activities by early humans: a plant residue analysis on Acheulian stone tools from Peninj, Tanzania". *Journal of Human Evolution*, 39, pp. 421-436.
- Domínguez-Rodrigo, M., Serrallonga, J.J., Juan-Tresserras, J., Alcalá, L. & Luque, L. (2001), Woodworking activities by early humans: a plant residue análisis on

- Acheulian stone tools from Peninj, Tanzania, *Journal of Human Evolution*, 39, pp. 421-436.
- Dóniz, F.J., Coello, J.E. (2004), Evolución Geomorfológica del Conjunto Volcánico subhistórico de Montaña Cascajo (Dorsal de Bilma-Abeque) en Tenerife, *Investigaciones Geográficas*, nº 35, pp. 151-164.
- Douglas, M.S.V. & Smol, J.P. (1999), Freshwaters diatoms as indicators of environmental change in the High Arctic, In Stoermer, F. & Smol, J.P. (1999), *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*, Cambridge University Press, pp. 227-244.
- Douglas, M.S.V. & Smol, J.P. (2001), Freshwaters diatoms as indicators of environmental change in the High Arctic, in *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Driscoll, L. (1999), *Phragmites australis*, The common red, web about *Phragmites*.
- Duchaufour, P., Faivre, P. (1977), *Atlas ecológico de los suelos del mundo*, Toray-Masson, Barcelona.
- Duff, K., Douglas, M.S. & Smol, J.P. (1992), Chrysophyte cyts from 36 high artic ponds, *Nordic Journal of Botany* 5: 471-499.
- Duff, K., Zebb, B. & Smol, J. (1995). *Atlas of Crysophycean Cysts*, Kluwer Academic Publishers. Netherlands.
- Duval-Jouve, J. (1872), *De Quelques Juncus a Feuilles Cloissonnees: Et en Particulier Des J. Lagenarius Et Fontanesii Gay Et Du J. Striatus Schsb (1872)*. 150 pp. Reeditado por Kessinger Publishing en 2010, 44 pp.
- Eco, H. (1992), *Obra abierta*, Editorial Ariel S.A., Barcelona, 351 p.
- Ehremberg, C.G. (1841).- "Über Verbreitung und Einfluss des mikroskopischen Lebens in Süd-und Nordamerika", en Monatsberichte dir Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. pp. 139-144.
- Ehremberg, C.G. (1846).- "Über die Vulkanischen Phytolitharien der Insel Ascension", en Monatsberichte dir Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. pp. 191-202.
- Ehremberg, C.G. (1854).- *Mikrogeologie*. L.Voss. Leipzig.
- Ehrlich, A. (1975), The diatoms from the surface sediments of the Bardawil Lagoon (Northern Sinai)— paleoecological significance. Beith. *Nova Hedwigia* 53, 253-277.
- Ehrlich, A., 1995, *Atlas of the Inland-Water Diatom Flora of Israel*, The Geological Survey of Israel, The Israel Academic of Sciences and Humanities.
- Einstein, A. (2001), *Mi visión del mundo*. Tusquets. Barcelona.
- Eloranta, P. (1986), Phytoplankton structure in different lake types in central Finland, *Holarctic Ecology* 9, pp. 214-224.
- Esau, K. (1985).- *Anatomía vegetal*, Ed.Omega, Barcelona.
- Espinosa, A. de (1980): *Del origen y Milagros de la santa imagen de Nuestra Señora de Candelaria, que apareció en la Isla de Tenerife, con la descripción de esta Isla*. Introducción y notas de Alejandro Cionarescu, Goya Ediciones, Santa Cruz de Tenerife.
- Faegry, K. & Iversen, D. (1975), *Textbook of pollen analysis*, Hafner Press, New York, 237 p.
- Fatela, F. & Taborada, R. (2002), Confidence limits of species proportions in microfossil assemblages, *Marine Micropaleontology*, 45, pp. 169-174.
- Fernández, L. (1918), En la Boca de Tauze, *Peñalara, Revista de Alpinismo*, Año V, Nº 51, Madrid.

- Fernández, M., Osterrieth, M. & Zucol, A. (2009), Plant communities and soil phytolith assemblages relationship in native grasslands from southeastern Buenos Aires province, Argentina, *Catena* 76 (2009) 89-96.
- Fernández, V.M. (1991), *Teoría y Método de la Arqueología*, Editorial Síntesis, Madrid.
- Fernández-Palacios, J.M<sup>a</sup>. y De los Santos, A. (1996), *Ecología de las Islas Canarias. Muestras y análisis de poblaciones y comunidades*, Cabildo Insular de La Palma, Sociedad La Cosmológica, Santa Cruz de La Palma, Islas Canarias.
- Fickert, T., Friend, D., Molnia, B. and Richters, M. (2007), Did Debris-Covered Glaciers Serve as Pleistocene Refugia Plants?. A New Hypothesis Derived for Observations of Recent Plant Growth on Glacier Surfaces, *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, Vol. 39, N° 2, pp. 245-257.
- FitzPatrick, E.A. (1980), *Soils. Their formation, classification and distribution*, Longman, New York.
- Flandrin, J.L. & Montanari, M. (2004), *Historia de la Alimentación*, Ediciones TREA, S.L., Ediciones Trea, S.L.
- Flint, O., (1996), *Microscopía de los Alimentos*, Editorial Acribia, S.A., Zaragoza.
- Florez, M.T.; Parra, L.N. & Jaramillo, D. (2006), Los fitolitos como herramienta pedogenética de un Andisol de la cuenca de Piedras Blancas. *Suelos Ecuatoriales. Revista de la Sociedad Colombiana de Ciencia del Suelo*, 36 (1): 43-51.
- Franceschi, V.R. & Horner, H.T.Jr. (1980), Calcium oxalate crystals in plants, *The Botanical Review*, Vol. 46, N° 4, pp. 361-416.
- Fredlund, G.G. and Tieszen L.T. (1994) Modern phytolith assemblages from the North American Great Plains. *Journal of Biogeography* 21:312-335.
- Frenguelli, G. (1925), Sopra alcuni microrganismi a guscio siliceo, *Roma Soc. Geol. Ital. Boll.* 44 (1): 1-8.
- Frison, E. (1948), On some typical forms of silica found in plants. *Microscope* 7:38-45.
- Fujiwara, H. (1993), Research into the history of rice cultivation using plant opal analysis in archaeology and paleocology. En Pearsall, D.M. y Piperno, D. (Ed.): *Current Research in Phytolith Analysis: Application*, pp. 147-159, MASCA, The University Museum of Archaeology and Anthropology, University of Pennsylvania. Philadelphia.
- Fujiwara, H., Jones, R. & Brockwell, S. (1985), Plant opals (phytoliths) in Kakadu archaeological sites: a preliminary report. In Jones, R. (Ed.), *Archaeological Research in Kakadu National Park*, Canberra A.C.T.: Australian National Parks and Wildlife Service, pp. 155-164.
- Funkhouser, J.W. & Evitt, W.R. (1959), Preparation techniques for acid insoluble microfossils, *Micropaleontology* 5 (3), pp. 369-375.
- Funkhouser, J.W., and Evitt, W.R. 1959. Preparation techniques for acid-insoluble microfossils, *Micropaleontology*, 5-3:369-375.
- Gabriel y Galán, J.M<sup>a</sup>. (2002), *Biología Vegetal*, Bellisco, Madrid.
- Gaiser, E.E. & Johansen, J. (2000), Freshwaters Diatoms from Carolina Bays and other isolate wetlands on the Atlantic Coastal Plain of South Carolina, U.S.A., with description of seven taxa new to science, *Diatom Research*, Volume 15 (I), pp. 75-130.
- Gallego, L. & Distel, R.A. (2004), Phytolith Assemblages in Grasses Native to Central Argentina, *Annals of Botany* 94: 865-874.
- Galván, B., Hernández, C.M., García, J.C., Mesa, E., Rodríguez, E., Barro, A., Alberto, V., Afonso, J.A., González, G., (2005), Los concheros de La Fuente. Consideraciones Metodológicas y resultados preliminares, *Revista Tabona*,

- Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna (Tenerife), pp. 103-141.
- Gámez, A. (2003), La bioantropología de las poblaciones arqueológicas históricas de las Islas Canarias: un estado de la cuestión, Facultad de Geografía e Historia, Tesina.
- Gámez, A. (2010), Estudio bioantropológico de una población arqueológica histórica de las Islas Canarias: la Iglesia de La Concepción de Santa Cruz de Tenerife, Facultad de Geografía e Historia, Tesis Doctoral, 371 p.
- García, G. (2005), La escanda. Un poco de historia..., *Boletín Informativo del Servicio Regional de Investigación y Desarrollo Agroalimentario (SERIDA)*, Gobierno del Principado de Asturias, Época 2, N° 1, 28-29.
- García, M. (1979), Paleopatología de la población aborigen de la Cueva sepulcral aborigen de Pino Leris (La Orotava, Tenerife), *Anuario de Estudios Atlánticos*, 25, pp. 567-584.
- García, M. (1984), *El asentamiento guanche de El Calabazo*, Centro Social y Cultural Némesis, Gráficas Tenerife, Santa Cruz de Tenerife, 77 p.
- García-Ramos, J.C., Piñuela, L. & Aramburu, C. (2010), Las sucesiones litorales y marinas restringidas del Jurásico Superior. Acantilados de Tereñes (Ribadesella) y de la playa de La Griega (Colunga), Guía de Campo, Excursión B, *V Congreso del Jurásico de España*, Museo del Jurásico de Asturias, Colunga, 8-11 de septiembre.
- Garrone, R. (1978), Phylogenesis of connective tissue. Morphological aspects and biosynthesis of sponge intercellular matrix. In "*Frontiers of Matrix Biology*" (L. Robert, ed.), Vol. 5, pp. 1-250. Karger, Basel, Switzerland.
- Geertz, C. (1988), *La interpretación de las culturas*, Gedisa.
- Geis, J.W. (1973), Biogenic silica in selected species of deciduous angiosperms, *Soil Science* 116: 113-130.
- Gijón, H., Afonso, J.A., Arnay de la Rosa, M., Leles, D., González Reimers, E., Vicente, A.C., Iñiguez, A., (2010), Paleoparasitologic, paleogenetic and paleobotanic analysis of XVIII Century coprolites from the church La Concepción in Santa Cruz de Tenerife, Canary Islands, Spain, *Mem Inst Oswaldo Cruz*, Río de Janeiro, Vol. 105 (8), pp. 1054-1056.
- Gijón, H., Arco, M<sup>a</sup>. Del, Martín, M., Rodríguez, C., González, R., Arco, M. del, Benito, C. y Rosario, C. (2009), Nueva aportación a los estudios paleoparasitológicos entre los guanches: identificación de *Trichuris trichiura* (Linnaeus, 1771) en la momia de San Andrés, *Canarias Arqueológica*, Museo Arqueológico de Tenerife e Instituto Canario de Bioantropología, N°3, Santa Cruz de Tenerife.
- Gil, J. (2005), *Los cultivos tradicionales de la Isla de Lanzarote, Los Granos: Diversidad y Ecología*, Cabildo Insular de Lanzarote, Arrecife de Lanzarote.
- Gil, M.C., Ojeda, A., Moreira, A. (2005), Aportaciones al conocimiento de diatomeas bentónicas y ticoplanctónicas del puerto de Santa Cruz de Tenerife (Islas Canarias). *Vieraea*, Vol. 33, pp. 59-78.
- Ginzburg, C. (1981), *El queso y los gusanos*, Muchnik, Barcelona.
- Glew, J.R. (1991), Miniature gravity corer for recovering short sediments cores, *Journal of Paleolimnology* 5, 285-287.
- González Escalera, J.A., 2001, *Fotomicroscopía y Telemicroscopía*, TENYDEA S.L., Santa Cruz de Tenerife.
- González, J<sup>a</sup>.M<sup>a</sup>., Beltrán, E. y Losada, A.M<sup>a</sup>. (1991), *Contribución al estudio de la flora y vegetación briofítica higro-hidrófila de Las Cañadas del Teide (Tenerife)*, Instituto de Estudios Canarios, La Laguna.



- González, P. (1957), La necrosis histolítica en el *Phragmites* (carrizal) de las lagunas de Ruidera, *Anales del Real Jardín Botánico de Madrid*, Vol. 14, pp. 131-144.
- González, P., Moreno, M. & Jiménez, A. (2009), *El yacimiento arqueológico de La Cerera. Un modelo de ocupación en la isla de Gran Canaria*, Cuadernos de Patrimonio Histórico, Cabildo de Gran Canaria, 408 p.
- González, R., Balbin, R., Bueno, P. y Del arco, C. (1995), *La Piedra Zanata*, Organismo Autónomo Insular de Museos y Centros, Cabildo de Tenerife, 294 p.
- González-José, R. y Escapa, I. (2010), Uso combinado de Morfometría Geométrica, Cladística y Modularidad en la evolución de los homínidos: implicaciones y dificultades metodológicas, En González-Martín, A., Fósiles y moléculas. Aproximaciones a la historia evolutiva de Homo sapiens, *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, Universidad Complutense de Madrid, Segunda época, Tomo VIII, pp. 11-31.
- Gorostidi, A. (1992), Nanofósiles calcáreos y eventos del Cretácico Medio-Superior de la región vasco-cantábrica, Universidad del País Vasco, Tesis doctoral.
- Gorsuch, T.T. (1959), Radio-chemical investigation on the recovery for analysis of trace elements in organic and biological materials, *Analyst* 84: 135-173.
- Greenberg, R., Maldonado, J.E. (2006), Diversity and endemism in tidal-marsh vertebrates, *Studies in Avian Biology*, N° 32: 32-53.
- Grob, A. (1896), Beitrage zur Anatomie der Epidermis der Gramineenblätter, *Bibliotheca Botanica* 36: 1-63.
- Grüss, J. (1932), Die beiden ältesten Weine unserer Kulturwelt. *Forschungen und Fortschritte* 8, 23-24.
- Guerra, A. (2009), Evaluación de la degradación de suelos naturales de la Isla de Tenerife. Secuencias edáficas evolutivas y regresivas, Dpto. de Edafología y Geología, Facultad de Biológicas, Universidad de La Laguna, Tesis Doctoral.
- Haberlandt, G. (1914), *Physiological plant anatomy*, McMillan, London.
- Haeberli, W., Zemp, M., Käab, A, Paul, F. & Hoelzle, M., (2008), *Fluctuations of Glaciers 2000-2005*, Department of Geography, University of Zurich, Staffel Druck AG (Ed.), Zurich, Switzerland.
- Hart, D., Letfer, C. & Wallis, L.A. (2003), A Universal Key 5: Spheroidal Class, poster, on line.
- Hartley, B. (1996), *An Atlas of British Diatoms*, Biopress Limited, Bristol, England.
- Hartley, W. & Slater, C. (1960), Studies on the origin, evolution, and distribution of the *Gramineae*. III. The tribes of the subfamily Eragrostoideae. *Australian Journal of Botany* 8: 256-276.
- Hasall, R. (1876), *Alimentos: su adulteración y métodos para detectarla*, Londres.
- Haslam, S.M. (1972), Biological Flora of the British Isles, *Phragmites communis* Trin., *Journal of Ecology*, Vol. 60, N° 2: 585-610
- Hausen, H. (1954), Hidrografía de las Islas Canarias, Imp. de Ediciones Canarias, La Laguna, Tenerife.
- Hay, R. (1976), *The Geology of Olduvai*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Heizer, R. (1980). "La antropología de los coprolitos humanos prehistóricos de la Gran Cuenca." En Brothwell, D. y HIGGS, E. *Ciencia en Arqueología*. Fondo de Cultura Económica, Madrid, pp. 249-255.
- Helbaeck, H. (1980), Paleo-etnobotánica, En Brothwell, D., Higgs, E. (Comp.), *Ciencia en Arqueología* (Comp.), Fondo de Cultura Económica, Madrid, pp. 209-218.
- Henry, A.G., Brooks, A.S., Piperno, D. (2010), Microfossils in calculus demonstrate consumption of plants and cooked foods in Neanderthal diets (Shanidar

- III, Iraq; Spy I and II, Belgium), *Proceedings of the National Academic Sciences of the United States of America*.
- Hernández, C.M. y Galván, B. (2008), Estudio geoquímico de dos centros de producción de obsidias en la Prehistoria de Tenerife: El Tabonal de los Guanches (Icod de los Vinos y el Tabonal Negro (Las Cañadas), *Trabajos de Prehistoria*, 65 (2), pp. 151-168.
- Hernández, C.M., (2006a), Territorios de aprovisionamiento y sistemas de explotación de las materias primas líticas de la prehistoria de Tenerife, Facultad de Geografía e Historia, Tesis Doctoral, 816 pag.
- Hernández, F. (1945), Los pozos del Sahara español e hipótesis sobre su construcción, *Investigación y Progreso*, Año XVI, Nº 1-2 Madrid.
- Hernández, I. (2006b), Variabilidad estacional de las comunidades planctónicas del mar de Alborán (Mediterráneo occidental), Memoria para aspirar al Grado de Salamanca, Dpto. de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca.
- Hernández, I., (2011), Variabilidad climática orbital y suborbital en el Atlántico Norte durante el Pleistoceno (1.070.000-780.000 años), Dpto. de Geología-Área de Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, 272 pág., Tesis doctoral.
- Herrera, R., Ancochea, E., Huertas, M.J. (2006). Las rocas volcánicas del Edificio Submarino de la isla de La Gomera: características composicionales. *GEOGACETA*, 39.
- Hickman, M., Schweger, C.E. & Klarer, D.M. (1990), Baptiste Lake, Alberta –a late Holocene history of changes in a lake and its catchment in the southern boreal forest, *Journal of Paleolimnology*, 4, pp. 253-267.
- Hobsbawn, E. (2000), *Entrevista sobre el siglo XXI*, Crítica, Barcelona.
- Hodson, M.J. & Sangster, A.D. (1988), Observations of the distribution of mineral elements in the leaf of wheat (*Triticum aestivum* L.) with particular reference to silicon, *Annals of Botany* 62, pp. 463-471.
- Hodson, M.J., Williams, S.E. & Sangster, A.G. (1997). "Silica deposition in needles gymnosperms. I. Chemical analysis and light microscopy." En *Monografías del Centro de Ciencias Medioambientales* 4, CSIC, Madrid, pp. 123-133.
- Holland, H.D. & Zbinden, E.A. (1988), Paleosols and evolution of the atmosphere. En Ierman, A. y Meybeck, M. (ed.), *Physical and Chemical Weathering in Geochemical Cycles*, Kluwer Ac. Publ. Dordrecht: 61-82.
- Hooke, R. (1995), *Micrografía, o algunas descripciones fisiológicas de los cuerpos diminutos realizadas mediante cristales de aumento con observaciones y disquisiciones sobre ellas*, trad. y ed. Lit. Solís, C., Círculo de Lectores, Barcelona.
- Hosney, R.C. (1991), *Principios de ciencia y tecnología de los Cereales*, Editorial Acribia S.A., Zaragoza.
- Houyuan, L., Naiqin, W. & Baozhu, L. (1997), Reconition of rice phytolith. En Pinilla, A., Juan-Tresserras, J. & Machado, M.J., *Estado actual de los estudios de fitolitos en suelos y plantas*, *Monografías del Centro de Ciencias medioambientales*, 4, CSIC.Madrid, pp.159-174.
- Humboldt, A. von, (1975), *Del Orinoco al Amazonas. Viaje a las regiones equinociales del nuevo continente*. Edit. Labor S.A., España.
- Hustedt, F. (1930), *Bacillariophyta* (Diatomeae). In: Die Susswasser-Flora Mitteleuropas. Heft 10. Jena. Verlag von Gustav Fischer.
- Hutchinson, G.E. (1967), *A Treatise on limnology, Introduction to lake Biology and the Limnoplakton*, Jhon Wiley & Sons, New York.

- Huxley, R. (2007), *Los grandes naturalistas*, Ariel, Barcelona, 304 p.
- Iler, R.K., (1979): *The chemistry of silica*, Wiley -Interscience, USA., pp. 730-801.
- Isaac, G. (1965), The stratigraphy of the Peninj beds and the provenance of the Natron Australopithecine mandible, *Quaternaria* 7, pp. 101-130.
- Iversen, J. (1949), The influence of prehistoric man on vegetation, *Dan. Geol. Under.* 4 (3,6): 5-22.
- Izco, J. & Del Arco, M. (2003), *Código Internacional de nomenclatura fitosociológica*, Colección Materiales Didácticos Universitarios, Serie Botánica 2, Servicio de Publicaciones de la Universidad de La Laguna.
- Izquierdo, I., Martín J.L., Zurita N., Arechavaleta M., *Lista de Especies Silvestres de Canarias (hongos, plantas y animales terrestres)*, Consejería de Medio Ambiente y Ordenación Territorial, Gobierno de Canarias, 500pp.
- Izquierdo, R., Belmonte, J., Avila, A., Alarcón, M., Cuevas, E. y Alonso-Pérez, S. (2011), Source areas and long-range transport of pollen from continental land to Tenerife (Canary Islands), *Int. J. Biometeorol* (2011) 55:67-85.
- Jiménez, A.M. (2009), Análisis territorial, En González, P., Moreno, M. & Jiménez, A., *El yacimiento arqueológico de La Cerera. Un modelo de ocupación en la isla de Gran Canaria*, Cuadernos de Patrimonio Histórico, Cabildo de Gran Canaria, p. 61.
- Jiménez, J.J. (1999), Gran Canaria Prehistórica, Colección Taller de Historia, Centro de la Cultura Popular Canaria, Arafo, Tenerife.
- Jiménez, J.J., (2006), La Laguna de Arucas: algunas consideraciones geográficas e históricas, XVI Coloquio de Historia Canario Americana, pp. 49-65, Las Palmas de Gran Canaria.
- Johansen, J.R. (1999), Diatoms of aerial habitats, In Stoermer, F. & Smol, J.P. (1999), *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*, Cambridge University Press, pp. 264-273.
- Jones, B. & Case, V. (1990). Sampling, Handling and Analyzing Plant Tissue Samples, en *Soil Testing and Plant Analysis*, *Soil Science Society of America*, Madison, USA, pp. 389-427.
- Jones, L.H.P. & Handreck, K.A. (1967), Silica in soils, plants and animals, *Advances in Agronomy* 19: 107-149.
- Jones, R.L. & Beavers, A. (1963), Some mineralogical and chemical properties of plant opal, *Soil Science*, 96:375-379, Baltimore, USA.
- Jones, R.L. (1964), Note on occurrence of opal phytoliths in some Cenozoic sedimentary Rocks, *Journal of Paleontology* 38: 773-775, Tulsa, USA.
- Juan-Tresserras, J. (1997a). *Procesado y preparación de Alimentos vegetales para consumo humano. Aportaciones del estudio de fitolitos, almidones y lípidos en yacimientos arqueológicos prehistóricos y protohistóricos del cuadrante NE de la P.I.* Universidad de Barcelona, Tesis doctoral (inédita).
- Juggins, S. & Cameron, N. (1999), Diatoms in archaeology, In Stoermer, E.F., Smol, J.P. (Ed.) (1999), *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom, pp. 389-401.
- Kaplan, L., Smith, M.B. & Sneddon, L.A., (2002), Cereal grain phytoliths of Southwest Asia and Europe, En *Phytolith Systematics, Emerging Issues*, Rapp, Jr. & Mullholland, S., Plenum Press, New York, pp. 149-172.
- Kaufman, P.B., Ghosheh, N.S., Nakosteen, L., Pharis, R.P., Durley, R.C., Morf, W. (1976), Analysis of native gibberellins in the internode, nodes, leaves and inflorescence of developing Avena plants, *Plant Physiol.*, 58: 131-134.

- Kelloggs, E.A. (2000), The grasses: a case of study of macroevolution, *Annual Review of Ecology and Systematic* 31: 217-238.
- Klapp, E. (1987), *Manual de las gramíneas*, Ed. Omega, Barcelona.
- Klein, R.L. and Geis, J.W. (1978), Biogenic silica in the *Pinaceae*, *Soil Science* 126: 145-155.
- Kondo, R. (1977), Opal phytoliths, inorganic, biogenic particles in plants and soils. *Japan Agricultural Research Quarterly* 11: 198-203.
- Koörberg-Grohne, U., 1981?, Distinguishing Prehistoric grains of Triticum and Secale on the Basis of their surface Patterns using scanning electron microscope, *Journal of Archaeological Science* 8: 197-204.
- Korstanje, M.A. (2002). Microfossils in camelid dung: taphonomic considerations for the archaeological study of agriculture and pastoralism. In: O'Connor, T, T. (Ed.), *Biosphere to Lithosphere*. 9 ICAZ conferences, Durham, pp. 69-77.
- Korstanje, M.A. (2003), Taphonomy in the Lab: starch damage during multiple microfossil recovery in sediments. En: Hart, D.M. and Wallis, D.M. (eds.), *Phytolith and starch research in the Australian-Pacific-Asian regions: the state of the art*, *Terra Australis* 19, pp. 105-118, Pandanus Books, Australia.
- Korstanje, M.A. (2005), La Organización del Trabajo en torno a la Producción de Alimentos en Sociedades Agropastoriles Formativas (Provincia de Catamarca, República Argentina), Facultad de Ciencias Naturales e Inst. M. Lillo, Universidad Nacional de Tucumán (Argentina), Tesis Doctoral.
- Korstanje, M.A. (2008), "Global policies, periphery and phytoliths studies: archaeology of the discipline from a southern perspective", *Actas del 7º Congreso Internacional de Investigaciones Fitolíticas*, Mar del Plata, Argentina.
- Krishnan, S., Samson, N.P., Ravichandran, P., Narasimhan, D & Dayanadan, P. (2000), Phytoliths of Indian grasses and their potential use in identification, *Botanical Journal of the Linnean Society*, 132: 241-252.
- Kristiansen, J. & Andersen, R.A. (1986), *Chrysophytes: aspects and problems*, Cambridge, U.P., Dakota.
- Krunge, F. (1999), Bibliography of phytolith research (Compilation), Department of Geography, University of Paderborn, Germany.
- Kubiena, W.L. (1953), *The Soil of Europe*, Thomas Murby, London.
- La Serna, I. & Domínguez, M.D., 2003, *Pólenes y esporas aerovagantes en Canarias: incidencia en alergias*, Serie Botánica/1, Materiales Didácticos Universitarios, Servicio de Publicaciones, Universidad de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife.
- Labeyre, J. 2002, *El hombre y el clima*, Editorial Gedisa, S.A., Barcelona.
- Lavalle, M<sup>a</sup>.C. y Mengascini, A. (2007), Almidón de reserva en especies neotropicales de Marattia (Marattiaceae-Pteridofitas), *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, Vol. 64 (1): 79-85.
- Lazarus, D.B. y Jhan, R. (1998), Using the Ehremberg collection, *Diatom. Res.*, 13(2): 239-291.
- Le Canarien* (B) y (G) (2003), (1488-1491) y (c. 1419), *Le Canarien*: manuscritos, transcripción y traducción, Presentación, Introducción, Análisis Codicológico, Transcripción por Pico, B., Aznar, E. y Corbella, D., *Fontes Rerum Canariarum*, XLI, La Laguna-Santa Cruz de Tenerife, Instituto de Estudios Canarios.
- Leclercq, J. (2006), Viaje a las Islas Afortunadas, Cartas desde las Canarias en 1879, Ediciones IDEA, Santa Cruz de Tenerife.
- Leira, M., Bao, R., Vidal-Romaní, J.R. (1997), Evolución postglaciar de la laguna de Villaseca (NW de la Península Ibérica) a partir del análisis de sedimentos, *Cuaderno Lab. Xeológico de Laxe, Coruña*, Vol. 22, pp. 81-97.

- Lenfter, C. (2002), Starch grain sand Environmental Reconstruction: a Modern Test Case from West New Britain, Papua New Guinea, *Journal of Archaeological Science*, 29, pp. 687-698.
- Lentfer, C.J. & Boyd, W.E. (1999), An Assessment of Techniques for the Deflocculation and Removal of Clays from Sediments Used in Phytolith Analysis, *Journal of Archaeological Science*, 26, pp. 31-44.
- León, C. (2007), *Fisiología del Sistema óseo*, Materiales didácticos UNAM, web.
- León, L. (2001), Comparación de Métodos de Análisis Mecánico de Suelos, *Terra Latinoamericana*, julio-septiembre, año/vol. 19, número 003, Universidad Autónoma Chapingo, México, pp. 219-225.
- Linné, K. (1735), *Systema naturae* (1735-1770) [*Systema naturae per regna tria naturae, secundum classes, ordines, genera, species, cum characteribus, differentiis, synonymis, locis*], con 13 ediciones corregidas y aumentadas.
- Lohman, K. (1935), Diatoms from Cuaternary lake beds near Clovis, New Mexico, *Journal of Paleontology*, 9, 455-9.
- Long, S.P., Mason, C.F., (1983), *Saltmarsh ecology*, Blackie, Glasgow.
- López Saez, J.A., López García, P., Burjachs, F. (2003), Arqueopalinología: síntesis crítica, *Polen* 12:5-35.
- López-Bellido, L. (1991), *Cereales, Cultivos Herbáceos*, Vol. 1, Ediciones Mundi-Prensa, Madrid.
- Luque, J.A. (2003), El Lago de Sanabria: un sensor de las oscilaciones climáticas del Atlántico Norte durante los últimos 6.000 años, El registro de la Pequeña Edad del Hielo (LIA), los eventos Dansgaard-Oeschger (D-O), y el ciclo de Bond, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto de Ciencias de La Tierra "Jaume Almera", Universidad de Barcelona, Tesis Doctoral.
- Lusby, P. & Wrigth, J. (2001), *Scottish Wild Plants. Their History, Ecology and Conservation*, Mercat Press, Edimburgh, 113 p.
- Machado, C. & Galván, B. (1998), La vegetación en el Valle de Chafarí (Las Cañadas del Teide, Tenerife), antes de la conquista castellana, *Cuaternario y Geomorfología*, 12 (1-2), pp. 117-125.
- Machado, M.C. (1999), El hombre y las transformaciones del medio vegetal en el Archipiélago Canario durante el periodo pre-europeo: 500 a.C./1500 d.C., *II Congrès del Neolític a la Península Ibérica*, SAGUNTUM-PLAV, Extra-2, pp. 53-58.
- Machado, M<sup>a</sup>.C. (2009), El combustible: la antracología, En González, P., Moreno, M. & Jiménez, A., *El yacimiento arqueológico de La Cerera. Un modelo de ocupación en la isla de Gran Canaria*, Cuadernos de Patrimonio Histórico, Cabildo de Gran Canaria, p. 299.
- Machado, M<sup>a</sup>.C., Una visión de las *Islas Afortunadas* a partir de los restos arqueológicos, *Tabona, Revista de Prehistoria y Arqueología*, Servicio de Publicaciones de La Universidad de La Laguna, 15: 71-90.
- Madella, M., Alexandre, A. & Ball, T. (2005): International Code for Phytolith Nomenclature 1.0, *Annals of Botany*, mc1172.
- Mann, D.G. & Droop, S.J.M. (1996). Biodiversity, biogeography and conservation of diatoms. *Hydrobiologia* 336: 19-32.
- Mann, D.G. & Evans, K.M. (2007). Molecular genetics and the neglected art of diatomics. In: *Unravelling the algae - the past, present and future of algal systematics* (Ed. by J. Brodie & J. Lewis), pp. 231-265. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Mann, D.G. & Marchant, H. (1989). The origins of the diatom and its life cycle. In J. C. Green, B. S. C. Leadbeater & W. L. Diver (eds.) *The chromophyte algae:*

- problems and perspectives (Systematics Association Special Volume 38), pp. 305-321. Clarendon Press, Oxford.
- Mann, D.G. (1999). The species concept in diatoms. *Phycologia* 38: 437-495.
- Marceau, L. (1969), Effets, sur le pollen, des ultrasons de basse fréquence, *Pollen et Spores* 11, pp. 147-164.
- Margalef, R. (1968), *Perspectives in Ecology Theory*, Chicago, IL: University of Chicago Press.
- Marin, M.L. (2003), *Análisis químico de suelos y aguas: transparencias y problemas*, Universidad Politécnica de Valencia, Servicio de Publicaciones, Valencia, 213 p.
- Martí, B. (1998), El Neolítico, en Barandiarán, I., Martí, B., Rincón, M<sup>a</sup>.A. del, Maya, J.L., *Prehistoria de la Península Ibérica*, Ariel Prehistoria, Barcelona.
- Martí, J. & Gudmundsson, A. (2000), The Las Cañadas caldera (Tenerife, Canary Islands): an overlapping collapse caldera generated by magma-chamber migration, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 103: 161-173.
- Martín, J.F. (2001), *Geografía de Canarias, Sociedad y Medio Natural*, Cabildo de Gran Canaria.
- Martínez de Pisón, E., Quirantes, F. (1981), *El Teide, Estudio Geográfico*, Editorial Interinsular Canaria, S.A., Santa Cruz de Tenerife.
- Martínez-González, M.A. (Ed.), Sánchez-Villegas, A. & Faulín, J. (Coed.), (2006), *BIOESTADÍSTICA AMIGABLE*, Diaz de Santos, Madrid.
- Marumo, Y. & Yanai, H. (1986), Morphological analysis of opal phytoliths for soil discrimination in forensic science investigation, *Journal of Forensic Sciences*, 31(3), pp. 1039-1049.
- Masefield, G.B., Wallis, M., Harrison, S.G. & Nicholson, B.E. (1980), *Guía de las Plantas Comestibles*, Ediciones Omega, S.A., Barcelona.
- Mason, C.F. (1991), *Biology of Freshwaters Pollution*, 2<sup>nd</sup> edn, Longman Group Ltd., Essex.
- Mathiesen, Fr., J. (1960), Resultado del análisis del contenido intestinal de una momia guanche, En Diego, L., Mathiesen, Fr. J., Schwidetzky, Ortuño, F., Serra, E., Fernández, J.M<sup>a</sup>., *Trabajos en torno a la Cueva Sepulcral de Roque Blanco (Isla de Tenerife)*, Publicaciones del Museo Arqueológico 2, Santa Cruz de Tenerife, pp. 43-46.
- Matthews, W., French, C.A.I., Lawrence, D.F., Cutler, M.K., Jones, (1996) Multiple surfaces: the micromorphology, in: I. Hodder (Ed.), *On the surface: Catalhöyük 1993-95, McDonald Institute for Archaeological Research and British Institute of Archaeology at Ankara*, Cambridge, pp. 301-342.
- Mauseth, J.D. (2003), *Botany: an introduction to plant biology*, Jones and Bartlett Publishers, Sudbury, USA.
- McIntyre, D.J & Norris, G. (1964), Effect of ultrasound on recent spores and pollenm *New Zealand Journal of Science* 7(2), pp. 242-257.
- McNair, J.B. (1932), The interrelation between substances in plants: essential oils and resins, cyanogen and oxalate. *American Journal of Botany*, 19: 225-271.
- Mehl-Janussen, D., Eckert, C., Weiberg, E.V., 2000. Investigations on the endemic freshwater Porifera of Lake Baikal (Lubomoirskiidae): status and perspectives. *Terra Nostra* 2000/9, 49-59.
- Mejía-Molina, A., Flores, J.A., Bárcena, M.A., Sierro, F.J. y Grousset, F., (2006), Respuesta de los Cocolitofósforidos a los cambios atmosféricos y oceanográficos durante el Periodo Húmedo Africano del Holoceno en el Atlántico, *Geogaceta*, 39, pp. 99-102.
- Méndez, T. (2000). *Antecedentes Históricos del Teide y Las Cañadas*, Tomás Méndez (Ed.), La Orotava.

- Meric, C. (2009), Calcium Oxalate Crystals in Some Species of the Tribe Inuleae (Asteraceae), *Acta Biológica Cracoviensia*, Series Botanica, 51/1: 105-110.
- Mesa, E. (2009), Arqueomalacofauna, En González, P., Moreno, M. & Jiménez, A. (2009), *El yacimiento arqueológico de La Cerera. Un modelo de ocupación en la isla de Gran Canaria*, Cuadernos de Patrimonio Histórico, Cabildo de Gran Canaria, pp. 319-341.
- Metcalfe, C.R. (1960), *Anatomy of Monocotyledons, I, Gramineae*, Oxford Clarendon Press.
- Meunier, J.D. & Colin, F. (2001), *Phytoliths: Applications in Earth Sciences and Human History*, Swets & Zeitlinger B.V., Lisse, 354 p.
- Millar, N.F. (1993).- "Els inicis del conreu de plantes al Pròxim Orient", en *Cota Zero* 9: 70-81.
- Mokhtar, G. (1983), *Historia General de África*, Introducción, Tecnos UNESCO, Salamanca, pp. 13-40.
- Molano-Flores, B. (2001), Herbivory and Calcium Concentrations Affect Calcium Oxalate Crystal Formation in Leaves of *Sida* (Malvaceae), *Annals of Botany*, 387-391.
- Molina, J.A. y Pertíñez, C. (1997), Aspectos Fitogeográficos del Género *Glyceria* R. BR. (*Poaceae*) en la Península Ibérica, *Stud. Bot.* 16, pp. 59-81.
- Molles, M.C. (2006), *Ecología, Conceptos y aplicaciones*, McGraw-Hill.
- Morales, F. (1993). *Canarias: Crónicas de su conquista*. Las Palmas de Gran Canaria: Cabildo Insular de Gran Canaria.
- Morales, J.B. (2006), La explotación de los recursos vegetales en la prehistoria de las Islas Canarias. Una aproximación carpológica a la economía, ecología y sociedad de los habitantes prehistóricos de Gran Canaria, Facultad de Geografía e Historia, Departamento de Ciencias Históricas, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Tesis doctoral.
- Morales, J.B. (2009), Las evidencias carpológicas, En González, P., Moreno, M. & Jiménez, A., *El yacimiento arqueológico de La Cerera. Un modelo de ocupación en la isla de Gran Canaria*, Cuadernos de Patrimonio Histórico, Cabildo de Gran Canaria, pp. 277-297.
- Morici, C. (2006), La palmera canaria: *Phoenix canariensis*, *Rincones del Atlántico* N° 3, La Orotava (Tenerife).
- Müller, W.E.G., Zahn, R.K., Maidhof, A. (1982), *Spongilla gutenbergiana* sp. ein Süßwasserschwamm aus dem Mittel-Eozän von Messel. *Senckenbergiana Lethe* 63, 465-472.
- Mullholland, S.C & Rapp, G. Jr.. (Ed.), (1992), *Phytolith systematics. Emerging issues*. Plenum Press. New York.
- Munch, C.S. (1990), *Freshwater Biology* 10:61.
- Nachtigall, W. (1997), *Microscopía. Materiales, Instrumental, Métodos*, Ed. Omega, Barcelona.
- Navarro, J.M. (2000), Geología, En García Canseco, V., *Parque Nacional del Teide*, Editorial Esfagnos, Talavera de la Reina.
- Neruda, P. (1981), *Odas Elementales*, Ed. Seix Barral, Barcelona.
- Newberry, J. (1870). "Notes on the Later Extinct Floras of North America with Description of New Species of Fossil Plants: *Phragmites* (sp.)." *Annals of the Lyceum of Natural History*: 38-39.
- Nicholls, K.H., Carney, E. C., & Robinson, G.W. (1977), Phytoplankton o fan inshore area of Georgian Bay, Lake Huron, prior to reductions of phosphorus loading, *Journal of Great Lakes Research*, 3, pp. 79-92.

- Nygaard, G. (1956), Ancient and recent flora of diatoms and Chrysophyceae in Lake Gribso, *Folia Limnol. Scand.* 8:32-94.
- O'Connor, D. (2009), *Abydos. Egypt's First Faraohs and the Cult of Osiris*, Thames & Hudson, New York.
- Ohki, K. (1932), On the systematic importance of spodograms in the leaves of Japanese Bambusaceae. *Jour. Faculty Sci. Imp. Univ. Tokio, Section III, Botany* 1: 1-29.
- Ojeda, A. (2003), Diatomeas centrales del orden *Triceratiales* en aguas costeras de las islas Canarias, *Vieraea*, Vol. 31, pp. 207-217.
- Ollendorf, A. (1987), Archaeological Implications of a Phytolith Study at Tel Mique (Ekron), Israel, *Journal of Field Archaeology*, Vol. 14, No. 4 (Winter, 1987), pp. 453-463 (article consists of 11 pages), Published by Boston University.
- Ollendorf, A. (1992), Toward a classification scheme of sedge (Cyperaceae) phytoliths, In Rapp, G. & Mullholland, S. (1992). *Phytolith Systematics, Emergin Issues*, Plenum Press, London-New York, pp.91-111.
- Ortega, F. (1990), La etnobotánica de *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn en Venezuela y sus posibles riesgos asociados a carcinogénesis, *Médula*, Revista de la Facultad de Medicina, Universidad de Los Andes, Vol. 2, Núm. 3-4, pp. 51-56, Mérida, Venezuela.
- Paneque, G. (1967), Ópalo en suelos de Ecija (Sevilla), *II Reunión de Sedimentología*, Nº 2, Inst. Edaf. C.S.I.C. Madrid.
- Parfenoff, A., Pomerol, C., Tourenq, J. (1970). *Les Minéraux en grains. Méthodes D'étude et Détermination*, Masson & Cie., Paris.
- Parry, D.W. & Smithson, F. (1958), Techniques for Studying Opaline Silica in Grass Leaves, *Annals of Botany*, 22: 543-50.
- Pascher, A. (1914), Über Flagellaten und Algen, *Ber. Deutschen Bot. Ges.* 32: 136-60.
- Patrick, R. & Reimer, C.W. (1966), The Diatoms of the United States I, *Monographs of the Academy Natural Sciences of Philadelphia*, 13, 688 p.
- Patrick, R. (1938), The occurrence of flints and extinct animals in pluvial deposits near Clovis, New Mexico, Part. V, Diatom evidence from the Mammoth Pit., *Proceedings of the Academy of Natural Science of Philadelphia*, 40, 15-24.
- Patrick, R. (1977), Ecology of freshwaters diatoms and diatom communities, in Werner, D., *The Biology of Diatoms, Botanical Monographs*, Volume 13, pp. 285-315.
- Pearsall, D.M. & Dinah, E. (1992). "Developing a phytolith classification system". In Rapp, G. & Mullholland, S. *Phytolith Systematic. Emergin Issues*. New York: pp. 37-64.
- Pearsall, D.M. (1978), Phytolith analysis of archaeological soils: Evidence for maize cultivation in Formative Ecuador, *Science* 199: 177-178.
- Pelt, J.M. (1994), *Historia y Ciencia de las Hortalizas*, Celeste Ediciones, Madrid.
- Pérez Torrado, F.J., Carracedo, J.C., Paris, R., Rodríguez, E. y Hansen, A., 2008, Erupciones freatomagmáticas del complejo volcánico Teide-Pico Viejo. En Carracedo, J.C. (coord.), (2008), *Los volcanes del Parque Nacional del Teide. El Teide, Pico Viejo y las dorsales activas de Tenerife*. Parques Nacionales. Madrid. 186 pp.
- Pérez-González, A., Santonja, M., Gallardo, J., Aleixandre, T., Sesé, C., Soto, E., Mora, R., Villa, P. (1997), Los yacimientos pleistocénicos de Torralba y Ambrona y sus relaciones con la evolución geomorfológica del paisaje del Polje de Conquezueta (Soria), *Geogaceta*, 21, pp. 175-178.



- Perkins, D. & Henke, K.R. (2002). *Minerales en Lámina Delgada*, Pearson Educación S.A., Madrid.
- Perlès, C. (2004), Las estrategias alimentarias en los tiempos prehistóricos, en Flandrin, J.L. & Montanari, M., *Historia de la Alimentación*, Ed. Trea S.L., Gijón, Asturias, España.
- Peters, M.C. & Andersen, R.A. (1993), The fine structure and scale formation of *Chrysolepidomonas dendrolepidota* gen. et sp. Nov. (Chrysolepidomonadaceae fam. Nov. *Chrysophyceae*), *J. Phycol.* 29:469-475.
- Philippe, D. (1995), *Seminario textura y reología de alimentos*, Memorias, Dpto. Eng. Alimentos, Universidad del Valle, Cali-Colombia (1995).
- Pinilla, A. & Réfega, A. (1972).- "Aplicação do contraste de fase em mineralogia I. Estudo do limo de um solo eutro-paraferrálico (Angola)", en *Agronomia Silvicultura* 4. Nova Lisboa, Angola.
- Pinilla, A. *et al.* (1995).- Incidencia de los fitolitos de oxalato cálcico de las plantas en el contenido de calcio en suelos de Torrelaguna-El Berruero (Madrid), en Aleixandre Campos, T. & Pérez-González, A. (Eds.).- *Reconstrucción paleoambiental y cambio climático durante el Cuaternario*. CSIC-CCMA. Madrid. Pp. 255-268.
- Pinilla, A. y Bustillo, M.A., (1997a). Silicofitolitos en secuencias arcillosas con silcretas, Mioceno Medio, Madrid. *Monografías del Centro de Ciencias Medioambientales* 4, CSIC. Madrid. Pp. 255-265.
- Pinilla, A., Cruz, M.T de la, Benayas, J. & Rey J.M. (1989).- "Bioindicadores microscópicos en humedales de la Cuenca del Duero", en *XVI Reunión de la Sociedad Española de la Ciencia del Suelo*. Lérida, Septiembre 1989.
- Pinilla, A., Juan-Tresserras, J. y Machado, M.J. (Eds.), 1997, Estado Actual de los Estudios de Fitolitos en Suelos y Plantas, *Monografías del Centro de Ciencias Medioambientales* 4, CSIC. Madrid, 292 p.
- Pinilla, A., Palomar, M.L., Aleixandre, T. & Martín, A. (1997b). "Calcium oxalate crystals and their relationship with pedological calcium in Madrid region soils". *Monografías del Centro de Ciencias Medioambientales* 4, CSIC, Madrid., pp. 59-70.
- Pinilla, A., Palomar, M<sup>a</sup>.L., Aleixandre, T. y Martín, A. (1997c), Calcium oxalate crystals and their relationship with pedological calcium region soils, En Pinilla, A., Juan-Tresserras, J. y Machado, M.J., *Estado actual de los estudios de fitolitos en suelos y plantas*, Monografías del Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC, Madrid, N<sup>o</sup>4: pp. 59-70.
- Piperno, D. (1983), Phytolithic analysis of geological sediments from Panama, *Antiquity*, Vol. LIX, N<sup>o</sup> 225.
- Piperno, D. (2006), *Phytoliths, A Comprehensive Guide for Archaeologists and Paleoecologists*, Altamira Press, UK.
- Piperno, D.R. (1984), A comparison and differentiation of phytoliths from maize and wild grasses: Use of morphological criteria, *American Antiquity* 49: 361-383.
- Piperno, D.R. (1985), Phytolith analysis of geological sediments from Panama, *Antiquity* 59: 13-19.
- Piperno, D.R. (1988), *Phytolith Analysis: An Archaeological and Geological Perspective*, New York, Academic Press: 280 p.
- Pisera, A., Sáez, A. (2003), Paleoenvironmental significance of a new species of freshwater sponge from the Late Miocene Quillagua Formation (N Chile), *Journal of South America Earth Sciences*, 15, pp. 847-852.
- Pla, S. (2001), *Chrysophycean cysts from the Perennes*, Biblioteca Phycologica, Band 109, J. Cramer (Ed.), Stuttgart, 2001.

- Polunin, O., 2003, *Árboles y arbustos de Europa*, Ediciones Omega S.A., Barcelona.
- Ponnaiya, B.W.X. (1951), Studies in the genus *Sorghum*: The cause of resistance in sorghum to the insect pest *Antheriognathus indicus* M. *Madras University Jour.* XXI, Sect., B., N° 2.
- Porta, J. (1986), Técnicas y experimentos en Edafología, Col.legi Oficial D'Enginers Agrònoms de Catalunya, Barcelona.
- Porta, J., López-Acevedo, M., Roquero, C. (1999), *Edafología, Para la Agricultura y el Medioambiente*, Ediciones Multiprensa, Bilbao.
- Portillo, M. (2006), La mòlta i triturat d'aliments vegetals durant la protohistòria a la Catalunya Oriental, Dpto. de Prehistòria, Història Antiga i Arqueologia, Universitat de Barcelona, Tesis Doctoral, <http://www.tesisenxarxa.net>
- Powers, A.H. (1992).- "Great expectations: a short historical review of european phytolith systematics", RAPP G.Jr. & MULHOLLAND S. (1992).- *Phytolith systematics. Emerging issues*. Advances in Archaeological and Museum Science. Vol.1. pp.15-35. Plenum Press. London/New York.
- Prychd, C. & Rudall, P. (1999), Calcium Oxalate Crystals in Monocotyledons: A Review of their Structure and Systematics, *Annals of Botany* 84, pp. 725-239.
- Quirantes, F., Pérez, R. (1991), *Canarias*, en *Geografía de España*, tomo 8, Editorial Planeta, Barcelona, pp. 411-589.
- Ramírez, H.U., Zárate del v., P.F., García, M.E., de La Torre, O., Israde, A.I. & Meulenert, A.R. (2007), Disolución de sílice biogénica en sedimentos de lagos utilizados como bioindicadores de calidad de agua, e-Gnosis, año/Vol. 5, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, México, pp. 1-19.
- Rapp, G. & Mullholland, S. (1992). *Phytolith Systematics, Emergin Issues*, Plenum Press, London-New York, 350 p.
- Raven, J.A. (1983), The transport and function of silicon in plants, *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society* 58: 179-207.
- Renfrew, C. & Bahn, P. (1993), *Arqueología. Teoría, Métodos y Práctica*, Ed. Akal, Madrid.
- Ribeiro, A.L.M. (¿...?), La importancia del tiempo de desactivación de áreas de excavaciones auríferas (garimpos), en zonas endémicas de malaria, para el mantenimiento de la transmisión en el estado de Mato Grosso, Brasil, Universidade Federal de Matto Grosso, 11 p.
- Richardson, W.D., (1920), The ash of dune plants, *Science* 51:546-551. Rivers, *Sediment Dynamics in Changing Environments* (Proceedings of a symposium held in Christchurch, New Zeland, 432-439.
- Risberg, J. (1990), Siliceous microfossil stratigraphy in a superficial sediment core from the northwest part of the Baltic proper, *Ambio*, 19,167-72.
- Rivas-Martínez, S. (1987), *Memoria del mapa de series de vegetación de España*. Icona, Serie Técnica. Servicio de Publicaciones del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, 269 p.
- Robert, L., Mckenzie, J. & Beavers, A.H. (1964), Opaline microfossils in some Michigan soils, *The Ohio Journal of Science*, 64 (6), 417.
- Robert, M. (2002), Captura de carbono en los suelos para un mejor manejo de la tierra, Informes sobre recursos mundiales de suelos, Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO), N° 96, Roma.
- Rodríguez, A. del C., (2009), La gestión de los recursos líticos, en González, P., Moreno, M. & Jiménez, A. (2009), *El yacimiento arqueológico de La Cerera. Un modelo de ocupación en la isla de Gran Canaria*, Cuadernos de Patrimonio Histórico, Cabildo de Gran Canaria, pp. 205-275.

- Rodríguez, A., Arbelo, C.D., Guerra, A. & Mora, J.L. (2002), Erosión hídrica en Andosoles de las Islas Canarias, *Edafología*, Vol. 9 (1), pp. 23-30.
- Rodríguez, M., Jiménez, C., Tejedor, M. (2011), *Estudio de la temperatura en suelos de la isla de Tenerife*, Fundación Canaria Salud y Sanidad de Tenerife, Cabildo de Tenerife, Arafo, 221 p.
- Rogers, K. (2000), *El Gran Libro del Microscopio*, Usborne Publishing Ltd., Londres, Gran Bretaña, 96 pag.
- Romero, A.T., Blanca, G. y Morales, C. (1988), Revisión del género *Agrostis* L. (*Poaceae*) en la Península Ibérica, Monografías del Real Jardín Botánico, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Tomo 7, 161 p.
- Romero, O.E., Lange, C., Swap, R. & Wefel, G. (1999) Eolian transported freshwater diatoms and phytoliths across the equatorial Atlantic: Temporal changes in Saharan dust transport patterns. *JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH*, VOL. 104, NO. C2, PP. 3211-3222.
- Romo, A.M., 1996, *Frutos silvestres de la Península Ibérica*, Editorial Planeta S.A., Barcelona.
- Roosvelt, A. (1984), Problems interpreting the diffusion of cultivated plants, En Pre-Columbian plant migration, Doris Stone (Ed.).
- Rosen (Miller), A. & Weiner, S. (1994), Identifying ancient irrigation: a new method using opaline phytoliths from emmer wheat, *Journal of Archaeological Science* 21, pp. 125-132.
- Rosen (Miller), A. (1992), Preliminary identification of silica skeletons from Near Eastern archaeological sites: An anatomical approach, in: Rapp, G. Jr. & Mullholland, S.C. (eds.), *Phytolith Systematics. Emerging Issues*, Advances in Archaeological and Museum Science 1, pp. 129-147.
- Rosen (Miller), A. (1993), Phytolith evidence for early cereal exploitation in the levant, in: Pearsall, D.M. & Piperno, D.R. (Eds.), *Current Research in Phytolith Analysis: Applications in Archaeology and Paleoecology*. Museum Applied Science Center for Archaeology (MASCA) *Research Papers in Science and Archaeology* 10, pp. 160-171, University of Pennsylvania, Philadelphia.
- Round, F.E. (1983), The Chrysophyta —a reassessment, En Kristiansen, J. & Andersen (Ed.) (1983), *Chrysophytes: aspects and problems*, Cambridge University Press, pp. 3-20.
- Round, F.E. (1986), The Chrysophyta — a reassessment, In Kristiansen, J. & Andersen, R.A., *Chrysophytes: aspects and problems*, Cambridge, U.P., Dakota, pp. 3-21.
- Round, F.E., Crawford, R.M. & Mann, D.G. (1990), *The Diatoms, Biology & Morphology of the genera*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, p. 747.
- Rovner, I. (1971), Potential of opal phytoliths for use in paleoecological reconstruction, *Quaternary Research* 1, 343-359.
- Rovner, I. (1988), Macro- and micro-ecological reconstruction using plant opal phytolith data from archaeological sediments, *Geoarchaeological* 3: 155-163.
- Ruiz-Omeñaca, I., Piñuela, L., García-Ramos, J.C. (2008), Nuevos restos de ornitópodo (*Ornithischia*: *Ankylopollexia*) del Jurásico Superior de Tazones (Formación Tereñes), *Geogaceta* 45, pp. 59-62.
- Rull, V. (1986), Diatomeas y crisofíceas en los sedimentos acuáticos de una depresión cársica del Pirineo catalán, *Oecología Aquatica* 8: 11-24.
- Runge, F. & Runge, J. (1997), Opal phytoliths in East african plants and soils, En Pinilla, A. y Bustillo, M.A., (1997a). Silicofitolitos en secuencias arcillosas con silcretas, Mioceno Medio, Madrid. *Monografías del Centro de Ciencias Medioambientales* 4, CSIC. Madrid, pp. 71-81.

- Russ, J.C. & Rovner, I. (1989), Stereological identification of opal phytolith populations from wild and cultivated *Zea*, *American Antiquity* 54: 784-792.
- Ryder, M.L. (1980), Restos de peces y de otros animales acuáticos, En Brothwell & Higgs, *Ciencia en Arqueología*, Fondo de Cultura Económica, Madrid, pp. 384-405.
- Ryvarden, L. 2006, Fauna y flora de Noruega, *web ODIN*, Ministry of Foreign Office, Norway.
- Saedeleer, H. de (1929), Notules systématiques. VI. *Physomonas*. *Ann. Protistol* 2: 177-178.
- Sánchez, A. (2003), Nuevo hallazgo de aves marinas del Pleistoceno de Fuerteventura (Islas Canarias), Servicio de Publicaciones de la Universidad Complutense, *Coloquios de Paleontología*, Vol. Ext. 1 (2003) 627-636.
- Sandgren, C.D., Smol, J.P. & Kristiansen, J. (1995), *Chrysophyte Algae, Ecology, Phylogeny and development*, Cambridge University Press.
- Sangster, A.G. (1970a), Intracellular silica deposition in immature leaves in three species of the Gramineae, *Annals of Botany* 3-4: 245-257.
- Sangster, A.G. (1970b), Intracellular silica deposition in mature and senescent leaves of *Sieglingia decumbens* (L.) Bernh, *Annals of Botany* 34: 557-570
- Sangster, A.G., Williams, S.E. and Hodson, M.J. (1997), Silica deposition in the needles of the gymnosperms II, scanning electron microscopy and X-Ray microanalysis, in Estado Actual de los Estudios de Fitolitos en Suelos y Plantas, *Monografías del Centro de Ciencias Medioambientales* 4, CSIC. Madrid, pp. 135-146.
- Santonja, M. (1989), Torralba y Ambrona, Nuevos argumentos, *Boletín del Seminario de Artes y Arqueología*, Universidad de Valladolid, Tomo 55, pp. 5-13.
- Santos, A. (1980). "Flora y Vegetación de Canarias", en *Geografía de Canarias*, Interinsular Canaria, Tomo I, Cap. XII: 258-294.
- Santos, A. (1991): La vegetación y la flora. En Galván, B.: La Cueva de Las Fuentes (Buenavista del Norte-Tenerife). *Publicaciones Científicas Museo Arqueológico*, Santa Cruz de Tenerife, Act. Cabildo de Tenerife, Nº 5: pp.27-34.
- Santos, A. (2005), Los «cavalleros sin zapatos», En Smith, C. (2005), *Diario del viaje a las Islas Canarias en 1815*, Materiales de Historia de La Ciencia, Fundación Canaria Orotava de Historia de La Ciencia, 8, pp. 17-48.
- Santos, A., Fernández, M. (1984), Notas florísticas de las islas de Lanzarote y Fuerteventura (I. Canarias), *Anales Jardín Botánico de Madrid*, 41 (I), pp. 167-174.
- Santos, A., Reyes-Betancort, A. (2009), Helechos canarios. Un rico patrimonio con una antigua historia, *Rincones del Atlántico*, Nº 6.
- Savio, R. (2009), El hombre, los conflictos y las sociedades, *La República* (online), Año 11, Nº 3428, Uruguay.
- Schiegl, S., P. Goldberg, O. Bar-Yosef y S. Weiner (1996), Ash deposits in Hayonim and Kebara caves, Israel: macroscopic, microscopic and mineralogical observations, and their archaeological implications. *Journal of Archaeological Science* 23: 763-781.
- Schiegl, S., S. Lev-Yadun, O. Bar-Yosef, A. El Goresy y S. Weiner (1994), Siliceous aggregates from prehistoric wood ash: a major component of sediments in Kebara and Hayonim caves (Israel). *Israel Journal of Earth Sciences* 43: 267-278.
- Schmid, E. (1980), Sedimentos en cuevas en los estudios prehistóricos, en Brothwell, D. & Higgs, E., *Ciencia en Arqueología*, Fondo de Cultura Económica, Madrid, pp. 152-168.

- Scott-Cummings L. (1992), Illustrated phytoliths from assorted food plants, En *Phytolith Systematic, Emerging Issues*, Rapp & Mullholland, Plenum Press, New York, pp. 175-192
- Scott-Cummings, L. & Magenis, (1997), A phytolith and starch record of food and grit in Mayan human tooth tartar, en *Estado Actual de los estudios de fitolitos en suelos y plantas, Monografías 4*, Centro de Ciencias Medioambientales, CSIC, Madrid, pp. 211-218.illing Project 49: 977-1009.
- Sesé, C. y Soto, E. (2002), Vertebrados del Pleistoceno del Jarama y Manzanares, Zona Arqueológica, Bifaces y elefantes, *La investigación del Paleolítico Inferior en Madrid*, pp. 319-337.
- Sierra, J.O. y Di Pietro, L.B. (1985), Efectos de la dispersión ultrasónica en suspensiones de suelo, *Ciencia del Suelo*, Volumen 3, Nº 2, pp.1-7, Buenos Aires.
- Silver, P. & Hammer, J. (1989), Multivariate statistical analysis of the factors controlling the distribution of scaled chrysophytes, *Limnology Oceanographic* 34: 366-379, Lawrence.
- Simkiss, K., Wilbur, K.M. (1989), *Biomineralization. Cell Biology and Mineral Deposition*, Academic Press, Inc., U.S.A.
- Smith, C. (2005), *Diario del viaje a las Islas Canarias en 1815*, Materiales de Historia de La Ciencia, Fundación Canaria Orotava de Historia de La Ciencia, 8, 122 p.
- Smith, R.M. & Twiss, P.C. (1965), Extensive gaging of dust exposure rates. *Trans. Kans. Acad. Sci.* 68: 311-321.
- Smol, J.P. (1985), The ratio of diatoms frustules to chrysophycean statospores: a useful paleolimnological index, *Hydrobiologia*, 123, 199-208.
- Smout, T.C., 2003, Ed., *People and woods in Scotland, A History*. Edinburgh University Press, Minion, Scotland.
- Sohn, I.G. (1960), Cleaning ostracod valves with ultrasonic vibrations (abstract), *Geological Society of America Bulletin*, 71, 1982.
- Soler, J. (2004), *Teoría, Paisaje y Arqueología, Análisis de los recientes acercamientos a la dimensión espacial en la arqueología anglosajona*, Facultad de Geografía e Historia, Universidad de La Laguna, Tesina.
- Soler, J. (2007), Redefiniendo el registro material. Implicaciones recientes desde la arqueología del paisaje anglosajona, *Trabajos de Prehistoria*, Volumen 64 Nº1.
- Soler, V., Carracedo, J.C, Galván, B., Hernández, C.M. (1992-93), Datación paleomagnética de un fondo de cabaña en el yacimiento arqueológico de Chafarí, Las Cañadas del Teide, Tenerife. *Tabona: Revista de Prehistoria y Arqueología*, Nº 8, pp. 291-296.
- Staller, J. & Thompson, R. (2001), Reconsiderando la introducción del maíz en el occidente de América del Sur, *Bulletin de l'Institut d'EtudesAndines*, Tomo 30, Número 1, Ministerio de Relaciones Exteriores de Francia, pp. 123-156.
- Stoermer, E.F., Smol, J.P. (Ed.) (1999), *The Diatoms: Applications for the Environmental and Earth Sciences*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Stokes, G.G. (1880-1905), *Mathematical and Physical Papers*, Volumes I-V, Cambridge University Press.
- Strömberg, C.A.E. (2002), The Origin and Spread of Grass-Dominated Ecosystems in the Late Tertiary of North America: Preliminary Results concerning the Evolution of Hypsodonty. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 177, pp. 59-75.

- Strömberg, C.A.E. (2003), The Origin and Spread of Grass-Dominated Ecosystems in the Late Tertiary of North America: and How It Relates to Evolution of Hypsodonty in Equids. Unpublished Ph.D. dissertation, University of California, Berkeley.
- Strömberg, C.A.E. (2004), Ussing Phytolith Assemblages to Reconstruct the Origin and Spread of Grass-Dominated Habitats in the Great Plains during the Late Eocene to Early Miocene, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 207, pp. 75-239.
- Struve, G.A., (1835), De silicia in plantis nonnullis, PdD dissertation, University of Berlin.
- Tácito (1997), *Historias*, Ediciones Clásicas, Traducción de Requejo, J.M., Madrid.
- Taiz, L., Zeiger, E. (2006), *Fisiología Vegetal*, Volumen 1, UNiversidad Jaume I, Castellón de la Plana, Spain.
- Takahashi, E. (1964), Studies on genera Mallomonas, Synura and other plankton in freshwaters with the electron microscope. On the similarity of the fine structure between scale of Mallomonas and frustule of diatom, *Bull. Yamagata Univ. Agr. Sci* 4:137-45.
- Talavera, C. (1997), Las Canarias orientales y la vecina costa africana en el Holoceno, en prensa.
- Tappan, H. (1980), Xanthophyta and Chrysophyta, In: *Paleobiology of the Plants Protists*, University of California, Los Ángeles, pp. 490-532.
- Tappan, H., 1980. *The Paleobiology of Plant Protists*: San Francisco,(W. H. Freeman), p. 509.
- Tejedor, M., Benayas, J. y Fernández, E. (1975), Estudio físico-químico y micromorfológico de intergradados andosol-tierra parda oligotrófica, en un perfil complejo, *Anales de Edafología y Agrobiología*, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Tomo XXXIV, Números 9-10, pp. 813-827.
- Tejera, A. (2002), *Colón en Gran Canaria (1492, 1493, 1502). Las Islas Canarias en las Fuentes Colombinas*, Cabildo de Gran Canaria, 168 p.
- Teruggi, M.E. 1955, en prólogo y apéndice de reimpresión de Loess y Limos Pampeanos, Frenguelli, J. . 1925. *Serie Técnica y Didáctica Nro 7*.
- Thomas-Domenech, J.M. (1976), *Atlas de Botánica*, Ediciones Jover, S.A., Madrid, 17ª edición.
- Thorn, V.C., 2004, Data Report: Phytoliths in Drill Core Sediments from sites 1165 and 1166, LEG 188, Prydz Bay, East Antartica, In Cooper, A.K., O'Brien, P.E., and Richter, C. (Eds.), *Proceedings of the Ocean Drilling Program, Scientific Results*, Volume 188.
- Thorn, V.C., 2006, New Zeland sub-Antarctic phytoliths and their potential for past vegetation reconstruction, *Antarctic Science* (2008), 20:21-32 Cambridge University Press.
- Tilman, (1997), Resource competition between planktonic algae: An experimental and theoretical approach, *Ecology*, 58, pp. 338-48
- Tingvall, C. (1997), Phytolith studies of selected cereals and other grasses: 167-172. In: Miller U., Clarke H., Hansson A-M., Johansson B.M., Ambrosiani B. & Hackens T. (eds) *Environment and vikings. PACT 52 / Birka studies*, 4. Council of Europe, PACT-Belgium, Rixensart and Stockholm.
- Tomanek, G.W., Hulett, G.K. (1970), Effects of historical droughts on grassland vegetation in the Central Great Plains, In Dort, W.Jr. and Jones, J.K, Eds., *Pleistocene and Recent Environments of the Central Great Plains*, Lawrence, Kansas, University of Kansas Press, pp. 203-210.
- Torriani, L. (1978), *Descripción de las Islas Canarias*, Goya Ediciones, Santa Cruz de Tenerife.

- Trujillo, A.; González, J.M. (2011): Tafonomía de alta montaña. El caso de dos cuerpos parcialmente preservados. En actas de la *IV Jornadas de investigación histórica "Prebendado Pacheco"*, Tegueste, pp: 71-95.
- Tsartsidou, G., Lev-Yadum, S., Albert, R.M., Miller-Rosen, A., Efstratiou, N. & Weiner, S. (2007), The phytolith archaeological record: strengths and weaknesses evaluated based on a quantitative modern reference collection from Greece, *Journal of Archaeological Science*, N° 34, pp. 1262-1275.
- Twiss P.C., Suess E. & Smith, R. (1969), Morphological classification of grass phytoliths, en *Soil Science Society American Proceedings* 33 (2): 321-322.
- Twiss, P. (1992), Predicted world distribution of C3 and C4 grass phytoliths, in Rapp & Mullholland (1992), *Phytolith Systematics, Emergin Issues*, Plenum Press, New York, pp. 113-128.
- Uber, F.M. (1940), Microincineration and ash analysis, *Bot. Rev.* 6:204-226.
- Uitdehaag, S.C.A. & Kuiper, I. (2007), A method for the combined extraction of pollen, diatoms and phytoliths from forensic soil samples, *2nd Soil Forensics Conference*, Edinburgh, U.K.
- Valle, J. & Rodríguez, C. (2004), Análisis de la calidad ambiental y paisajística del entorno de lo ibones del Pirineo aragonés, Actas del VII Congreso Nacional del Medio Ambiente, Madrid.
- Vallejo, J.M. (Cord. Grupo trabajo),(1994), Carbonatos, en Suelos , Métodos Químicos, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, *Métodos Oficiales de Análisis*, Tomo III, Madrid, 662 pág.
- Vallverdú i Poch, J. (2002), Micromorfología de las facies sedimentarias de la Sierra de Atapuerca y del Nivel J del Abric Romaní. Implicaciones geoarqueológicas y paleoetnográficas, Departament d'Història i Geografia, Universitat Rovira e Virgili, Barcelona, Tesis Doctoral.
- Vera-Herrera, F. R., Rojas-Galaviz, J.L., Medina, J.A. & Flores, D. (1980), , Control biológico del lirio acuático *Eichhornia crassipes* mediante la carpa herbívora *Ctenopharyngodon idella* (Pises: *Cyprinidae*) en estanques controlados, Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología, Universidad Autónoma de México, Instituto de Geología.
- Verdasco, C.C. (2001), Depósitos naturales de cueva alterados: estudio microsedimentológico de acumulaciones producidas en el Neolítico valenciano por la estabulación de ovicápridos, *Revista C&G*, 15: 85-94.
- Verneau, R., (1981), *Cinco años de estancia en las Islas Canarias*, La Orotava.
- Vigna, M.S. (1989), Flora fósil de estatoesporas crisofíceas (*Chrysophyta*) en sedimentos recientes del lago Nahuel-Huapi (Río Negro, Argentina), *Ameghiniana (Rev. Asoc. Paleontol. Argent.)*, Buenos Aires, 32, pp. 63-72.
- Vigna, M.S. (1995), Flora fósil de estatoesporas crisofíceas (*Chrysophyta*) en sedimentos recientes del lago Nahuel-Huapi (Río Negro, Argentina), *Ameghiniana*, 32(1):63-72.
- Vigna, M.S., Escobar, S.D. (1999), Silicia-scaled chrysophytes from the Amazonian region in Colombia, *Nova Hedwigia*, Stuttgart, 69, pp. 151-162.
- Villada, H. S., Acosta, H. A. y Velasco, R.J. (2008), Investigación de Almidones Termoplásticos, Precursores de Productos Biodegradables. *Inf. tecnol.*, Vol.19, no.2, p.3-14. ISSN 0718-0764.
- Vita-Finzi, C. (1980), Geología Fluvial, en Brothwell, D. & Higgs, E., *Ciencia en Arqueología*, Fondo de Cultura Económica, Madrid, pp. 136-151.
- Von Post, L. (1918), Skosträdpollen y sydsvenska torvmosslagerföljder. Forh. 16. skand. naturforskermote 1916: 433-465. *Pollen et Spores* (Paris) 9: 376-401. (Traducido por Davis MB & K. Faegri).

- Walkley, A. & Black, I.A. (1934), An examination of methods for determining organic carbon and nitrogen in soils, *Journal of Agricultural Science*, v. 37, pp. 29-38.
- Wallis, T.E. (1968), *Microscopía Analítica*, Editorial Acribia, Zaragoza, 318 p.
- Weiner, S. (2010), *Microarchaeology, beyond de visible archaeological record*, Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Wilding, L.P. (1967), Radiocarbon Dating of Biogenic Opal, *Science* 184, pp. 899-901.
- Wilding, L.P., Brown, R.E. & Holowaychuk, N. (1967), Biogenic Opal in Soils as an Index of Vegetation History in the Prairie Peninsula, *In The Quaternary of Illinois*, Bergstrom, R.E. (Ed.), pp. 99-103, University of Illinois College of Agriculture, Special Publication 14, Urbana.
- Wildpret, W. y Martín, M.E. (2000), Flora vascular y vegetación, En García Canseco, V. (2000), *Parque Nacional del Teide*, Editorial Esfagnos S.L., Talavera de La Reina, 292 p.
- Winsborough, B. (1995), Diatoms, *In Quaternary Valley Fills and Paleoenvironments of the Southern High Plains*, Ed. V. Holliday, pp. 67-83, Geological Society of America, Memoir N° 186.
- Yang, J.R., Duthie, H.C. & Delorme, L.D. (1993), Reconstruction of the recent environmental history of Hamilton Harbour (Lake Ontario, Canada) from analysis of siliceous microfossils, *Journal of Great Lakes Research*, 19, 55-71.
- Yarnell, R. (1980). "La paleoetnobotánica en América". En Brothwell, D. y Higgs, E. *Ciencia en Arqueología*. Fondo de Cultura Económica, Madrid, pp. 219-232.
- Young, J.T., 1878. On the occurrence of a freshwater sponge in the Purbecklimestone. *Geological Magazine* 5, 220-221.
- Yoyotte, J. (1983), Egipto faraónico. Sociedad, Economía y Cultura, En Mokhtar, G., *Historia General de África*, II. Antiguas civilizaciones de África, tecnos/UNESCO, Salamanca, pp. 126-103.
- Zalat, A. (2000), Distribution and paleoecological significance of fossil diatom assemblages from the Holocene sediments of Lake Manzala, Egypt, *Diatom Research*, Volume 15 (1), pp. 167-190.
- Zeeb, B. & Smol, J.P. (1993), Chrysophycean stomatocyst flora from Elk Lake, Minnesota, *Canadian Journal of Botany* 71: 737-756.
- Zucol, A. & Brea, M. (2005), Sistemática de fitolitos, pautas para un sistema clasificatorio. Un caso en estudio en la Formación Alvear (Pleistoceno inferior), Entre Ríos, Argentina, *Ameghiniana* v.42 n.4 Buenos Aires sept./dic. 2005
- Zucol, A. F., M. Brea y S. Matheos 2001 Estudio preliminar de microrestos silíceos del Paleoceno de la Formación Salamanca (Paleoceno) en la provincia del Chubut, Argentina. *Ameghiniana* 38 (4-suplemento): 49 - 50R. Buenos Aires.
- Zucol, A.F. & Brea, M., (2005), Sistemática de Fitolitos, pautas para un sistema clasificatorio. Un caso en estudio en la Formación Alvear (Pleistoceno inferior), Entre Ríos, Argentina, *Ameghiniana*, Vol.42 n.4 Buenos Aires, Sep.-Dic., pp. 685-704.
- Zucol, A.F. & Osterrieth, M. (2002). "Técnicas de preparación de muestras sedimentarias para la extracción de fitolitos". *Ameghiniana*, 39 (3); 379-382.
- Zucol, A.F. (1992), Microfitolitos: I. Antecedentes y terminología, *Ameghiniana* (Rev. Asoc. Paleont. Argent.) 29:4, pp. 353-362, Buenos Aires.
- Zurita, J., (1997), Los fitolitos: indicaciones sobre la dieta y vivienda en San Lorenzo, En *Ann. Cyphers* (Ed.), Población, subsistencia y medio ambiente en San Lorenzo Tenochtitlan, pp. 75-87, México.
- Zurro, D. (2006), El análisis de fitolitos y su papel en el estudio del consumo de recursos vegetales en la Prehistoria: bases para una propuesta metodológica marxista, *Trabajos de Prehistoria*, 63, N°2, pp. 35-54.



**Anexos:**

Anexo I: Análisis de residuos de industrias de molturación de La Cerera.

Anexo II: Mapas de localizaciones de zonas de muestreo.

Anexo III: Índices de Figuras, Gráficos y Tablas.

## **Resultados del estudio microfósil de residuos de molturación de La Cerera. Cuestiones relativas a la metodología empleada.**

Como se ha expresado en el apartado metodológico, el tratamiento de elementos de molturación no se encuentra exento de la problemática derivada de la presencia, y compleja eliminación, de partículas de arcilla (<2 µm), propias de determinados suelos pero también de ciertos sedimentos arqueológicos. Esta fracción granulométrica, que se encuentra vinculada a contextos edáficos de suelos evolucionados y libres de procesos erosivos<sup>1</sup>, está muy representada en La Cerera. Lo cual se traduce en términos arqueológicos, en su íntima relación con todo objeto inserto en la matriz sedimentaria del yacimiento. Y en términos de análisis microfósil...una verdadera complicación metodológica. El estudio realizado y aquí presentado solamente supone, por ello y por otras causas, un primer abordaje que sin contemplarlo inicialmente debió volcar sus objetivos a tratar, de forma adecuada, una matriz con alto contenido en arcillas. Ese abordaje solamente fue posible cuando se encontraba dispuesto el protocolo de tratamiento que se muestra en el Capítulo 4 de esta tesis, cuando el tratamiento de la fracción arcilla pudo ser acometido, de forma rotunda y sistemática mediante la aplicación de ultrasonidos.

Si los procesos tafonómicos resultan un apartado fundamental en cualquier estudio de materiales antiguos, recuperados en contextos edáficos y/o arqueológicos, también lo es en el estudio de microfósiles. En este caso, al intentar ser aplicados sobre materiales arqueológicos, como las industrias de molturación, la presencia de arcillas –propias de un sustrato rico en esa fracción– ha impedido seriamente cualquier determinación microscópica, en este caso tendente a identificar y valorar microfósiles como fitolitos y gránulos de almidón.

Las características líticas de la mayoría de industrias, vinculadas con la molturación de productos inicialmente vegetales pertenecientes a La Cerera, han colaborado en que las arcillas hayan formado parte indiscutible del registro microscópico alojado en las mismas, dado que están confeccionadas con basalto vacuolar/vesicular. La labor de separar sedimentos arqueológicos de los materiales con los que han realizado una estrecha relación material-sustrato, a lo largo del tiempo y espacio, se ve agravada por la pertinaz acción de las arcillas, cuya completa eliminación ha supuesto una ardua tarea de ciclos de disgregación-suspensión-decantación.

Este hecho fue patente ya al comienzo de las analíticas de microfósiles realizadas sobre los sedimentos del corte 2 de La Cerera (2005). Entonces, las estimaciones sobre el contenido en arcillas en dichos sedimentos, que eran sin lugar a dudas los que actuaban como matriz envolvente sobre cualquier elemento perteneciente a la estratigrafía del yacimiento, ofrecían valores que oscilaban entre un mínimo de 3,07 % (CE- 2.2 a) y un máximo de 39,70%, (CE- 3.3) siendo el promedio de trece puntos muestreados de 22,92%. Pero había que esperar nuevas estimaciones de la fracción arcilla para comprobar que éstas eran mucho más abundantes que lo que en un principio se pensaba. Comprobaciones que sólo fueron posibles cuando el protocolo tendente a su dispersión y eliminación (por decantación) permitió afrontar, de forma

---

<sup>1</sup> O muy vulnerables a los mismos si se operan ciertos parámetros.

verdaderamente eficaz, tales cometidos. Efectivamente, como se muestra en el Gráfico 39 (Volumen II) los porcentajes de la fracción <2 µm eran muy superiores a lo esperado, constituyéndose –con todas las repercusiones asociadas a ello– como la fracción predominante en los sedimentos de La Cerera.

Tales repercusiones suponían, para el estudio de microfósiles vinculados exclusivamente a las industrias de molturación un serio inconveniente. Las características de la mayoría de las piezas de molturación, confeccionadas por lo general en un material muy vacuolado, favorecían que su situación –en cada zona del yacimiento– estuviera asociado a una gran cantidad de partículas <2 µm. La introducción de éstas en cada intersticio de las piezas líticas, confeccionadas con basalto vacuolar, era una consecuencia lógica y en nuestro caso una realidad que debía ser afrontada metodológicamente. Como ya se muestra en el apartado de análisis de sedimentos de La Cerera<sup>2</sup>, estos contenidos pueden ser superiores al 40%.

El resultado de esa propiedad física y la inserción del elemento antrópico bajo la forma concreta de prácticas domésticas de alimentación, con el depósito de industrias de molturación, es que buena parte de la matriz de la mayoría de los sedimentos arqueológicos de La Cerera, fina, suelta, y con un tamaño inferior a las 2 µm, se ha unido íntimamente a todo resto arqueológico presente en el sedimento del paquete estratigráfico. Dicha unión se ha consolidado sobre los artefactos de textura gruesa, y especialmente en aquellos que, como la mayoría de elementos de molturación, presentan una superficie plagada de oquedades, propias del material volcánico con el que están confeccionadas (basalto vacuolar) comunes en el Archipiélago.

Es patente el incremento de la fracción arcilla en la sección estratigráfica correspondiente al Perfil 2, aunque no se ha procedido al estudio textural de la muestra correspondiente a CE-2.1, por tratarse –según Criado & Hansen (2009) de un nivel de desplome masivo, formado por bloques de tamaño variable, que afecta por desigual a toda la cueva<sup>3</sup>. Salvo en esa zona, las muestras posteriores –las situadas entre CE-2.2 A y CE-2.8– indican un incremento gradual de la fracción arcilla, estabilidad de la de los limos, con notable incremento en CE-2.2 C, y disminución gradual de la fracción de las arenas >200 µm. De tal forma que podemos establecer también una sustancial variación de la fracción más fina, que alcanza en los niveles CE-2.8 uno de sus puntos más altos, con más del 40 % de la textura integrada por esta fracción.

De esta forma, la primera inspección de los materiales de molturación localizados en la estratigrafía, motivó el recelo de estar ante un reto y ante una compleja labor de análisis microfósil. Las piezas se encontraban en perfecto estado para un estudio de este tipo, sin haberle retirado –mediante

---

<sup>2</sup> Capítulo Resultados 5-II.

<sup>3</sup> Sin embargo, el análisis microscópico, para la localización de microfósiles de origen vegetal, confirma que se trata de un nivel no-estéril, con concentraciones de los mismos que no pueden en gran parte ser explicadas únicamente por procesos de migración gravitacional de partículas desde los niveles superiores. El buen estado de la mayor parte del registro de partículas biogénicas parece confirmar que su presencia obedece a mecanismos de deposición antrópica acaecidos en un nivel de ocupación inicial, hasta el momento del desplome de parte de la cubierta de la cueva.

lavado ni cepillado— la capa de sedimento arqueológico en el que se encontraban insertas las piezas. Pero esto también suponía el problema de diseñar una estrategia de muestreo, tratamiento y extracción de residuos acorde a las condiciones de las piezas, y esto era completamente rellenas de sedimento contextual, y con éste las arcillas llegando probablemente hasta los intersticios más recónditos del material pétreo más rico en cavidades, el basalto vacuolar (**Figuras 1-2**).

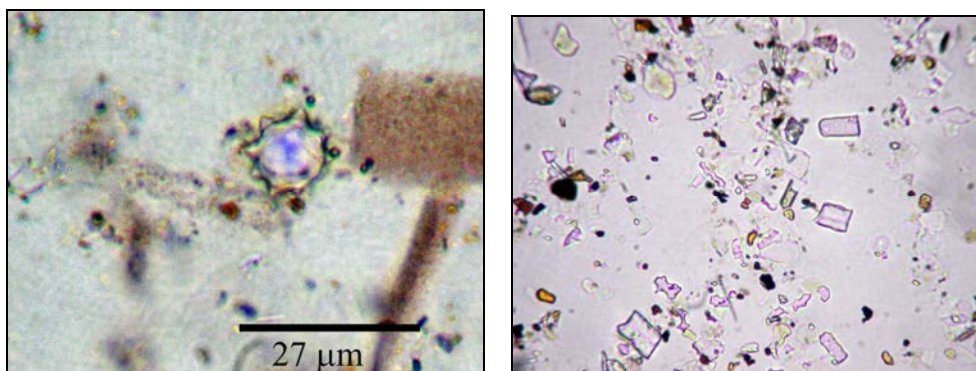
Por ello el estudio de los residuos se empleó un método que apurase al máximo la superficie seleccionada sin realizar cepillados agresivos, con el fin de preservar dentro de las innumerables cavidades rocosas los posibles residuos derivados de productos molturados. Y por ello también, como se especifica en el apartado metodológico<sup>4</sup>, el primer lavado se realizó con abundante agua destilada, con el fin de que la mayoría de sedimento se viera arrastrado a las cubetas de decantación. A ese residuo, formado básicamente por sedimento contextual se le denominó como “A”, que debía servirnos como referencia a la hora de analizar el que teóricamente se encontraba más asociado a la funcionalidad de las piezas líticas, el residuo “B”.



**Figura 1-2**, Piezas líticas de la Cerera, correspondiente a fragmentos de las muelas de elementos de molturación, tras su lavado y secado al aire. Museo Canario, 2007.

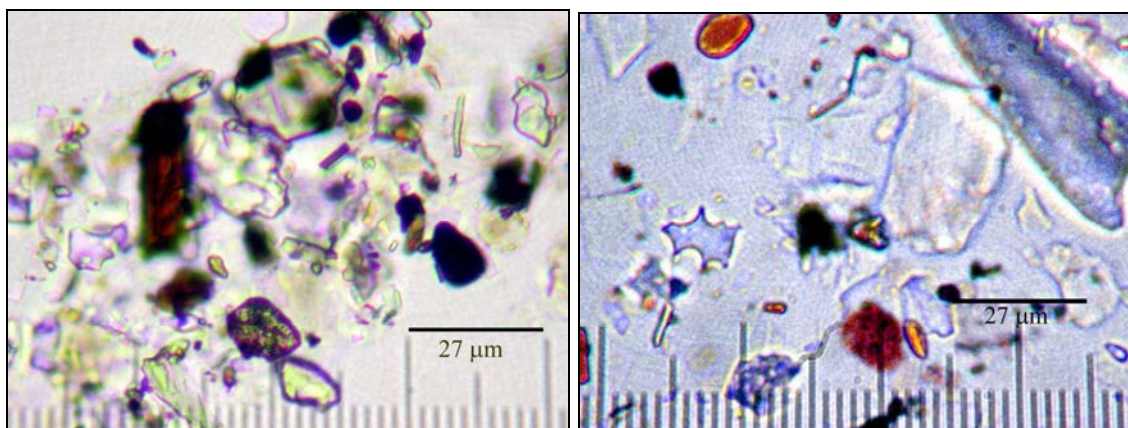
La primera comprobación del contenido microfósil de las muestras ya tratadas, fue obviamente mediante microscopio óptico, para comprobar si la extracción de las arcillas restantes en el residuo B suponía la eliminación de partículas biogénicas como fitolitos y gránulos de almidón. Dichas comprobaciones se mantuvieron hasta la alcanzar el estado de nitidez en la solución, transcurridos los tiempos de decantación de las muestras. En todas ellas se observaron las mismas características: gran cantidad de partículas de arcilla en estado de floculación (**Figura 3**), formando agregados o aisladas cuando la preparación era sometida a presión. La presencia de partículas biogénicas fue siempre escasa y de forma aislada, entendiéndose por tanto que el proceso de eliminación de arcillas empleando las nuevas tablas de tiempos de caída era correcto.

<sup>4</sup> Capítulo 4: Métodos y Técnicas Analíticas.



**Figura 3** (Izqda.), Silicofitolito esférico *Palmae* aislado entre agregados de arcillas. **Figura 4** (Drcha.), biomineralizaciones fósiles, en su mayoría silicofitolitos, en el residuo restante una vez eliminada la fracción arcilla por decantación.

La realización de preparaciones se llevó a cabo primeramente manteniendo el método empleado con sedimentos y suelos; probablemente la baja densidad del residuo extraído con pipeta motivó el fallo de las mismas durante el proceso de secado<sup>5</sup>. Por ello se optó por el método estándar de pesar una pequeña porción de la muestra en balanza de precisión (cuatro decimales). La cantidad escogida fue de 0,5 miligramos, sobre los que se depositó una gota de Permout™ antes de sellarlo entre portaobjetos y cubreobjetos de vidrio. El resultado permitió evaluar uno y otro método para la realización de las preparaciones cuantitativas con los residuos de molturación (**Figuras 4, 5 y 6**).



**Figura 5** (Izqda.), Preparación microscópica realizada con alícuota extraída con pipeta (500 µl desde 40 ml.). **Figura 6** (Drcha.), preparación realizada con 0,5 grs y dispersión manual. Ambos provenientes del residuo B extraído a la pieza MC-3514 (CE-95).

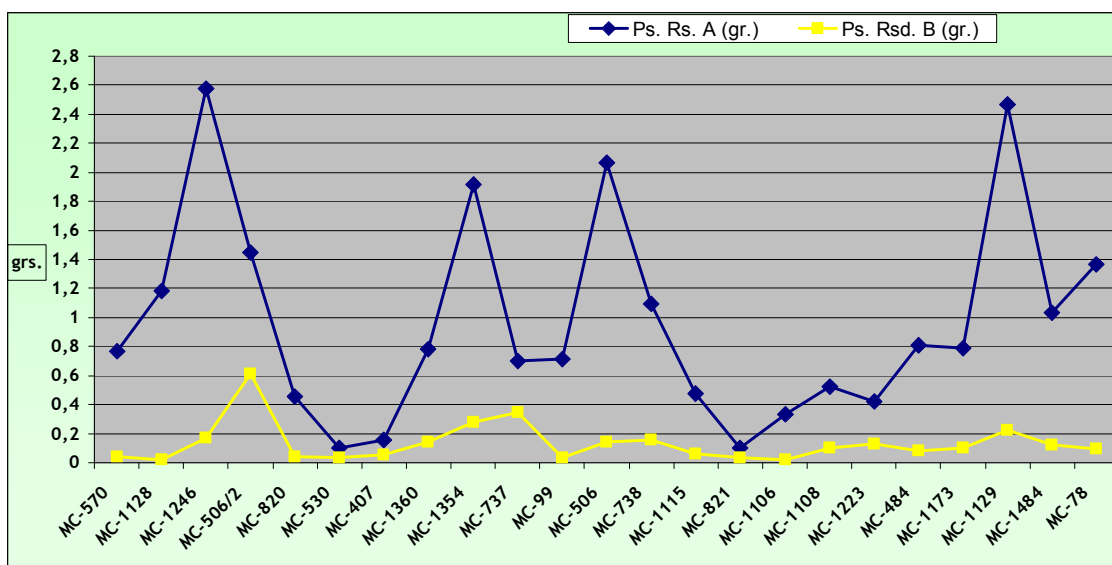
Con esta variación del método general se prestaba especial interés por los residuos de molturación, intentado –como ocurre con materiales de complejo estudio y reducidas cantidades, caso de los bioantropológicos (cálculos dentales)– ampliar el rango de detalle sobre cantidades muy pequeñas de

<sup>5</sup> Atendiendo a su mala dispersión, haciendo inviable el proceso de cuantificación.

muestras, a las que se hace necesario “controlar” dentro de una preparación. Entendiendo como tal el proceso el poder observar la totalidad de las partículas presentes en una muestra, minimizando la posibilidad de que parte de la misma no entre dentro del campo de la preparación, y que en todo caso las partículas insertas en la misma sean todas las que han integrado el volumen de partida.

La aplicación del método empleado con los sedimentos arqueológicos, para eliminar de éstos la fracción arcilla, permitió contar finalmente con dos residuos netos donde podrían evaluarse sus contenidos microfósiles. La gráfica de sus pesos parece revelar la existencia de sustanciales diferencias en cuanto a sus respectivas concentraciones (**Gráfico 1**). Lo cual permitió plantear que únicamente iban a analizarse los residuos del tipo B, sin duda menos afectado por el registro biomineral fósil del residuo A, mayoritariamente compuesto por sedimento arqueológico contextual.

Como puede comprobarse en el **Gráfico 1**, los pesos de partida se encuentran, en la mayoría de los casos, por debajo de 0,2 grs. de muestra, en la cual cabría esperar la presencia de partículas minerales entre 2-700 µm, diámetro mínimo alcanzado también para algunas partículas biominerales, de tamaño mayor que las de la fracción arcilla (<2 µm) y dentro del rango de las de arena hasta aproximadamente 700 µm<sup>6</sup>.



**Gráfico 1**, Pesos del residuo A y B finales, tras la eliminación de la fracción arcilla. Como puede comprobarse, los residuos del segundo grupo son escasos con respecto a los primeros, pero sin duda más vinculados al posible residuo dejado por la molturación de vegetales.

Las primeras observaciones microscópicas permitieron identificar algunos de las morfologías silicificadas desarrolladas en las cubiertas florales de los granos de cereal y sus inflorescencias, así como fitolitos de células cortas en forma de cono truncado, muy habituales en los residuos de referencia de

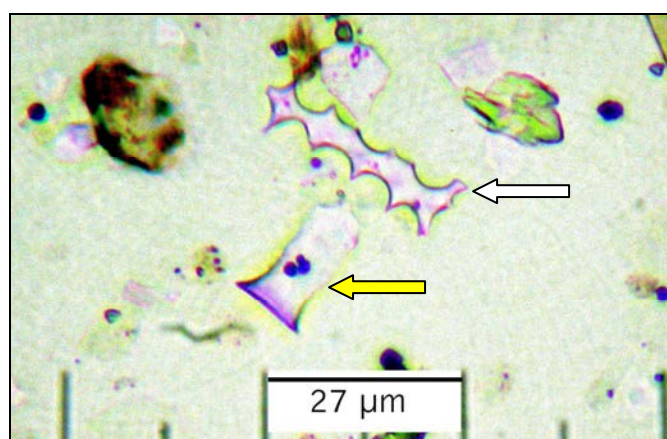
<sup>6</sup> Como se recuerda supone el diámetro máximo de la punta de pipeta empleada para la extracción de alícuotas desde la muestra en suspensión de agua destilada, enrasada a un volumen conjunto de 40 ml.

*Hordeum vulgare* (Figura 7, amarillo) y los de células largas equinadas (Figura 7, blanco), también desarrollados en las mismas zonas de esta planta.

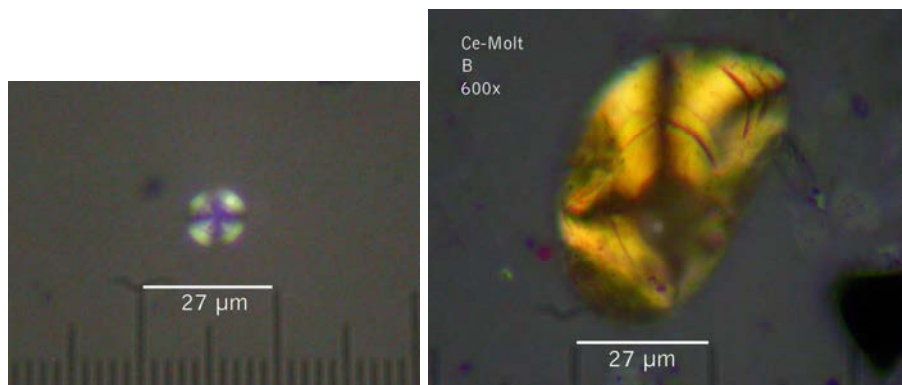
#### El registro de gránulos de almidón: cuantitativo.

De nuevo debe resaltarse la complejidad del registro de elementos y partículas microscópicas presentes en los sedimentos de La Cerera, ya que los parámetros que deben guiarnos para el reconocimiento de gránulos de almidón, no se cumplen en todos los casos. Pero en otros se han podido llevar a cabo un reconocimiento que apunta hacia los de tipo lenticular, tamaño hasta 40  $\mu\text{m}$  y color blanco, muy propios también de la tribu *Triticeae*, a la que pertenecen el trigo, la cebada y otros cereales.

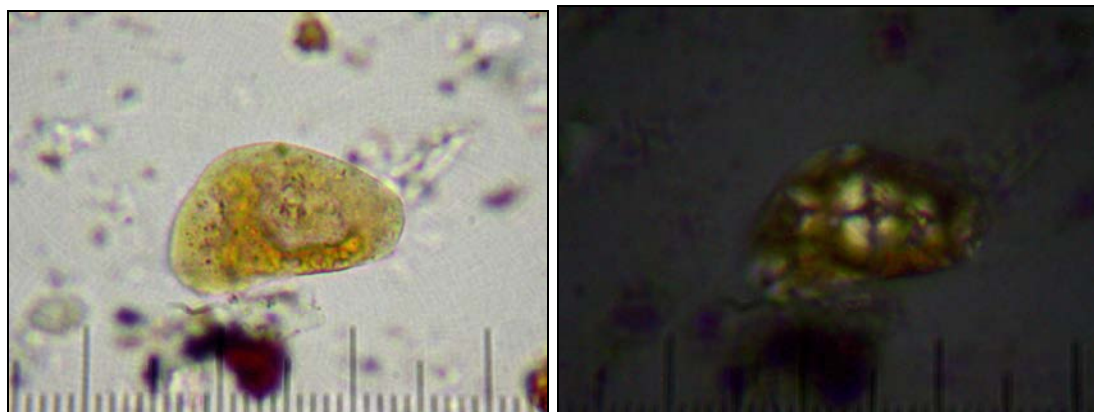
Sin embargo, una serie de partículas han colaborado en aumentar la confusión sobre lo que pueden llegar a ser “elementos microscópicos complejos”, como los propuestos –en el Capítulo de Caracterización de los sedimentos de La Cerera– como *agregados amiláceo-arcillosos*. Un tipo de elementos de tamaño y morfología variable que pueden superar ampliamente las 60  $\mu\text{m}$ , de coloración amarillenta o verdosa, bordes romos y morfologías reniformes (con forma de riñón). Aunque en algunos de ellos, bajo luz polarizada se detecta una forma que recuerda a la cruz de extinción de luz de los gránulos aislados de almidón (Wallis, 1968; entre otros). Pero en otros casos se detectan múltiples de ellas, señal inequívoca de que el cuerpo microscópico analizado está integrado por partículas similares a los almidones (Figuras 8, 9, 10, 11). O quizá, de ahí nuestras dudas, a esferulitas de fauna herbívora. La complejidad de tales elementos ha aconsejado que únicamente se contabilizaran los gránulos de almidón con parámetros reconocibles y sobre todo aislados unos de otros, a la espera de corroborar la naturaleza de los mencionados agregados amiláceo-arcillosos, que responden a una mezcla de almidones antiguos, insertos en una matriz arcillosa o bien a gránulos aislados, de gran tamaño, pertenecientes a algún tipo de planta que desconocemos, y a la que proponemos, de forma preliminar, dentro del grupo de las leguminosas (*Fabaceae*).



**Figura 7**, Dos morfologías de silicofitolitos fundamentales en los sedimentos de La Cerera (blanco: célula larga equinada; amarillo: célula corta) que indican la presencia de restos de granos de cereal *Pooideae* (con alta probabilidad de ser *Hordeum vulgare* sp.). 600x.



Fotomicrografías de posibles gránulos de almidón/agregados amiláceo-arcillosos en La Cerera. **Figura 8** (Izqda.), almidón o esferulita aislado de pequeño tamaño (<20 µm), **Figura 9** (Drcha.), Elemento similar a un almidón de gran tamaño, reniforme, que presenta cruz de extinción de luz. Ambas 600x.



**Figuras 10 y 11**, Agregado amiláceo-arcilloso (Izqda.) que revela su contenido en almidones, o cuerpos de similar comportamiento óptico, bajo luz polarizada (Drcha.). Tomadas a 600x.

Desde luego que en algunos casos se trata de elementos que han motivado pensar en estar ante gránulos de almidón, de un tamaño superior a los observados en el grupo del trigo (**Figura 8**), que pertenecieran a algún tipo de leguminosa del tipo de los guisantes, las habas o las lentejas, cuyos almidones pueden adquirir formas reniformes y superar, como también lo hacen los del trigo, las 40 µm. Incluso se estimó contemplar el género *Cannaceae*, que produce los almidones de mayor tamaño conocido<sup>7</sup> o la papa/patata (*Solanum tuberosum*), pero no parece ser ésta la ruta correcta.

---

<sup>7</sup> Kunkel únicamente cita (Enumeración de las Plantas Vasculares de las Islas Canarias, *Monographie Biologicae Canariensis* Nº 3, Cabildo Insular de Gran Canaria, Las Palmas de Gran Canaria, 1972, pp. 1-84), la especie *Canna indica* como representante de *Cannaceae* en Gran Canaria, pero lo hace calificándola como *introducida*. *Canna indica* es una especie procedente de Sudamérica, a la que se denomina *Achira*, que se cultivaba en Perú ya hace 4.500 años. Se la localiza también en Colombia. A nivel de aprovechamiento humano, es especialmente importante la reserva de almidón



En todo caso aunque no puede descartarse la presencia de almidones de leguminosas, lo cierto es que existe un gran grupo, que permite la cuantificación por gramo de residuo, que parecerse poder adscribirse a la tribu *Triticeae*.

#### PROPUESTA DE CUANTIFICACIÓN DE GRÁNULOS DE ALMIDÓN..

El estudio microscópico de los residuos obtenidos indica que los gránulos de almidón son el tipo de microfósiles que podría permitir una valoración sobre la posible funcionalidad de las piezas líticas. Conclusión a la que se llega tras comprobar dos aspectos clave: la alta concentración de fitolitos propios de las envueltas de cereal en el sedimento de La Cerera y la gran cantidad de éste en la superficie de las piezas de molturación. Por lo que puede suponerse que los primeros ya no serían elementos exclusivos del residuo de molturación de granos de cereal, entendida como función más común de las industrias de molturación. Por lo tanto la detección de almidones, de forma diferencial en función del volumen de residuo B analizado (Gráfico 3), podría paliar la complejidad aportada por la contaminación de sedimento arqueológico, potencialmente rico en otro tipo de microfósiles como los propios fitolitos de cereal.

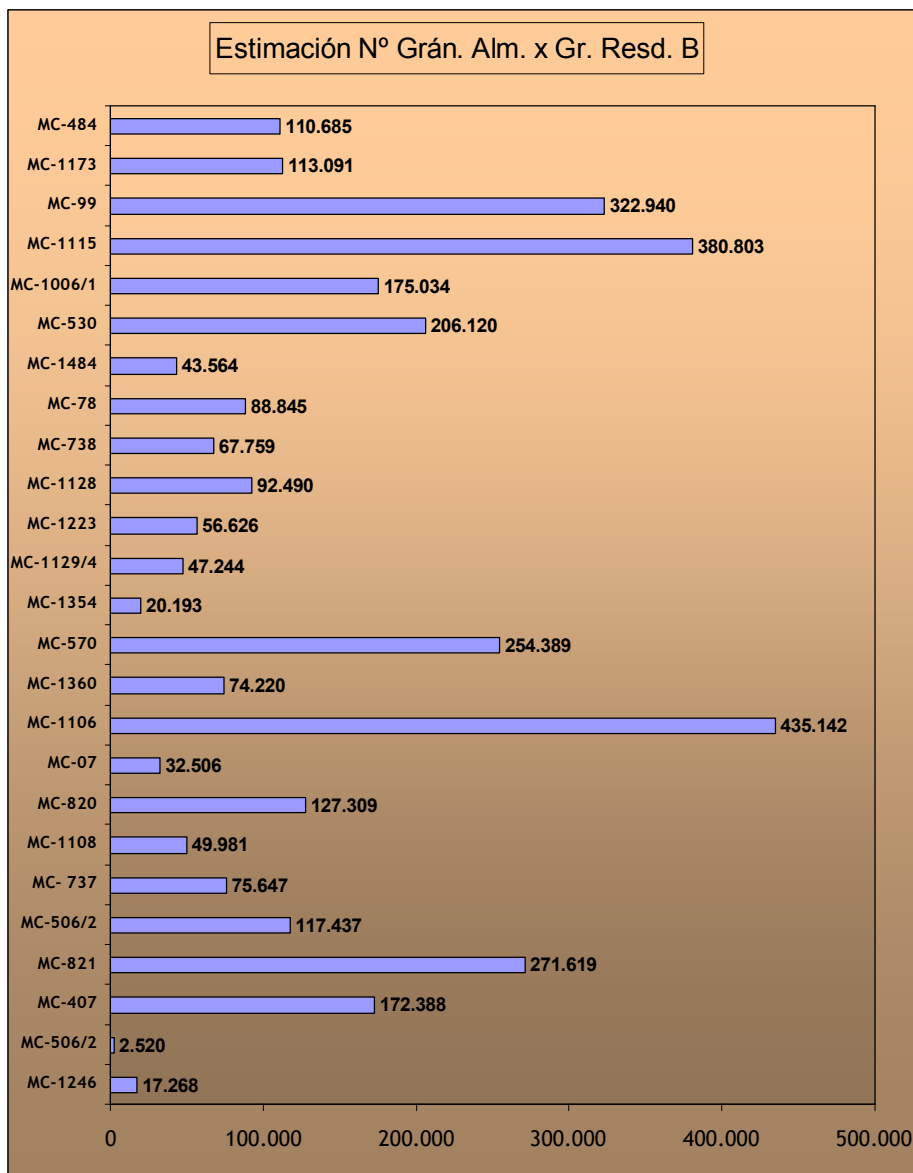
Había que buscar una tipología microfósil que no se detectara de forma común en el sedimento y éstos podrían ser los gránulos de almidón. Su localización, en el residuo “B” de las industrias, bajo la forma de gránulos aislados parecía permitir la cuantificación muestra por muestra (Gráfico 2).

Efectivamente, la estimación cuantitativa de gránulos de almidón, por gramo de muestra de residuo B, no deja lugar a dudas sobre las altas concentraciones que pueden existir en los residuos, donde solamente en un caso se superan 0,8 grs. de muestra. Y donde paradójicamente se localiza el mínimo de las concentraciones de almidones. Esta singularidad, a la que se oponen radicalmente otros casos, parece poder emplearse como signo inequívoco —o al menos de forma preliminar— de que existen algunos residuos del tipo B que pueden vincularse con residuos de molturación de granos.

Sin embargo, donde parece solventarse en parte el objetivo de partida, es en la observación del cruce de datos entre el número de almidones con respecto al peso de partida de la muestra de donde se extrajeron (residuo B), la cual indica sus concentraciones reales por gramo de muestra (Gráfico 3). Ya que efectivamente es aquí donde parece dirimirse la cuestión de la posible funcionalidad de las piezas líticas analizadas, o al menos donde se observa un patrón basado en una relación inversamente proporcional entre el volumen de residuo B y la concentración de gránulos de almidón.

---

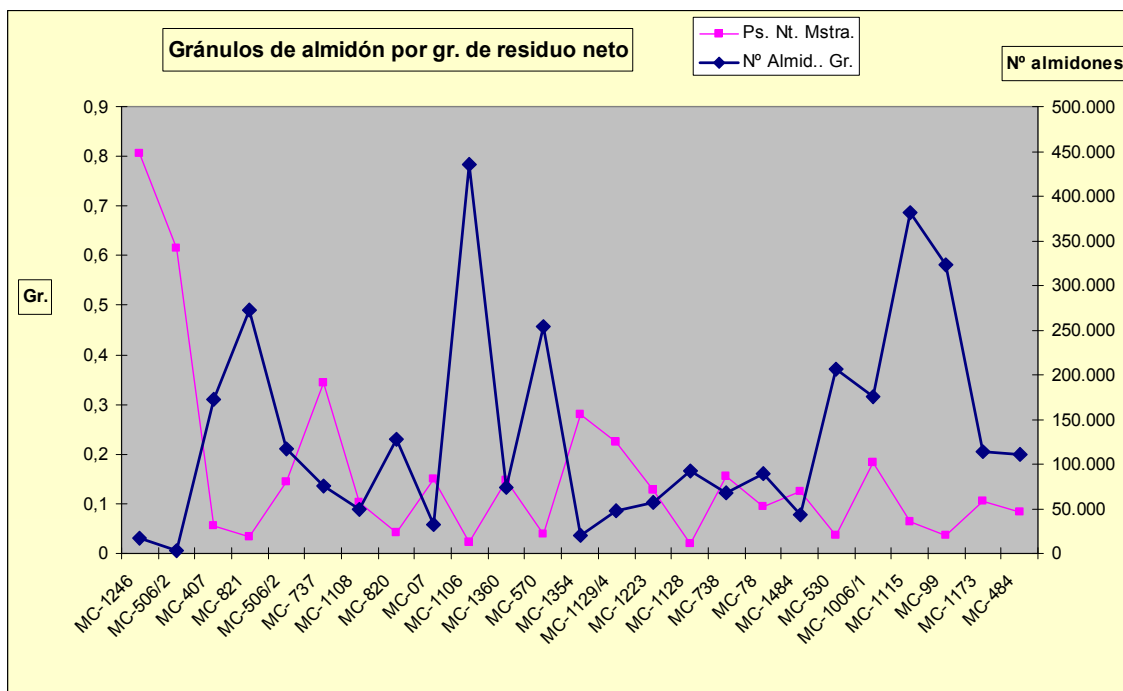
que presenta su rizoma o *cormo*, de fácil digestión y de alta importancia agroindustrial.



**Gráfico 2,** Cuantitativo de gránulos de almidón en residuo B.

Efectivamente, aunque se trate de una propuesta metodológica para abordar un problema de igual rango, los resultados derivados del cruce de información establecen una clara relación entre la concentración de almidones y el peso del residuo de donde fueron extraídos. Dicha relación podría tomarse en unos casos como indicativa del componente asociado al uso de la pieza como elemento de molturación, y en otros de baja probabilidad e incluso nula utilización como tal.

Como puede comprobarse, la curva refleja grandes oscilaciones, que en algunos casos indican altas concentraciones de almidones con respecto a cantidades de muestra de partida muy bajas (**Gráfico 3**). Mientras que en otros ocurre totalmente lo contrario, lo cual invita a preguntarse: ¿estamos ante una evidencia de funcionalidad diferencial?, ya que los almidones parecen pertenecer a *Triteceae*, o ¿ante un nuevo efecto aleatorio producido por los procesos tafonómicos y sedimentológicos del sustrato arqueológico?.



**Gráfico 3,** Curvas acumuladas de almidones en relación a los pesos del residuo de partida (residuo B).

En todo caso las relaciones que observamos en el **Gráfico 3** llaman poderosamente la atención, por la radical oposición de sus datos, de tal forma que en la mayoría de las muestras es diametralmente opuesta. Son pocos los casos donde coinciden la proporción de almidones con el volumen de muestra neta analizada. Desde luego que una primera interpretación podrían vincularse estos datos con la funcionalidad de las piezas. Que es la emplearemos, pero introduciendo un elevado matiz de precaución en las mismas, dado que se requiere de una segunda analítica —empleando este u otro método— que confirme lo que aquí sólo es una propuesta inicial. Desde dicho planteamiento, podemos observar que efectivamente las concentraciones de almidones —por gramo de sedimento B neto— son en algunos casos elevadas con respecto al volumen de extracción, pudiéndose tomar tal indicación como propia de muestras donde efectivamente existe un alto componente biogénico, que en este caso se orienta hacia una concreta práctica de tratamiento de productos vegetales.

Tomando como patrón de análisis, de los resultados, una clara separación entre la concentración de almidones y el peso del residuo neto de partida, observamos aquellas muestras donde podría ser factible la lectura de funcionalidad de molturación de vegetales y donde no. Ya que en algunas el peso del sedimento, aun siendo bajo, es muy superior al de los almidones contabilizados. Ese sería el caso de las muestras menos numerosas, entendiendo por tanto que la funcionalidad aquí no sería tan asociable a la práctica de molturación.

En definitiva, aproximadamente la mitad de las muestras podrían vincularse a una práctica de molturación de cereales, atendiendo a la propuesta basada en la relación inversa entre la concentración de almidones por gramo de residuo B. Sin embargo, harán falta nuevos estudios —posibles porque se ha

respetado la reserva de investigación<sup>8</sup>— donde se introduzcan criterios experimentales, esto es: realizando todo el proceso de molturación y sometiendo a las piezas a las condiciones que posteriormente permitirán evaluar sus contenidos microfósiles.

Como conclusión metodológica, y atendiendo a los objetivos globales de esta Tesis, puede corroborarse la complejidad del estudio —con fines microfósiles— de este tipo de piezas, que de primera mano portan las mismas tipologías que el registro inserto en la matriz sedimentaria del yacimiento. Hecho que obliga a buscar criterios discriminantes, que bien pueden ser los gránulos de almidón, siempre que éstos no se encuentren igualmente presentes en dichos sedimentos. En todo caso, parece confirmarse que en algunos casos de los residuos del tipo “B” existen concentraciones de almidones que ratifican su funcionalidad, o la llegada a las piezas de residuos procedentes de molturación de cereales, hecho que los agregados amiláceo-arcillosos parecen constatar<sup>9</sup>.

Lo cual no es sino una reafirmación de los resultados ya obtenidos mediante el análisis de fitolitos vinculados a los granos de cereal, que en el caso de los residuos de molturación también se traduce en la detección de células cortas tipo papilas (*papillae*), en forma de cono truncado y con verrugas (*verrugate*, ICPN 1.0), también presentes en los sedimentos de La Cerera (**Figura 12**). Evidencias que en todo caso, en espera de ser analizadas cuantitativamente, confirman los resultados obtenidos mediante el estudio paleocarpológico de los sedimentos (Morales, 2009), y que y no pueden desvincularse del registro de fitolitos específicamente asociado a los granos de cereal, como los de células largas equinadas, cuyo registro es uno de los más numerosos en el Corte 2 de La Cerera. Por su parte los esqueletos silíceos, pese a ser los fitolitos que mayormente deberíamos haber hallado, se presentan más habitualmente bajo la forma de células largas equinadas (**Figura 7**, blanco) que en su versión de secciones completas de tejido vegetal silicificado, con patrón de circunvoluciones característico (**Figura 13**).

#### **Sobre otras especies vegetales representadas en las industrias analizadas.**

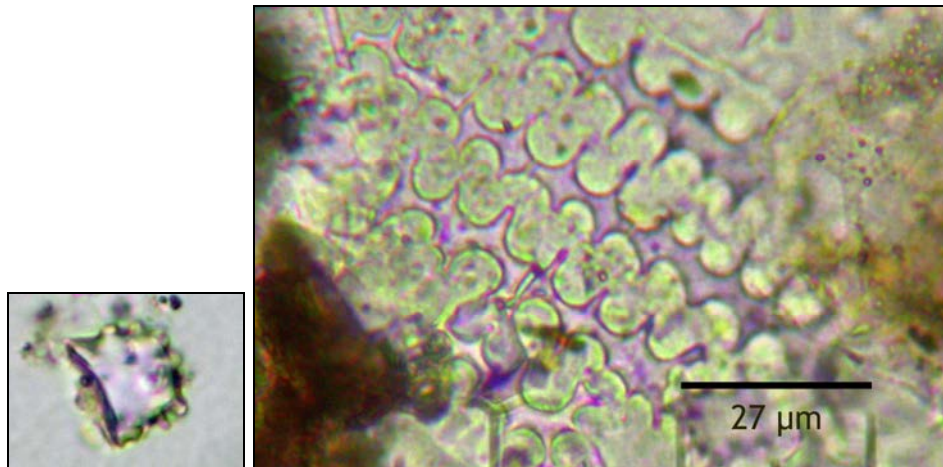
Los grupos vegetales mencionados no son los únicos que aparecen representados en los residuos de las industrias analizadas, aunque son los que mayor probabilidad presentan de estar asociados a residuos de molturación. Pero existen otros que probablemente se encuentran más relacionados con el sedimento contextual, es el caso de los tricomas huecos y sus bases que se asemejan a los presentes en las hojas de *Ficus carica*, las silicificaciones de sección triangular que hemos propuesto para el rizoma de *Pteridium aquilinum* (**Figura 14**) o las grandes células buliformes cuneiformes detectadas en las hojas de *Phragmites australis* (**Figura 15**). Que en definitiva no parecen sino el reflejo del rico registro microfósil presente en los sedimentos de La Cerera, representante a su vez de un conjunto de plantas, nativas e introducidas, a los que hay que vincular con las estructuras socio-económicas de sus habitantes.

---

<sup>8</sup> En este caso manteniendo una parte de las piezas de molturación sin tratar.

<sup>9</sup> Desde luego que la versión de que están formados por masas de almidones en una matriz arcillosa parece la más viable.

Y obviamente, como ocurre en los sedimentos analizados con fines microfósiles, estas evidencias conjuntas no hacen sino dibujar un esquema muy nítido y concreto de explotación del medio vegetal, donde se incluyen prácticas como el cultivo y la recolección, pero ésta última no sólo sobre plantas introducidas sino sobre algunas de tipo nativo, como serían el rizoma del helecho y los tejidos del carrizo.



**Figura 12** (Izqda.), Fitolito de célula corta de forma cónica verrugada. **Figura 13** (Drcha.), Esqueleto silíceo de cereal. Ambas 600x.

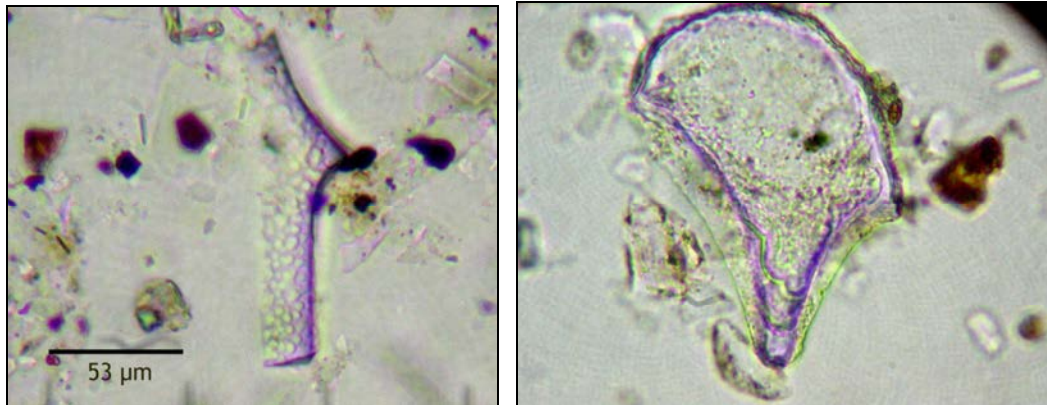
Obviamente, de las morfologías descritas, las que revisten importancia son las asociadas al rizoma del helecho *P. aquilinum*, dado que pudo funcionar como alimento completamente seleccionado, inserto en una estrategia de alimentación que, como mínimo sorprende en un entorno que se nos antoja suficientemente apto para la producción de excedentes y por tanto para el sostenimiento de la población vinculada al proceso productivo. Probablemente este hecho podría emplearse como síntoma inequívoco de que la cadena distributiva seguía otros patrones, y que parte de la población de La Cerera, pese a participar en dicho proceso productivo no lo haría en cuanto al consumo de su producto, o no al menos como para saciar sus requerimientos alimenticios básicos. Debiendo entonces complementar éstos mediante productos de menor calidad, confeccionados con plantas del entorno, más o menos inmediato, pero en todo caso también vinculado a zonas deforestadas, aptas para el desarrollo de *Pteridium*.

No obstante, el hecho de no detectar ninguna concentración significativa de tales silicificaciones –algo que aun debe comprobarse de forma cuantitativa<sup>10</sup>– en ningún residuo de ninguna pieza, parece descartar una interpretación en ese sentido, aunque no en cuanto a su consumo, si es que puede llegar a descartarse que los rizomas vivos de esta planta de

---

<sup>10</sup> Este ha sido uno de los tipos de microfósiles que lamentablemente no ha podido cuantificarse y que hubiese supuesto contar con la estimación de su concentración por gramo de muestra. Sin duda la realización de tal cuantificación, como ocurre con la de los fitolitos de células largas equinadas, permitirá afianzar aun más el papel de la explotación del rizoma de *Pteridium aquilinum* como alimento. Con todas las repercusiones que ello trae consigo.

desarrollaran, en algún momento de la secuencia de ocupación de la cueva de La Cerera, a través del sedimento arqueológico. Aspecto que por lo demás no parece haberse detectado. La constatación, aunque no cuantitativa por el momento de la presencia de estas silicificaciones en el sedimento, puede permitirnos no descartar el procesado, como producto farináceo, de rizomas de helecho.



**Figura 14** (Izqda.), Silicificación propuesta para el rizoma de *P. aquilinum*. **Figura 15** (Drcha.), célula buliforme cuneiforme. Ambas 300x.

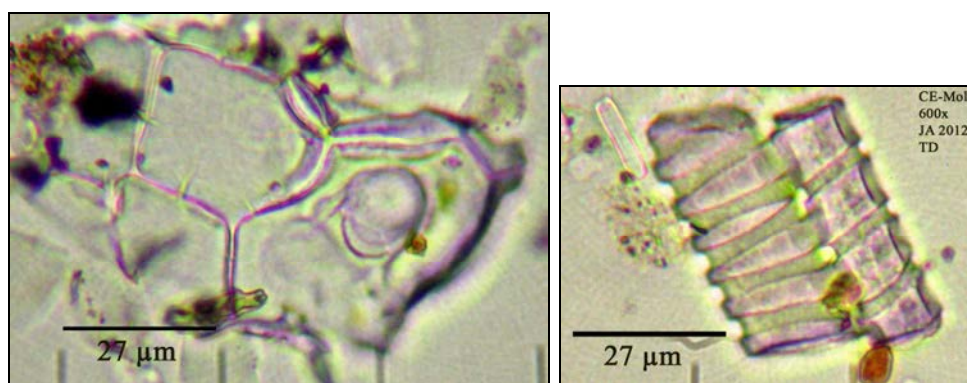
En todo caso la presencia de restos de esta planta debe relacionarse con su especial aprovechamiento de las condiciones ambientales, y en especial de suelos fértiles despojados de posibles masas arbóreas y arbustivas. La expansión de *Pteridium*, una planta recesiva en los ecosistemas boscosos, salvo cuando se operan pérdidas sustanciales del dosel arbóreo por causas naturales (incendios, tormentas, etc.), se considera indicadora de condiciones ambientales donde existe deforestación, tanto por causas naturales (incendios) como antrópicas. En función del conocimiento que se tiene de la relación de su presencia con procesos antrópicos con ese signo, su expansión es clara cuando se tala el bosque y se establecen cultivos, entonces *Pteridium* tiende a ocupar rápidamente las zonas menos transitadas.

El registro de silicificaciones similares a las desarrolladas por su rizoma en La Cerera, parece por tanto asociable a las prácticas económicas, especialmente la agricultura, pero lejos de perjudicar a ésta, funcionaría como un aporte dietético, que vendría a sumarse a los alimentos cultivados, especialmente cereales, leguminosas y frutales. Las lecturas al respecto, como ya hemos mencionado, pueden hacerse en vinculación a las razones de tal necesidad, al ejercerse sobre un recurso que puede considerarse de inferior calidad a los ofrecidos por la práctica agrícola y silvícola. En todo caso, la consistencia de las evidencias microscópicas pueden, por el momento, tener respuesta en futuros estudios que profundicen en ambas propuestas.

En el mismo sentido, la detección de tricomas de hojas de *Ficus carica* vuelve a vincularnos al registro microfósil de los sedimentos, donde se encuentran presentes desde el nivel más profundo, CE-2.2a. Sin embargo, al igual que en el caso anterior, no puede plantearse ninguna lectura sobre su procesado en las industrias de molturación, pues no se ha localizado

—mediante la metodología empleada— ninguna concentración específica que invite a pensar lo contrario. No obstante, la presencia de fitolitos de las hojas de esta especie podría plantear la búsqueda, selectiva y dirigida, de aquellos vinculados a sus frutos, que en su mayoría se encuentran representados por morfologías mixtas de biomineralizaciones de oxalatos y sílice, como parece ocurrir con los cistolitos de sus tejidos foliares.

Obviamente un registro que no podía faltar en los residuos, al menos en aquellos afectados por la contaminación del sedimento contextual, es el que representa a las gramíneas (*Poaceae*), y lo es incluso bajo la forma de silicificaciones propias de sus hojas, tallos (**Figuras 17**) e inflorescencias, que en el caso analizado deben incluirse dentro de las posibles inferencias vinculadas al cultivo, procesado y alimentación con cereales (**Figura 13**).



**Figura 16** (Izqda.), Base de tricoma. **Figura 17** (Drcha.), Traqueida con engrosamientos anulares. 600x.

En el caso de las masivas traqueidas con engrosamientos anulares, que pueden observarse en la **Figura 17**, su adscripción biológica podría dirigirse, igualmente hacia las gramíneas, en este caso hacia los tejidos de sus tallos y, en función de los trabajos experimentales, también hacia una gramínea *Pooideae*. Aunque las similitudes que encontramos con esa subfamilia se deben a que, por el momento, únicamente se han detectado en *Arrhenatherum calderae*, pero muy probablemente se trate de una morfología altamente redundante en otras muchas plantas, de similar origen botánico o no.

Pero aun así parece posible emitir una inferencia lógica al respecto, como que en el sitio de La Cerera estudiado, al que pertenecen también las industrias de molturación, se llevaron a cabo prácticas de procesado de cereal que, en su mayoría, llegaba bajo la forma de inflorescencias, de las cuales derivan gran parte del registro de fitolitos con ese origen anatómico. Aunque desconocemos las características del proceso de acarreo del cereal hasta el lugar de almacenamiento y/o procesado, no puede descartarse que éste llegase en secciones de la planta que incluyesen tallos y hojas de la misma. Y que pese a representar aparente tejido vegetal de desecho, quizá se emplease con otras funciones, puesto que en el sedimento, por ejemplo para con fitolitos como los descritos como traqueidas con engrosamientos anulares (*Sulcate tracheid*, ICPN 1.0), sus concentraciones no son tan

elevadas como en el caso de las silicificaciones pertenecientes a la inflorescencia (grano y sus cubiertas florales).

Las bases de tricomas (**Figura 16**) que podrían vincularse inicialmente a tejidos foliares de *Ficus carica* vendrían a reflejar un proceso similar, aunque obviamente debemos introducir un criterio de valor etnobotánico diferencial (completamente actualista) con respecto al caso de los cereales. Las grandes hojas de la higuera creemos que podrían tener muchas funciones, entre ellas servir de cama y alimento para el ganado. Y sin duda los fitolitos que entendemos pueden hacer referencia a la presencia de *Ficus carica*, deben emplearse aquí para centrarnos en la repercusión de su cultivo y el consumo de sus frutos (higos), por más que el registro de sus fitolitos únicamente pueda —en esta Tesis— aproximarse a reconocer los propios de sus hojas.

### **Conclusiones y discusión.**

De interés en lo metodológico pero especialmente en lo arqueobotánico, el tratamiento de las industrias líticas vinculadas a la molturación de La Cerera sigue orientándonos hacia los mismos cauces explicativos que el resto de los registros de datos obtenidos con el análisis de sus sedimentos. Las inferencias no son diferentes a las ya existentes, al respecto del mundo vegetal en el contexto económico de La Cerera (Morales, 2009; Machado, 2009), aunque sí complementarias en algunos casos a las mismas.

Y no son otras que las que enlazan la existencia de una intensiva práctica agrícola, basada aquí también en cereales de la subfamilia *Pooideae* y tribu *Triticeae*, en este caso cebada y trigo, donde existía una complementariedad económica de corte silvícola, con el cultivo de la higuera y recolectora en el caso de *Pteridium aquilinum*, si es que nuestros estudios microscópicos globales están en la ruta correcta.

El hecho de que sigamos encontrando los mismos conjuntos de fitolitos en los residuos, más si cabe en los de tipo A, no hace sino ratificar que no abandonamos el rico contexto microfósil de La Cerera. Y todo ello pese a haber analizado con rigurosa distinción, incluso distancia temporal, los sedimentos del yacimiento y los fragmentos de molinos, localizados en el seno de esos mismos sedimentos<sup>11</sup>. El resultado sigue siendo encontrarnos con un registro que funciona —desde mi parecer— como reflejo del contexto exterior al restringido espacio habitacional/económico de la cueva de La Cerera. Tratándose de un reflejo material fidedigno, que presenta altas tasas de silicificaciones biogénicas, basadas de forma descendente, a medida que aplicamos filtros analíticos, en las procedentes de las plantas que se procesaron/depositaron en la cueva desde sus inflorescencias a sus hojas, tallos y por supuesto frutos, semillas en este caso porque corresponden a cereales. Los frutos de otras plantas...bueno, probablemente estaban, pero no podemos atestiguar su representación en los registros microscópicos que nos

---

<sup>11</sup> Aun deben realizarse trabajos concretos que atiendan a la correlación entre los sedimentos analizados y las piezas de molturación recuperadas. La complejidad de los procesos de excavación llevados a cabo en el yacimiento, así como la disposición real de dichas piezas en la estratigrafía del mismo, que no ha sido abordada en esta Tesis, dado que entendíamos que sus objetivos —pese a haberlo podido contemplar— resultaban demasiado ambiciosos para su talante de aproximación a tan compleja disciplina de estudio, más en su aplicación arqueobotánica.



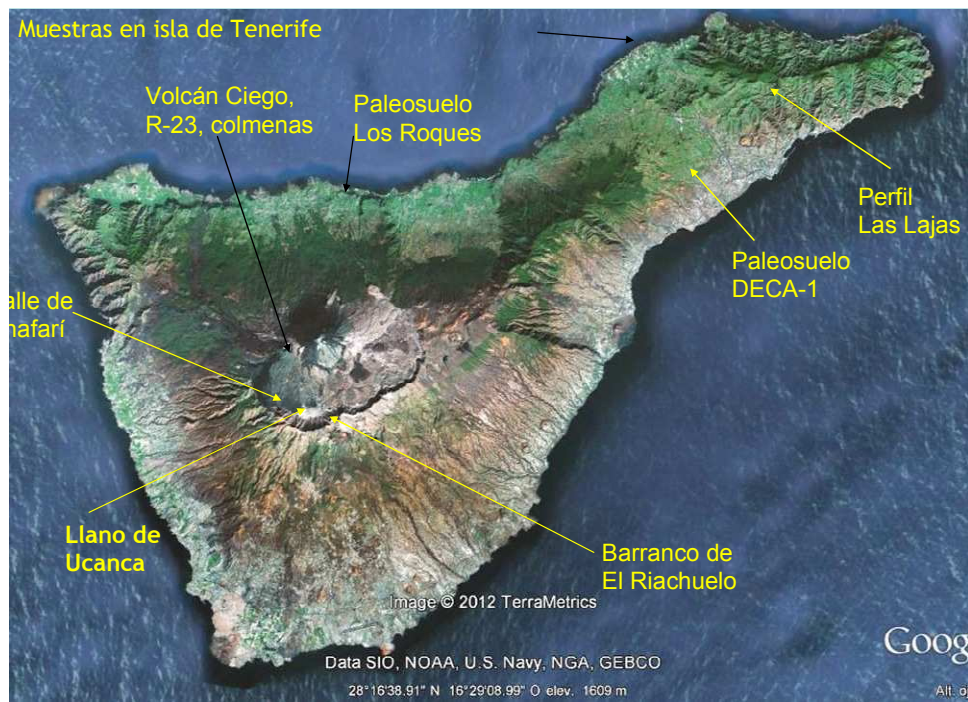
sirven de base empírica. Lo cierto es que el medio ambiente, parcialmente “creado” en el Arucas prehistórico, también puede ser identificado mediante el registro de microfósiles de base silícea presente en el sedimento que envuelve las industrias de molturación. El acierto de la estrategia de los arqueólogos, que excavaron el yacimiento, es aquí...pleno, al no proceder a la limpieza ni lavado de dichas industrias. El resultado es que probablemente podríamos reconstruir, al menos de forma aproximada, el medio vegetal contextual (nativo) del yacimiento, y por supuesto el que involucra a los pobladores del mismo en las secuencias, que refleja el depósito sedimentológico donde incluimos el nivel CE-2.2a, dado que sus conjuntos microfósiles no son diferentes, en lo cualitativo, del resto de niveles.

Pero si esos son el “contexto ambiental nativo” y el “ambiental modificado antrópicamente”, cuya conjunción supuso un paisaje nuevo y original, mientras se mantuvieron las estructuras económico-sociales aborígenes, el registro que hemos intentando obtener de las piezas líticas va un paso más allá y nos sitúa, directamente, en la derivación de la práctica agrícola: el procesado y consumo de cereales. Y lo hacemos abandonando la preeminencia, que agradecemos, de los microfósiles de base silícea para adentrarnos en otros cuya repercusión económica, alimenticia, incluso individual, es en muchas ocasiones más directa. Efectivamente los gránulos de almidón, porque debemos distinguir varias clases, están presentes, de forma desigual, en los residuos de las industrias de molturación, en algunos casos de forma muy concentrada para la escasa cantidad de muestra analizada. Por ello no parece aventurado plantear que éstas han funcionado como evidencias complementarias, proveedoras de datos de igual naturaleza, de los obtenidos con la caracterización parcial de sedimentos y de su registro microfósil.

La conclusión de todo ello es que una parte de los residuos puede ajustarse a la hipótesis de que, efectivamente, existe la posibilidad de valorar la vinculación de los registros en ellos contenidos con una determinada funcionalidad, siendo la más plausible el molturado de semillas de cereales e incluso –de forma más compleja de verificar– el de leguminosas u otra planta que presentara reservas en forma de almidón. Las respuestas aquí parecen ser claras en cuanto a la existencia de una práctica vinculada a especies vegetales cultivadas, siendo la cebada el caso más evidente, con la molturación de sus granos más o menos tostados. En el caso de las otras plantas desde luego que debe incluirse el helecho, o más concretamente su rizoma. Por el momento las características de sus gránulos de almidón no han sido comparadas con las de cereal, con lo cual no disponemos de criterio empírico para ofrecer una inferencia discriminante, lo que sí parece poder hacerse con las silicificaciones presentes en los residuos, que indican mucha semejanza con las desarrolladas en dicho rizoma.

Pero pese a las numerosas cuestiones que quedan por resolver, el complejo y arduo tratamiento, y estudio, de los residuos de las industrias analizadas revela ya algunas líneas a seguir, algo que parece confirmar su idoneidad.

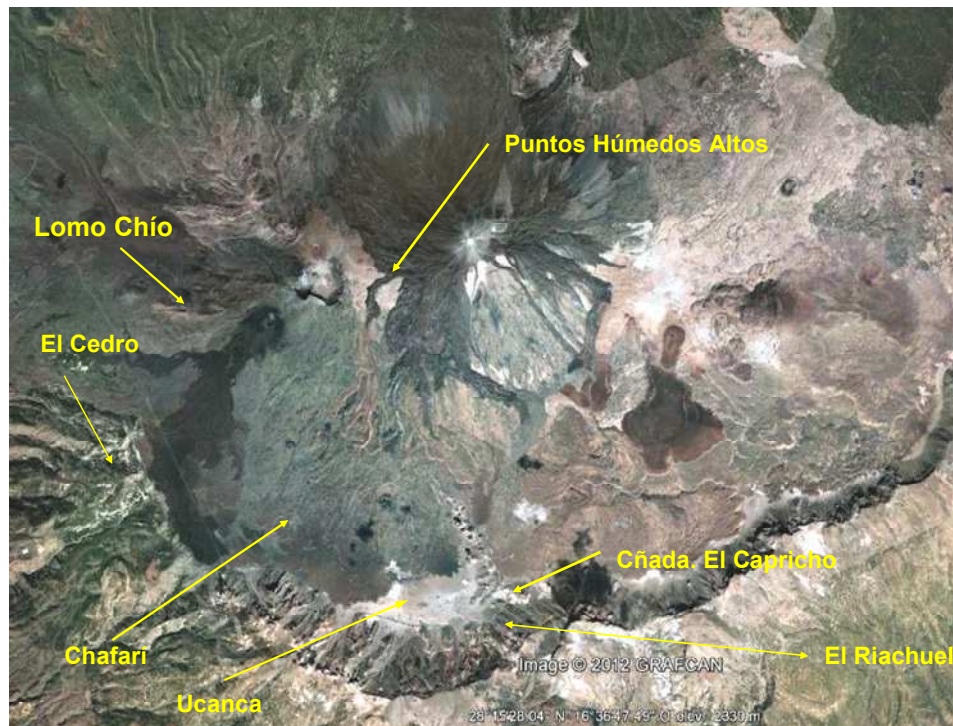
Anexo II: Localizaciones de zonas de muestreo.



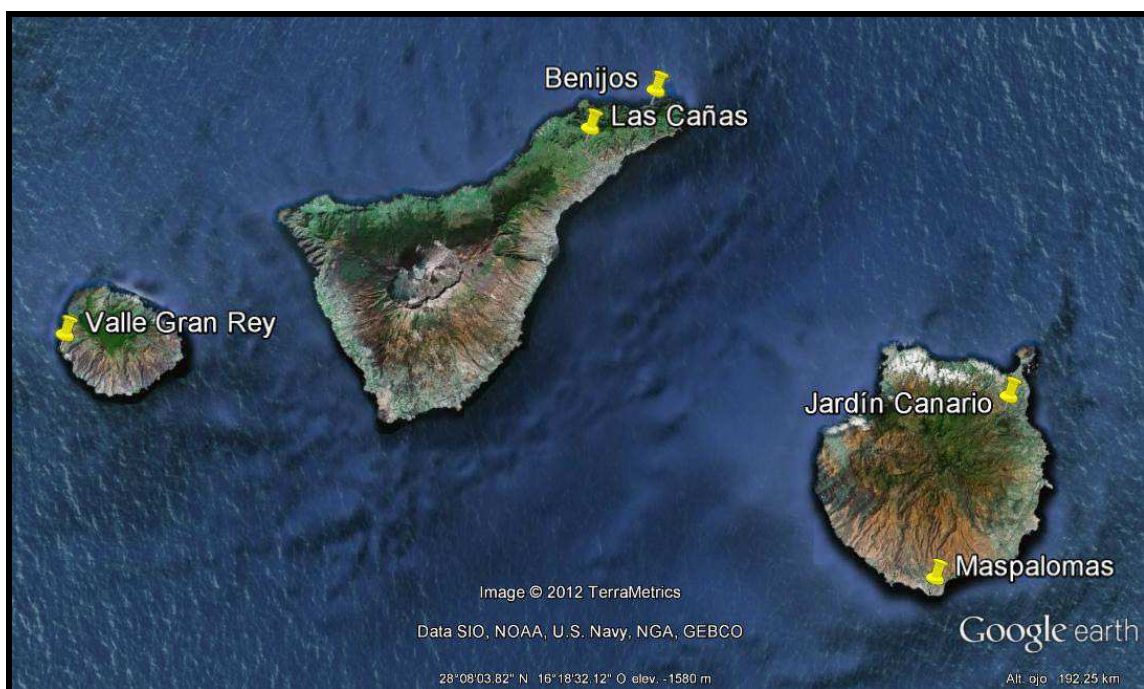
Zonas de muestreo de suelos y sedimentos en la isla de Tenerife.



Muestras de Gran Canaria



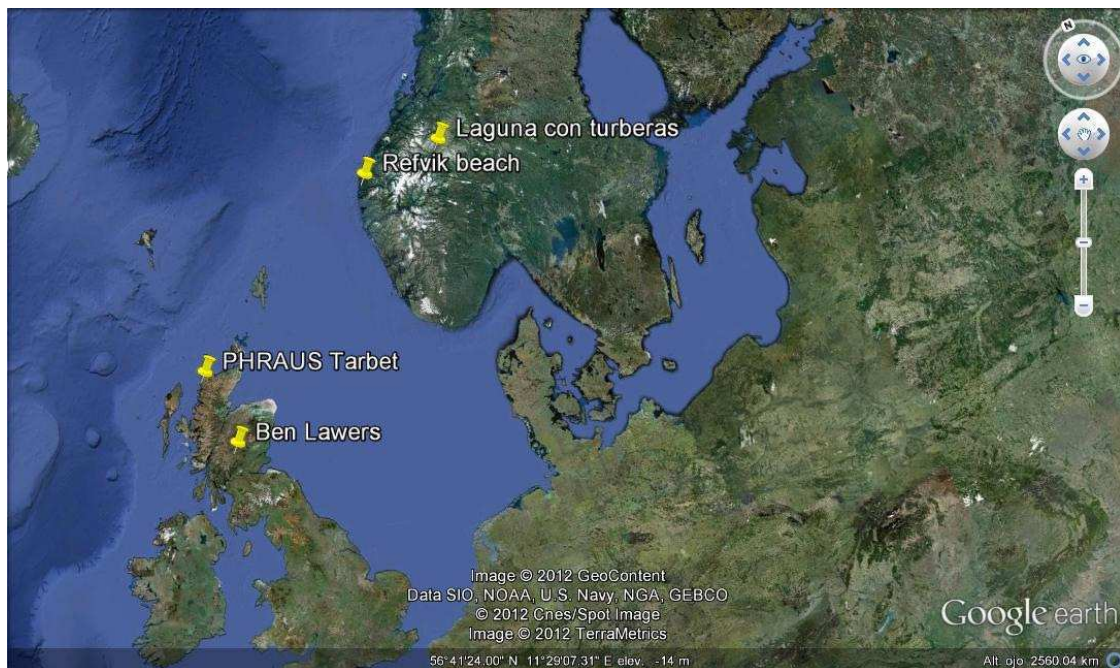
Zonas de muestreo en Las Cañadas del Teide.



Localizaciones de muestreos de *Phragmites australis* en Canarias.



Localizaciones muestreos de *Phragmites australis* y sedimentos acuáticos en la Península Ibérica.



Zonas de muestreo de *Phragmites*, sedimentos acuáticos y heces fecales de herbívoros actuales en Europa.

## Anexo III

### Contenidos

- Índice de Figuras
- Índice de Gráficos
- Índice de Tablas

## Índice de figuras

Pág.

- Figura 1**, La Historia de un Lugar no siempre nos será tan amablemente sugerida, el paso del tiempo hará que ni las construcciones que la ampararon se conserven. Será el momento de la Microarqueología. J.A.....8
- Figura 2**, Rasa marina sobre la Formación Tereñes (Asturias), que presenta estratos con icnitas del Jurásico bajo un nivel de margas grises/limos fuertemente carbonatados, que pudieron formar parte de un lago interior, los mismos que van siendo “tragados” por el mar. Se trata sin dudas de las muestras más antiguas analizadas en esta Tesis doctoral.....11
- Figura 3** (Izqda.), Fragmento de molino perteneciente a La Cerera (Fondos del Museo Canario, Las Palmas de Gran Canaria).....16
- Figura 4** (Drcha.), Pieza cerámica de Las Cañadas del Teide (Fondos del Museo Arqueológico del Puerto de La Cruz, Tenerife). Ambos muestreados para la realización de análisis de microfósiles en residuos. J.A. .... 16
- Figura 5**, Vista panorámica parcial de los dos grandes circos que forman Las Cañadas del Teide. Una extensión geológica, biológica y arqueológica que guarda buena parte de la Prehistoria de Tenerife. No sabemos desde cuando, pero fue un territorio que perteneció a los primeros pobladores de la Isla: los guanches. ....20
- Figura 6**, Perfil artificial realizado en la Vega de La Laguna para llevar a cabo una construcción. La profundidad alcanzada permite observar los antiguos suelos de esta zona (marrón oscuro) y donde quizás puedan encontrarse tanto restos de plantas nativas como introducidas (cultivos) .....22
- Figura 7**, La conjunción de silicofitolitos de cereales (A) y quistes de microalgas crisofitas (B) en el sedimento de La Cerera vaticinó mayores esfuerzos interpretativos sobre los registros microfósiles de este yacimiento. Una relación entre ambos suponía su estudio por separado y en conjunto, entendiéndose que así lo exigía una perspectiva arqueológica interdisciplinar .....24
- Figura 8**, Probable fragmento de goma de calzado histórico en las cercanías del Barranco de La Arena (Las Cañadas). Una zona con profusión de evidencias de este tipo, que atestiguan las actividades de subsistencia llevadas a cabo en la misma hasta hace menos de 100 años .....27
- Figuras 9 y 10**, La capacidad regenerativa del medio vegetal es una realidad, incluso tras agresiones propias de la más moderna tecnología humana. Pero su vuelta, al grado de bosque maduro, supone una dura enseñanza —para los humanos— sobre la lentitud en el desarrollo de los recursos vegetales originales. En las imágenes, un antes y un después en el mismo punto de la Selva de Irati (Valle de Salazar, Navarra). Tomadas en diciembre 2003 y septiembre 2009 respectivamente. J.A. ....29
- Figura 11** (Izqda.), Silicofitolito descrito como *Globulolithum sphaeroechinulathum* en la clasificación propuesta por Zucol & Brea (2005) y presente en *Phoenix dactylifera*, y otras especies de palmeras. De este modo habría que definir también —aunque con apreciables diferencias morfológicas— el de la **Figura 12** (Drcha.), perteneciente a *Phoenix canariensis*, que mediante la clasificación conocida como ICPN 1.0 (Madella et al., 2005) se nombraría como globular echinate phytolith, con traducción al español como fitolito globular equinado (con ornamentación de picos). J.A. ...32

<b>Figura 13</b> , Los requerimientos de nuevos productos vegetales determinan cambios en la explotación tradicional del suelo. En este caso ejemplificado con el paso del encinar nativo, de tipo abierto y seco, a cultivos industriales de regadío, de la meseta castellana (afueras de Salamanca, curso del Tormes). .....	36
<b>Figura 14</b> (Izqda.): Fitolito de célula larga equinada/dendriforme (elongate echinate/dendriform long cell phytolith, ICPN 1.0), en coprolito humano de la Parroquia de La Concepción-95. <b>Figura 15</b> (Dcha.), Matriz de almidones de cereales del grupo <i>Triticeae</i> ( <i>Triticeae</i> starchs) detectada en una muestra de tejido vegetal de origen arqueológico (Bco. de Guayadeque, Gran Canaria), bajo luz polarizada. Fotos: J.A. ....	41
<b>Figura 16</b> (Izqda.), Esqueleto silíceo de cereal. <b>Figura 17</b> (Drcha.), Tejido vegetal con cristales romboédricos de oxalato de calcio, probablemente de una leguminosa comestible. Ambos en el residuo intestinal de restos humanos del Bronce de la Península Ibérica, aun en estudio. ....	44
<b>Figura 18</b> (Izqda.), Cristalización ramificada en la epidermis de uva roja «Red globe». <b>Figura 19</b> (Drcha.), Pasta alimenticia de trigo, amasada con agua y observada bajo tinción yodada. Nótese la ausencia de almidones, al contrario que en la <b>Figura 15</b> (Guayadeque), cuya presencia en la pasta únicamente se percibe por la reacción, común de tales compuestos, a la tinción de yodo (color malva-azulado). En este caso el proceso de gelatinización se ha completado, no existiendo ninguna posibilidad de estudiar almidones aislados al microscopio, aunque sigue siendo posible evidenciar su presencia por la reacción de su contenido químico. J.A. ....	44
<b>Figura 20</b> , Las escorrentías invernales en el Valle de Chafarí revelan la presencia de una carbonera histórica bajo el suelo. Como ocurre con la necesidad de valorar la intensidad de la explotación del medio vegetal, de época aborígen, habrá que hacerlo —con todos los medios posibles— con la etapa posterior. ....	62
<b>Figura 21</b> , (Izqda.): Pelos urticantes de “ortiga” ( <i>Urtica</i> sp.) tal y como los observó y dibujó R. Hooke en 1665 (tomada de Rogers, 2000). <b>Figura 22</b> (Dcha.), Imagen digital de pelos de “Ortigón” ( <i>Urtica morifolia</i> ) fotografiados a 200x tras el tratamiento de laboratorio de tejidos foliares de esta especie. Fotos: J.A. ....	65
<b>Figura 23</b> (Izqda.), Grano de polen de filiación biológica no-establecida, en residuo intestinal de un cuerpo momificado aborígen de la Cañada del Capricho (Tenerife). <b>Figura 24</b> (Drcha.), Polen de pino canario ( <i>Pinus canariensis</i> ) en sedimento de la cueva de habitación del Conjunto Arqueológico de Cascajo (Tenerife). Ambas 600x. J.A. ....	67
<b>Figura 25</b> (Izqda.) Detalle y ejemplo de concentración ( <b>Figura 26</b> , Drcha.) de algas diatomeas del género <i>Aulacoseira</i> spp. (posib. <i>granulata</i> ) en sedimentos ribereños del río Nilo (Aswan, Egipto). La presencia de esta especie es común en sedimentos de agua dulce. Muestras obtenidas por cortesía del Dr. M.A. Molinero. Ambas: 600x. J.A. ....	69
<b>Figura 27</b> (Drcha.): Piroxenos de augita (Fuente de Joco, Tenerife); <b>Figura 28</b> (Izqda.): Morfología correspondiente a un vidrio volcánico ácido (Llano de Ucanca, Las Cañadas del Teide). Ambas: 600x. Fotog.: J.A. ....	74
<b>Figura 29</b> , Diatomea pennada, en el almagre de la Fuente de El Cedro (Las Cañadas del Teide, Tenerife). 600x. Foto: J.A. ....	76

<b>Figura 31</b> , Situación de la zona muestreada del paleosuelo de Los Roques, sobre el que pueden observarse sucesivas acumulaciones de materiales eruptivos y posteriores y similares secuencias geológicas. J.A. ....	78
<b>Figura 32</b> , Marismas y marjales del Charco/Laguna de Maspalomas, con desarrollo parcial de un carrizal de <i>Phragmites australis</i> . ....	80
<b>Figuras 33 y 34</b> , Materiales prehistóricos localizados en superficie durante labores de prospección arqueológica en Las Cañadas del Teide (2003-2007). J.A. ....	84
<b>Figura 35</b> , El ambiente actual de la zona alta de Chafarí, en la zona conocida como los Asientos de Pedro Méndez, una confluencia de paisaje volcánico, materiales aluviales y vegetación de matorral de montaña en extensión. J.A. ..	87
<b>Figura 36</b> (Izqda.), Dibujo de elemento microscópico presente en la raíz de <i>Spartocytisus supranubius</i> y que puede clasificarse dentro del grupo de los fitolitos presentes en el xilema de la planta. <b>Figura 37</b> (Centro) y <b>Figura 38</b> (Drcha.), células lignificadas (esclereidas) en la vaina de la misma planta. 400x. J.A. ....	90
<b>Figura 39</b> , Parte de los conjuntos microfósiles presentes en los sedimentos de La Cerera (CE-2.5), formados en este caso por fragmento de silicofitolito trapezoidal sinuoso (1), quiste de crisofita (2), fragmentos de silicofitolitos de células largas equinadas/dendriformes (3) y microcarbones (partículas en negro). 600x. J.A. ....	93
<b>Figura 40</b> , Dos microfósiles vegetales presentes en el sedimento de La Cerera (CE-2.5) como un quiste ovalado con collar de un alga crisofita (blanco) y un silicofitolito globular equinado de palmácea (amarillo), en la misma preparación de sedimento arqueológico. 600x. J.A. ....	94
<b>Figura 41</b> (Izqda.), Observación al microscopio óptico (Dpto. Prehistoria, ULL). <b>Figura 42</b> (Drcha.), Tratamiento de sedimentos arqueológicos y suelos mediante decantación (Laboratorio de Edafología y Geología, ULL). J.A. ....	95
<b>Figura 43</b> El Perfil Coromoto tras las perforaciones realizadas para la extracción de muestras de suelo. <b>Figura 44</b> (Drcha.), Parte de lo que nos encontramos “dentro” al mirarlas al microscopio óptico: numerosos microcarbones (negro opaco) y los primeros fragmentos de lo que podían ser fitolitos de sílice (flechas en blanco). 600x. J.A. ....	97
<b>Figura 45</b> , Silicofitolito de apéndice epidérmico <i>Poaceae</i> , gravemente afectado por un proceso de disolución de la sílice que lo constituye, y que evidencia la afectación de procesos tafonómicos adversos, en este caso vinculados a condiciones alcalinas y/o circulación hídrica. El Perfil Coromoto (muestra PC-70 cm.) comenzaba a mostrarnos parte de su historia, ofreciéndonos información encriptada pero real, bajo la forma de partículas biominerales (fitolitos), minerales (limos y arenas) y microcarbones. 600x. J.A. ....	98
<b>Figura 46</b> . Recolección de taxones vegetales en Las Cañadas, con la indispensable ayuda del personal del Parque Nacional del Teide. J.A. ....	108
<b>Figura 47</b> , Campos cultivados con centeno ( <i>Secale cereale</i> ) en la actualidad. Los Rodeos (La Laguna). ....	109



<b>Figura 48</b> , Joven ejemplar de taginaste ( <i>Echium</i> sp.) entre cantos y gravas al comienzo del Camino de Las Siete Cañadas J.A. ....	116
<b>Figura 49</b> , Ejemplares de <i>A. calderae</i> desarrollándose en una planta de cabaña aborígen (Colmenar IV). ....	126
<b>Figura 50</b> , Pastizales primaverales de <i>Arrhenatherum calderae</i> con ejemplares dispersos de <i>Adenocarpus viscosus</i> en los altos de la Cañada de Pedro Méndez. J.A. ....	134
<b>Figura 51</b> (Izqda.), Fitolito de célula corta <i>Pooideae</i> . <b>Figura 52</b> (Drcha.), Posible fragmento de fitolito de célula corta <i>Panicoideae</i> . Ambas observadas en muestras del Perfil BLACH-1, muy probablemente de cronología pre-holocénica. Ambas 600x. J.A. ....	135
<b>Figura 53</b> , Aspecto invernal del Barranco de La Arena (tramo inferior), donde puede destacarse la asociación de retamar con “rosalito de cumbre” colonizando las zonas laterales del cauce, ocupado en su zona central por paquetes arenosos. J.A. ....	152
<b>Figura 54</b> , Cedro de Montaña Rajada, “La Matriarca”. J.A. ....	157
<b>Figura 55</b> , Matas de <i>Carex paniculata</i> aplastadas por el aumento del caudal del Barranco del Riachuelo con ocasión de episodios de fuertes precipitaciones (diciembre de 2010). ....	162
<b>Figura 56</b> , Inflorescencia de <i>Phragmites australis</i> correspondiente al taxón recolectado en los marjales del Río Orio, cercano a Zarautz (Guipúzcoa). La recolección sistemática de esta especie, en diferentes localidades situadas entre las latitudes 31-62°N, ha permitido plantear que se trata de varias subespecies presentes en el mismo tipo de ecosistemas (marismas y marjales monoespecíficos), pero con diferencias taxonómicas propias del proceso adaptativo a cada uno de ellos. ....	174
<b>Figura 57</b> , Estrato geológico con icnitas de la Formación Tereñes (Jurásico superior), en la playa/acantilados del mismo nombre. El nivel limoso muestreado correspondería al situado sobre esta plataforma, que habría resultado eliminado por la erosión costera. J.A. ....	176
<b>Figura 58</b> , Croquis de la estructura de combustión de CH-N <sub>3</sub> .....	190
<b>Figura 59</b> , Labores de muestreo en los restos humanos de la Cañada del Capricho, en este caso para la extracción de posibles residuos de alimentos alojados en la zona abdominal. ....	194
<b>Figura 60</b> (Izqda.), Fitolito de apéndice epidérmico en hojas de <i>Agrostis</i> sp. (Taxón de Kjenndal Glacier, Noruega), una de las tipologías más comunes en contextos edáficos y arqueológicos. <b>Figura 61</b> (Drcha.), conjunto de silicificaciones en hojas de <i>Zea mays</i> (taxón de La Esperanza, Tenerife), una de las especies más estudiadas con objetivos arqueobotánicos en América del Sur. Ambas 600x. J.A. ....	205
<b>Figura 62</b> (Izqda.), Fitolito de célula larga trapezoidal de bordes sinuosos, en suelos de Las Cañadas del Teide, 600x. <b>Figura 63</b> (Drcha.), Fragmento de vidrio volcánico microscópico en la misma muestra. 400x. J.A. ....	213
<b>Figura 64</b> , Coloración de fitolito de célula paralelepípeda en <i>Brachypodium sylvaticum</i> . <b>Figura 65</b> , Variaciones de color en fitolitos de traqueidas facetadas en <i>Ocotea foetens</i> . Ambas 600x. ....	215
<b>Figura 66</b> (Izqda.), Silicofitolito globular equinado en hojas de <i>Phoenix canariensis</i> (taxón Jardín Botánico del Puerto de La Cruz). <b>Figura 67</b> (Drcha.),	

Morfología similar en hojas de <i>Phoenix dactylifera</i> (taxón Puerto de La Cruz), Estudio SEM (ULL, Servicios Generales). Ambas 2000x. J.L./ J.A. ....	219
<b>Figura 68</b> (Drcha.), Células cortas bilobuladas en hojas <i>Hiparrhenia hirta</i> .	
<b>Figura 69</b> (Izqda.), Células cortas trilobuladas en la misma especie, clasificables dentro del complejo panicoide propio de la subfamilia <i>Panicoideae</i> . Ambas 600x. J.A. ....	223
<b>Figura 70</b> (Izqda.), Fitolitos de células largas dendriformes y sección elíptica en hojas de <i>Arrhenatherum calderae</i> . <b>Figura 71</b> (Drcha.), Sección altamente silicificada (esqueleto silíceo) de la epidermis de los tallos de la misma especie y taxón (El Portillo, Tenerife). Ambas a 600x. J.A. ....	224
<b>Figura 72</b> , Carrizal mono específico de <i>Phragmites australis</i> anegado por la pleamar, en las marismas de la Ría de Urdaibai (Guipúzcoa, Euskadi). <b>Figura 73</b> (Drcha.), Fitolito de célula buliforme cuneiforme (o también <i>Arc:Triangle</i> ) en hojas del taxón de <i>Phragmites australis</i> recolectado en los marjales del río Orio (Zarautz, Guipúzcoa), 600x.J.A. ....	226
<b>Figura 74</b> (Izqda.) Células buliformes cuneiformes en hojas de <i>Arundo donax</i> (taxón de San Roque) y de <i>Imperata cylindrica</i> (taxón de Arguineguin) <b>Figura 75</b> (Drcha.) 400x y 600x respectivamente. J.A. ....	227
<b>Figura 76</b> (Izqda.), Silicofitolito <i>Poaceae</i> de célula larga liso ( <i>elongate psilate Poaceae phytolith</i> ) y <b>Figura 77</b> (Drcha.), diatomea céntrica (Drcha.) del género <i>Aulacoseira</i> sp. identificados en muestras de polvo sahariano, captadas durante un episodio de calima del año 2004 sobre Tenerife, 400x. J.A. ....	231
<b>Figuras 78 y 79</b> , Células largas rectangulares lisas con puntuaciones (Izqda.) y onduladas (Drcha.), ambas en hojas de <i>Agrostis</i> sp. (taxón del glaciar de Kjenndal). Ambas: 600x. ....	237
<b>Figura 80</b> (Izqda.), Fitolito globular/esférico con picos o equinado ( <i>globular echinate phytolith</i> ) en troncos de <i>Phoenix canariensis</i> . <b>Figura 81</b> (Drcha.), Fitolitos de células cortas en forma de cruz ( <i>cross short cell phytolith</i> , ICPN 1.0) en hojas de <i>Zea mays</i> . Ambas 600x. J.A. ....	239
<b>Figura 82</b> (Izqda.), Tricoma completo de hojas de <i>Ficus carica</i> . <b>Figura 83</b> (Drcha.), Fragmento de tricoma similar localizado en antiguas tierras de labor de Tenerife (Valle Jiménez). 400 y 600x respectivamente. J.A. ....	239
<b>Figura 84</b> (Izqda.), Fitolito de célula larga aislado en hojas de millo/maíz ( <i>Zea mays</i> ), que en origen podía presentar ornamentación de picos o equinada ( <i>echinate</i> , ICPN 1.0). <b>Figura 85</b> (Drcha.), Fitolitos de células largas y ornamentación dendriforme, aislados en las cubiertas del grano de <i>cebada de seis carreras</i> ( <i>Hordeum vulgare</i> var. <i>hexastichum</i> ). Ambas 600x. ....	243
<b>Figura 86</b> (Izqda.), Esqueleto silíceo en las envueltas florales de <i>Hordeum vulgare</i> var. <i>hexastichum</i> . <b>Figura 87</b> (Drcha.), el mismo en <i>Hordeum vulgare</i> var. <i>distichon</i> . Ambas 600x. J.A. ....	246
<b>Figura 88</b> (Izqda.), Granos vestidos de <i>Aegilops</i> sp. mostrando las grandes aristas de sus envueltas florales. <b>Figura 89</b> (Drcha.), Esqueleto silíceo procedente del residuo de las cubiertas florales del grano de <i>Aegilops</i> sp. tras los tratamientos de laboratorio. 600x. J.A. ....	247
<b>Figura 90</b> (Izqda.), Esqueleto silíceo en el grano de <i>Avena sativa</i> . <b>Figura 91</b> , esqueleto silíceo en el grano de <i>Panicum milliaceum</i> . 600 y 400x respectivamente. J.A. ....	249

<b>Figura 92</b> (Izqda.), Esqueleto silíceo con células bilobuladas entre formas alargadas dendriformes, en tejidos de <i>Arundo donax</i> . <b>Figura 93</b> (Drcha.), Células cortas y largas en la misma especie. Ambas 600x. J.A. ....	250
<b>Figura 94</b> (Izqda.), Traqueidas facetadas ( <i>tracheid long cell phytoliths</i> ) en hojas de <i>Ocotea foetens</i> . <b>Figura 95</b> (Drcha.), Morfotipo similar localizado en suelos de laurisilva (Las Quebradas, Parque Rural de Anaga) con desarrollo de esta misma especie, a la que muy probablemente pertenece. Ambas 600x. ....	253
<b>Figura 96</b> (Izqda.), Traqueida con engrosamientos anulares en hojas de <i>Hiparrhenia hirta</i> . <b>Figura 97</b> (Drcha.), el mismo tipo de fitolito —pero con apreciables diferencias— en hojas de <i>Laurus novocanariensis</i> . Ambas 600x. ....	254
<b>Figura 98</b> (Izqda.), Fitolito de célula corta tipo <i>saddle</i> en hojas de <i>Chloris gayana</i> (vista de perfil). <b>Figura 99</b> (Drcha.), Fitolito del mismo tipo, de la misma especie, en vista polar, quizá donde mejor pueden apreciarse los dos bordes cóncavos. Ambas: 1000x. J.A. ....	256
<b>Figura 100 y 101</b> , Formas bilobuladas o panicoides en <i>Imperata cylindrica</i> (Izqda.) y <i>Arundo donax</i> respectivamente (Drcha.). Ambas: 600x. J.A. ....	258
<b>Figura 104</b> (Izqda.), Célula cónica en la inflorescencia de <i>Hordeum vulgare</i> var. <i>hexasticum</i> . <b>Figura 105</b> (centro) y <b>Figura 106</b> (Drcha.), células similares en <i>H. vulgare</i> var. <i>distichon</i> . 600x y 1000x respectivamente. ....	260
<b>Figura 107</b> (Izqda.), Célula corta de forma elíptica localizada en sedimento acuático del arroyo de Batisielles (Benasque). <b>Figura 108</b> (Drcha.), Célula corta redondeada proveniente de la fracción limo del yacimiento de Ambrona. Ambas 600x. ....	261
<b>Figura 109</b> (Izqda.), Conos con apéndices simples y dobles en <i>Carex</i> sp. (posibl. <i>paniculata</i> spp. <i>calderae</i> ). En vista polar, <b>Figura 110</b> (Drcha.), Morfotipo similar en <i>Carex</i> sp. (posibl. <i>tumidicarpa</i> ) en vista de perfil. Ambas 600x. J.A. ....	263
<b>Figuras 111</b> , Fitolito en bloque rectangular con múltiples planos o facetas. <b>Figuras 112</b> , Fitolito de elemento traqueal del xilema o traqueida, con sus característicos engrosamientos anulares. Ambas en <i>Carex tumidicarpa</i> y 600x. ....	264
<b>Figura 113</b> , Tres morfologías globulares, en horizonte superficial del Palmeral del Ingenio (Vallehermoso, La Gomera). 600x. ....	266
<b>Figura 114</b> (Izqda.), Morfotipo globular en corteza de <i>Erica arborea</i> . <b>Figura 115</b> (Drcha.), la misma morfología con tendencia más esférica en troncos de <i>Myrica faya</i> junto a cristales romboedrales de oxalato. Ambas: 600x. J.A. ....	268
<b>Figura 116</b> , Conjunción de fitolitos globulares lisos (en blanco) en troncos de <i>Pinus canariensis</i> y fusiformes de oxalatos de calcio (transformados en pseudomorfos de calcita), en amarillo. 600x. J.A. ....	270
<b>Figura 117</b> , (Izqda.), Silicificación tipo <i>puzzle</i> en frondes de <i>Pteridium aquilinum</i> . <b>Figura 118</b> (Drcha.), De tipo alargado y sección triangular en el interior del rizoma de la misma especie. Ambas: 600x. J.A. ....	271

<b>Figura 119</b> (Izqda.), Silicificación masiva, sinuosa y parcialmente facetada en los frondes de <i>Blechnum spicant</i> . <b>Figura 120</b> (Drcha.), de tipo puzzle en la misma zona de esta planta. Ambas 600x. J.A. ....	272
<b>Figura 121</b> , Cuerpo silicificado angular y sección triangular en la cubierta del rizoma de <i>Pteridium aquilinum</i> . 600x. ....	272
<b>Figura 122</b> (Izqda.), Elementos en forma de panal. <b>Figura 123</b> (Drcha.), Elemento triangular con ornamentación rugosa. Ambas en residuos de analíticos de <i>Pteridium aquilinum</i> y 600x. ....	273
<b>Figura 124</b> (Izqda.), Fitolito alargado, facetado y márgenes angulosos . <b>Figura 125</b> (Drcha.), una morfología similar a la anterior pero vista en sección. Ambas se observan entre minúsculas morfologías globulares silicificadas, en residuo <i>Dry ashing</i> de acículas de <i>Pinus canariensis</i> . Ambas 600x. ....	274
<b>Figura 126</b> , Elemento sección circular con puntuaciones, 600x. ....	275
<b>Figura 127</b> (Izqda.), Fitolito de apéndice epidérmico de base oval en <i>Avena sativa</i> . <b>Figura 128</b> (Drcha.), Fitolito de apéndice epidérmico masivo en <i>Bromus tectorum</i> . Ambas 600x. ....	276
<b>Figura 129</b> (Izqda.), Dos ejemplares de tricomas de <i>Ficus carica</i> (hojas). <b>Figura 130</b> (Drcha.), Ejemplar completo de tricoma con mayor curvatura. Ambas en el taxón recolectado en La Esperanza (variedad común) y 300x, .....	277
<b>Figuras 131 y 132</b> , Fitolitos de células buliformes en <i>Phragmites australis</i> . Izquierda: taxón de Benijos, Drcha.: Jardín Canario (Tafira alta). Ambas 600x.....	278
<b>Figuras 133 y 134</b> , Izqda.: taxón de <i>Phragmites australis</i> de Catoira (Ría de Arousa), 600x. Drcha.: Dibujo con determinación de medidas en principales ejes de simetría de célula similar detectada en sedimentos arqueológicos de La Cerera (CE-2.2a). ....	278
<b>Figura 135</b> (Izqda.), Buliformes en <i>Pseudosasa japonica?</i> (Taxón Apagoeta, Euskadi). <b>Figura 136</b> (Drcha.), Buliforme en <i>Cynodon dactylon</i> (Taxón del Puerto de La Cruz, Tenerife). Ambas 600x. ....	279
<b>Figura 137</b> (Izqda.), Cristales trapezoedrales en una dicotiledónea observados al microscopio electrónico. <b>Figura 138</b> (Drcha.), cristales romboedrales en troncos de <i>Myrica faya</i> , microscopio óptico, 600x. J.A. ....	286
<b>Figura 139</b> (Izqda.), Drusas de oxalato en <i>Silene berthelotiana</i> , luz transmitida convencional. <b>Figura 140</b> (Drcha.), las mismas bajo luz polarizada. Ambas: 400x. ....	287
<b>Figura 141</b> , Oxalatos de calcio agrupados en rafidio en <i>Dracaena drago</i> , 600x. <b>Figura 142</b> (Drcha.), En <i>Rubia fructicosa</i> (400x). ....	287
<b>Figura 143</b> , Arena de cristales de oxalato en troncos de <i>Juniperus turbinata</i> , 600x. ....	288
<b>Figura 144</b> (Izqda.), Pequeño cristal de oxalato en <i>Apollonias barbujana</i> . <b>Figura 145</b> (Drcha.), grandes cristales aciculares en <i>Phoenix canariensis</i> . Ambas: 600x.....	289
<b>Figura 146</b> (Izqda.), Oxalato estiloide en troncos de <i>Pinus</i> sp. (pos. <i>sylvestris</i> ) calcinados a 400°C y observado a 600x. <b>Figura 147</b> (Drcha.), Morfotipo similar en troncos de <i>Pinus canariensis</i> calcinados a 350°C (400x). Pese a la manifiesta similitud morfométrica de este tipo de oxalatos, su singularidad	

puede considerarse como de diagnóstico al menos a nivel de género. J.A. ....	290
<b>Figura 148</b> (Izqda.) Aspecto de una cristalización de oxalato/pseudomorfo de calcita a una temperatura que aun no ha modificado su estructura interna y morfología. <b>Figura 149</b> (Drcha.) Cristalización similar a la anterior pero ya propia de un pseudomorfo de calcita, con variaciones asociadas al incremento de la temperatura de combustión (Drcha). 600x. J.A. ....	292
<b>Figuras 150</b> (Izqda) y <b>151</b> (Drcha.), Gránulo de almidón en coprolito humano del siglo XVIII (Iglesia de La Concepción, S/C. de Tenerife). Aunque la partícula ya puede identificarse con luz transmitida normal (Izquierda), es al aplicar polarización completa (polarizador + analizador) cuando se hace visible la cruz de extinción de luz, que confirma la naturaleza semi-cristalina del almidón. Ambas a 400x. ....	297
<b>Figura 152</b> , Gránulos de almidón en sarro dental actual, 400x. J.A. ....	300
<b>Figura 153</b> Gránulo de almidón en harina de centeno ( <i>Secale cereale</i> ), luz polarizada, vista lateral. <b>Figura 154</b> (Drcha.), en rizoma de <i>Pteridium aquilinum</i> , vista polar. Ambas: 600x. J.A. ....	301
<b>Figura 155</b> (Izqda.), Gránulos de almidón en cálculo dental de la Iglesia de La Concepción, Vista planar. <b>Figura 156</b> (Drcha.), Gránulos en grano molturado de maíz/millo, vista planar. Ambas a 600x. J.A. ....	301
<b>Figura 157</b> (Izqda.), Diatomeas céntricas del género <i>Aulacoseira</i> (ant. <i>Melosira</i> ) en sedimentos del río Nilo (Aswan, Egipto). <b>Figura 158</b> (Drcha.), Diatomea pennada detectada en suelo del Llano de Ucanca (Las Cañadas, Tenerife), propuesta —de forma preliminar— como <i>Pinnularia streptoraphe</i> . 400x y 600x respectivamente. ....	304
<b>Figura 159</b> (Izqda.), Fragmento de diatomea pennada del género <i>Hantzschia</i> sp. en sedimentos arqueológicos de La Cerera (Ce-2.2 b), 600x. <b>Figura 160</b> (Drcha.), fragmento de diatomea céntrica en suelos de laurisilva (Anaga, Tenerife), 200x. J.A. ....	308
<b>Figura 161</b> , Imagen del residuo existente en los filtros de una estación depuradora de aguas residuales urbanas, formado casi en su totalidad por fragmentos de valvas de diatomeas y quistes de crisofitas. En primer plano un ejemplar del género <i>Staurosira</i> sp. 600x. J.A. ....	311
<b>Figuras 162</b> y <b>163</b> , Valvas de diatomeas de simetría bilateral en el sedimento de la <i>Fuente de La Piedra</i> . Del género <i>Diploneis</i> sp. (Izqda.) y un fragmento de <i>Surirella</i> sp. (Drcha.). Ambas 600x. J.A. ....	316
<b>Figura 164</b> (Izqda.), Quiste esférico con collar complejo (corte óptico). <b>Figura 165</b> (centro), Quiste elipsoidal con collar cónico (corte óptico). <b>Figura 166</b> (Drcha.), Quiste ovalado con collar complejo (corte óptico). Todos localizados en sedimentos arqueológicos de La Cerera. 1000x. J.A. ....	322
<b>Figura 167</b> (Izqda.), Dibujo de quiste localizado en suelos del Llano de Ucanca (Perfil R-18, Bt1). <b>Figura 168</b> (Drcha), Dibujo de quiste localizado en sedimento superficial de charcos del Barranco del Riachuelo (Las Cañadas del Teide). J.A. ....	323
<b>Figura 169</b> , Primera detección de quistes de crisofitas en sedimentos arqueológicos de El Tendal (La Palma), donde puede apreciarse la rotura de la	

pared silicificada de uno de ellos. Equipo SEM del CCMA (2002, CSIC, Madrid). Escala 20 µm. F.P <sup>1</sup> /A.P <sup>2</sup> /J.A. ....	326
<b>Figura 170</b> (Izqda.), Espícula en niveles arqueológicos de La Cerera, 600x.	
<b>Figura 171</b> (Drcha.) posible fragmento de espícula en residuos bioantropológicos del yacimiento prehistórico de Galera (Murcia), 400x. J.A. ....	329
<b>Figura 172</b> (Izqda.), Fragmento de espícula de esponja, 600x. <b>Figura 173</b> (Drcha.), Detalle de fragmento similar al anterior, donde pueden observarse las dimensiones de las paredes (altamente silicificadas) con respecto al canal interno, 604x. ....	331
<b>Figura 174</b> , Espícula de esponja localizada en el sedimento de la Ría de Villaviciosa, que debe corresponder a una especie propia de aguas salobres. 600x. ....	331
<b>Figura 176</b> (Izqda.), Fragmento microscópico del material eruptivo de color blanco emitido en los primeros momentos por el Volcán de La Restinga. <b>Figura 177</b> (Drcha.), Fragmentos del material negro que se presentaba habitualmente como envoltura del anterior. Ambos 300x. J.A. ....	332
<b>Figuras 178-179</b> , Espículas de esponjas marinas sin someter a tratamiento térmico. 600x. ....	333
<b>Figuras 180-181</b> , Espículas de esponjas como las de las <b>Figuras 178-179</b> tras ser sometidas a 1.500 <sup>o</sup> C., 300 y 600x respectivamente. ....	334
<b>Figura 182</b> (Izqda.), Hojas de acebo ( <i>Ilex aquifolium</i> ) antes de un proceso de calcinación. <b>Figura 183</b> (Drcha.), las mismas hojas después de su calcinación en horno de mufla. El color blanco indica que se ha completado la destrucción de la mayor parte de la materia orgánica contenida en los tejidos (Jones & Case, 1990). J.A. ....	339
<b>Figura 184</b> , Esqueleto silíceo, presente en las cubiertas florales del grano de cebada de dos carreras ( <i>Hordeum vulgare</i> var. <i>distichon</i> ), aislado tras un tratamiento de doble calcinación y ataque ácido. J.A. ....	340
<b>Figura 184b</b> , Disposición de biomineralizaciones en la epidermis del fruto de <i>Phoenix canariensis</i> , observada al microscopio óptico tras el tratamiento descrito por Pinilla (1997). A ambos lados de los vasos conductores pueden observarse silicificaciones globulares (flechas en blanco), y un rafidio parcialmente desestructurado conteniendo cristales aciculares de oxalatos de calcio (flecha en amarillo). J.A. ....	342
<b>Figura 185</b> (Izqda.), Morfotipo fitolítico basado en fosfato cálcico. <b>Figura 186</b> (Drcha.), Semicuantitativo, realizado mediante sonda de rayos X, que confirma la composición del morfotipo anterior. Ambas F. Pinto (CCMA, CSIC, Madrid). ....	352
<b>Figuras 187 y 188</b> , Dos tipos de microfósiles de naturaleza carbonatada. Esferulita de fauna herbívora (Izqda.) y Oxalato de calcio transformado en pseudomorfo de calcita (Drcha.) posiblemente perteneciente al género <i>Pinus</i> sp. Ambas 600x. ....	357
<b>Figura 189</b> , Esqueleto silíceo, correspondiente a la envuelta floral de granos de cereales vestidos, con restos de la matriz arcillosa dificultando la correcta	

<sup>1</sup> Referencia a Fernando Pinto.

<sup>2</sup> Referencia a Ascensión Pinilla.

observación de sus caracteres morfométricos. En sedimento arqueológico de La Cerera, J.A. ....	360
<b>Figura 190</b> y <b>Figura 191</b> , Pseudomorfo de calcita derivado de una biomineralización de oxalato de calcio perteneciente al género <i>Pinus</i> sp., localizado en los sedimentos arqueológicos de El Tendal (La Palma). A la izquierda bajo luz transmitida convencional, a la derecha bajo luz polarizada. La ausencia de arcillas es patente tras haber aplicado a las muestras el protocolo descrito por Pinilla & Bustillo (1997), observándose la integridad de este microfósil vegetal no-silíceo. Ambas: 600x. ....	364
<b>Figura 192</b> (Izqda.), Pequeños fitolitos de gimnospermas (prob. <i>Pinus canariensis</i> ), entre limos de suelos con propiedades ándicas de la cumbre de Tenerife (Perfil R-16, ABw). <b>Figura 193</b> (Drcha.), Posible fitolito de apéndice epidérmico <i>Poaceae</i> en la estructura de combustión del yacimiento de CH-N3 (G-12, T.4). Ambos a 600x. ....	370
<b>Figuras 194-195</b> , Baño ultrasonidos Brasonic, con los botes de 50 ml y muestras en su interior. ....	372
<b>Figura 196</b> , Partículas minerales (limos) y biomineralizaciones silíceas (recuadros) en suelos de <i>Arundo donax</i> . 400x. J.A. ....	375
<b>Figura 197</b> , Silicofitolitos buliformes cuneiformes en suelo con <i>Arundo donax</i> , fracción arenas 200-50 $\mu\text{m}$ , 400x. Como puede apreciarse en la preparación, no se observan microagregados ni partículas de arcilla que dificulten la observación de todos los detalles morfométricos de este tipo de fitolitos.	
<b>Figura 198</b> , Fitolito de célula buliforme no-cuneiforme fragmentado, en suelo de <i>Arundo donax</i> (San Roque, La Laguna). 600x. J.A. ....	377
<b>Figura 199</b> . Silicofitolitos del género <i>Phoenix</i> sp. entre partículas minerales de la muestra Ph-CL-3., 400x, J.A. ....	378
<b>Figura 200</b> , Tres morfotipos esféricos/globulares en suelos del Palmeral del Ingenio (La Gomera). Obsérvese las diferencias en su ornamentación, que puede ser perfectamente comprobada por la inexistencia de partículas de arcilla en su superficie. 600x. J.A. ....	378
<b>Figura 201</b> , Pelo unciforme silicificado, aislado desde el residuo de hojas de <i>Ficus carica</i> (variedad común de Tenerife) y obtenido mediante tratamientos de laboratorio. Aquí tanto la estructura hueca, como la estrecha morfología parecen condicionar la integridad del morfotipo a fenómenos postdeposicionales benignos. 400x. ....	380
<b>Figuras 202 y 203</b> , Hojas y frutos de higuera (Variedad 1) de Valle de Jiménez fotografiados en época estival (Tenerife). ....	381
<b>Figura 204 (Izqda.)</b> , Fragmento de pelo/tricoma unciforme; <b>Figura 205</b> (Drcha.), Posible cistolito. Ambos en fracción 700-2 $\mu\text{m}$ (1000 $\mu\text{l}$ . desde 40 ml.) de suelo de higuera de Valle de Jiménez (Tenerife). 600x. J.A. ....	382
<b>Figura 206</b> , Campos de cultivo con trigo antes de la siega estival (San Diego, La Laguna). Obsérvese la barrera de cañaveral de <i>Arundo donax</i> que se sitúa a la derecha del campo de cereal. La muestra de suelo fue tomada en la zona de cultivo. J.A. ....	383
<b>Figura 207</b> (Drcha.), Fragmentos de células largas y células largas equinadas, donde quizá resulte más dañino el empleo de ultrasonidos. <b>Figura 208</b> (Izqda.), célula corta de tipo cónico. Ambas a 600x. ....	384

<b>Figura 209</b> (Izqda.), Célula buliforme cuneiforme. <b>Figura 210</b> (Drcha.), Fitolitos de apéndice epidérmico y globular/esférico equinado. Ambas a 600x. ....	385
<b>Figura 210</b> (Izqda.), Esporas fúngicas en cálculo dental, con ausencia total de partículas de arcillas tras la aplicación de ultrasonidos. <b>Figura 211</b> (Drcha.), Matriz arcillosa en sedimento de la Fosa 185 aun sin disgregar. Ambas 600x. ....	389
<b>Figura 212</b> (Izqda.), Partículas minerales y quiste de crisofita. <b>Figura 213</b> (Drcha.). Microcarbones (Amarillo) y silicofitolito bilobulado (Blanco). Ambas: 600x. J.A. ....	389
<b>Figura 214</b> , Partículas de arcilla en el residuo «B» de los molinos de La Cerera. 600x. J.A. ....	392
<b>Figura 215</b> , Silicofitolito esférico/globular equinado entre arcillas y microagregados de arcillas sobrenadantes, extraídas desde una columna de solución de 5 cm. <b>Figura 216</b> , Partículas de arcilla en el residuo «A» de los molinos de La Cerera. 600x. J.A. ....	393
<b>Figuras 217 y 218</b> , Recipientes con muestra en suspensión enrasada a 40 ml., con arcillas en suspensión tras sesión de ultrasonidos. J.A. ....	395
<b>Figura 219</b> , Piroxenos de augita en el paleosuelo de la Fuente de Joco, 600x.....	396
<b>Figura 220</b> , Sedimento arqueológico de La Cerera (CE-2.5), con una eliminación de la fracción arcilla que supera el 95% y especial fragmentación de silicofitolitos de células largas dendriformes. En los recuadros se señalan dichos fragmentos y además la existencia de microcarbones y fitolitos globulares equinados. 400x. J.A. ....	397
<b>Figuras 221 y 222</b> , Ejemplares de diatomeas en sedimentos de La Cerera (CE-2.3), observados al microscopio electrónico (equipo SEM, Servicios Generales, USAL), I.H. <sup>3</sup> /J.A. ....	401
<b>Figura 223</b> , Biomineralizaciones silíceas (práctica totalidad) y rafidio de oxalato de calcio (amarillo) en <i>Rubia fruticosa</i> (tasaigo). 400x. ....	409
<b>Figura 224</b> (Izqda.), Fitolito de célula larga trapezoidal ondulado/polilobulado en <i>Agrostis</i> sp. (taxón de OldStryneffjell, Noruega), 600x. <b>Figura 225</b> (Drcha), Fitolito de traqueida con resaltes anulares en <i>Laurus novocanariensis</i> , 1000x, rango máximo de magnificación alcanzado con cierto grado de definición. ....	410
<b>Figura 226</b> (Izqda.), Partícula mineral de gran tamaño presente en suelos de Las Cañadas del Teide. <b>Figura 227</b> (Izqda.), pequeña diatomea céntrica del género <i>Aulacoseira</i> sp. detectada en suelos de misma zona anterior. J.A. ....	412
<b>Figura 228</b> , Conjunto de fitolitos localizado en suelo de <i>El Camino Largo</i> (La Laguna) tras aplicar el proceso de elaboración de preparaciones descrito. Dada la dispersión, y la limitada concentración de partículas minerales y biogénicas (fitolitos en este caso) en preparación como las desarrolladas por las palmeras (blanco) y las gramíneas (amarillo) todas pueden ser perfectamente apreciadas en detalle y concentración, lo que facilita igualmente su clasificación por grupos. 600x. J.A. ....	426

<sup>3</sup> Referencia a Iván Hernández Almeida, USAL.



<b>Figuras 229 y 230</b> , Silicificaciones presentes en los tejidos foliares (sin nervadura central) de <i>Sonchus acaulis</i> . En forma de panal y gran tamaño (izquierda) y como traqueidas con engrosamientos anulares (derecha). Ambas 600x. ....	433
<b>Figura 231 (Izqda.)</b> , Biomineralización estiloide/fusiforame tras el proceso de calcinación de tejidos aéreos a 400°C y observados bajo luz transmitida normal.	
<b>Figura 232 (Drcha.)</b> , la misma bajo luz polarizada (polarizador + analizador). 400x. J.A. ....	438
<b>Figura 233</b> , Fotomicrografía de fitolitos de oxalato de calcio, transformados en pseudomorfos de calcita por calcinación a 350°C, en la corteza de <i>Pinus canariensis</i> . 250x. J.Afonso/A. Pinilla. ....	439
<b>Figura 234</b> (Izqda.), Fitolito de célula larga lisa, de sección circular y puntuaciones redondeadas o anulares. <b>Figura 235</b> (Drcha.), Fitolito poliédrico liso y posible sección hexagonal. Ambos 600x. J.A. ....	442
<b>Figura 236</b> , Silicofitolitos globulares lisos (en color malva) y oxalatos de calcio alargados con márgenes apuntados (centro imagen). Como puede apreciarse, los fitolitos globulares presentan variaciones en su morfología, que sin duda es masiva, tal y como se aprecia en la sección mostrada por el morfotipo fragmentado del margen inferior derecho 600x. J.A. ....	443
<b>Figura 237</b> (Izqda.), estróbilo cerrado y ejemplar joven de pino canario.	
<b>Figura 238</b> (Drcha.), Piñones en su alojamiento original mostrando el ala o vilano. J.A. ....	445
<b>Figura 239</b> (Izqda.), Células fusiformes en el ala del piñón. <b>Figura 240</b> (Drcha.), Ornamentación y morfología de uno de los márgenes de las células anteriores. 600x. J.A. ....	445
<b>Figura 241</b> (Izqda.), Esclereida en la cubierta del piñón bajo luz transmitida convencional. <b>Figura 242</b> (Drcha.), La misma bajo luz polarizada revelando la estructura concéntrica característica de las células lignificadas o esclereidas. Ambas: 600x. J.A. ....	446
<b>Figuras 243-244</b> , Oxalatos de calcio en <i>Pinus sylvestris</i> , 300 y 600x respectivamente. ....	447
<b>Figura 245</b> , Elementos traqueales en <i>Phoenix canariensis</i> . 600x. ....	448
<b>Figura 246</b> (Izqda.), Fitolitos en suelos del palmeral del Ingenio (La Gomera).	
<b>Figura 247</b> (Drcha.), fitolito en su emplazamiento original, entre tejidos de los segmentos de las hojas, 600x. La apariencia de picos tronchados podría deberse al uso del bisturí empleado en la realización del corte histológico, de tejido vegetal, para realizar el estudio SEM (2000x). J.A. ....	449
<b>Figura 248</b> (Izqda.), Distribución de silicofitolitos y oxalatos en la epidermis del fruto, 150x. <b>Figura 249</b> (Drcha.), Detalle de cristales aciculares de oxalato en rafidio bajo luz polarizada, también en el fruto de <i>Phoenix canariensis</i> . 600x. J.A. ....	450
<b>Figuras 250-251</b> , Silicificaciones tipo puzzle de los frondes, 600x. J.A. ....	453
<b>Figura 252</b> (Izqda.) entramado celulósico y lignificado de los vasos del xilema bajo luz ligeramente polarizada. <b>Figura 253</b> (Drcha.) bajo luz polarizada (nícoles cruzados). Ambas imágenes a 600x. ....	454
<b>Figura 254</b> (Izqda.) y <b>255</b> (Drcha.), Silicificaciones (color malva) detectadas entre el tejido del rizoma (color verde y amarillo) con anterioridad a la aplicación del tratamiento de doble calcinación y ataque ácido. ....	456

<b>Figura 256</b> (Izqda.), forma alargada y dorsal angular. <b>Figura 257</b> (Drcha.), forma alargada y triangular. Ambas aisladas desde la cubierta externa del rizoma, tras un ciclo «dry ashing» completo de 600x. ....	456
<b>Figura 258</b> (Izqda.), Restos carbonizados del entramado celulósico del rizoma. <b>Figura 259</b> (Drcha.), Entramado formado por elementos silicificados angulosos en posición original, a los que aun permanecen adheridos restos de materia vegetal no-silicificada. Ambos bajo luz polarizada y 600x. ....	457
<b>Figuras 260 y 261</b> , Aspecto de las silicificaciones presentes en el rizoma donde puede apreciarse el aspecto horadado y pulimentado de su superficie. Ambas: 600x. J.A. ....	457
<b>Figuras 262-263</b> , Gránulos de almidón bajo luz polarizada. ....	458
<b>Figura 264</b> Células bilobulados (Izqda.). <b>Figura 265</b> Células con más de dos lóbulos. Ambas 600x. ....	459
<b>Figura 266</b> , Elemento traqueal del xilema con engrosamientos anulares. ...	460
<b>Figuras 267-268</b> , Células buliformes, 400 y 600x. ....	462
<b>Figura 269</b> , Células cortas trapeziformes o <i>tipo saddle</i> , la morfología característica de la <i>subfamilia Chloridoideae</i> . 400x ....	462
<b>Figura 270</b> , (Izqda.), Célula buliforme (vista frontal). <b>Figura 271</b> (Drcha.), Vista lateral. ....	463
<b>Figuras 272 y 273</b> , Morfotipo de “doble corona” desde dos perspectivas. 600x. ....	464
<b>Figura 274-275</b> , Células trapezoidales sinuosas. ....	465
<b>Figura 276</b> , Base de tricoma (600x). <b>Figura 277</b> , Tricomas (300x). ....	466
<b>Figura 278</b> , Detalle de la base de tricoma (400x). <b>Figura 279</b> , Célula larga trapezoidal sinuosa mostrando planos lateral e inferior y borde entre ambos. ....	466
<b>Figura 280</b> , Fibras silicificadas en <i>Spartocytisus supranubius</i> , 400x ....	467
<b>Figuras 281 y 282</b> , Esclereidas en <i>Spartocytisus supranubius</i> , 400x. ....	467
<b>Figuras 283-284</b> , traqueidas con engrosamientos anulares. 600x. ....	468
<b>Figuras 284b-285</b> , Morfologías biominerales basadas en fosfato cálcico (en blanco) en los tallos fotosintéticos de <i>Spartocytisus supranubius</i> . SEM (CCMA, CSIC, Madrid). ....	468
<b>Figura 286</b> , Semicuantitativo SEM de las biomineralizaciones detectadas en <i>Spartocytisus supranubius</i> . Análisis: Fernando Pinto (CSIC, Madrid). ....	470
<b>Figuras 287-288</b> , Varios ejemplos de los tricomas presentes en los tejidos foliares de <i>F. carica</i> . Ambas 300x. ....	472
<b>Figura 289</b> , Base de tricoma en vista frontal inferior (desde abajo). <b>Figura 290</b> (Drcha.) el mismo tipo de fitolito en vista lateral, donde puede apreciarse el saliente que conecta con la base del tricoma hueco. Ambas 600x. ....	473
<b>Figura 291</b> (Izqda.), Cistolito. <b>Figura 292</b> (Drcha.), Células epidérmicas poliédricas. Ambas 300x. J.A. ....	473
<b>Figura 293</b> (arriba Izqda.), Tricoma del taxón de Bahía de Santander (Cantabria). <b>Figura 294</b> (arriba Drcha.), Tricoma del taxón de Berducido (Pontevedra). <b>Figura 295</b> (abajo centro), Tricoma del taxón de La Esperanza (Tenerife). Todos en tejidos foliares de <i>Ficus carica</i> L., 300x. ....	476
<b>Figura 296</b> , Esqueleto silíceo en <i>Arrhenatherum calderae</i> , 600x ....	478

<b>Figura 297</b> , Esqueleto silíceo en <i>Arrhenatherum calderae</i> , 600x .....	478
<b>Figura 298</b> , Células largas dendriformes en <i>Arrhenatherum calderae</i> , 600x .....	478
<b>Figura 299</b> , Esqueleto silíceo de células largas en <i>Arrhenatherum calderae</i> , 600x, .....	478
<b>Figura 300</b> , esqueleto silíceo con células estomáticas, en <i>Arrhenatherum calderae</i> , 600x.....	478
<b>Figura 301</b> , detalle de elemento traqueal con engrosamientos anulares, en <i>Arrhenatherum calderae</i> , 600x .....	478
<b>Figura 302</b> , Tricomas faloides en hojas de <i>Viola cheiranthifolia</i> .....	481
<b>Figura 303</b> , Fragmento de tricoma faloides en <i>Viola cheiranthifolia</i> .....	481
<b>Figura 304</b> , Epidermis silicificada, en <i>Viola cheiranthifolia</i> , .....	481
<b>Figura 305</b> , Ejemplar de <i>Viola cheiranthifolia</i> , fotografiado en laderas SW de Pico Viejo, .....	481
<b>Figura 306</b> , Drusas de cristales de oxalatos de calcio bajo luz transmitida convencional. 600x. ....	481
<b>Figura 307</b> , Las mismas drusas anteriores bajo luz polarizada. ....	481
<b>Figura 308</b> (Izqda.), Cubierta externa de la raíz rizomatosa de <i>Pteridium aquilinum</i> . <b>Figura 309</b> (Drcha.), tejido interno en la misma parte de la planta. Fotografiado previo a los tratamientos de laboratorio, tras llevar a cabo la separación y lavado exhaustivo de ambas muestras. Escala: divisiones de 1 cm. J.A. ....	487
<b>Figura 310</b> (Izqda.), esqueleto silíceo en residuos intestinales de época aborigen (Las Cañadas, Tenerife).; <b>Figura 311</b> (Drcha.), gránulos de almidón en cálculo dental humano actual. Ambas 400x. ....	489
<b>Figura 312</b> , Esqueleto silíceo en pan integral de trigo. 600x. ....	491
<b>Figura 313</b> (Izqda.), Hogaza y corte de pan de escanda no-integral. <b>Figura 314</b> , Crisol con restos calcinados de la muestra anterior. ....	492
<b>Figura 315</b> (Izqda.), Esqueleto silíceo. <b>Figura 316</b> (Drcha.), Fitolito de célula larga dendriforme aislado. Ambas en residuo <i>Dry ashing</i> de pan de escanda (espelta) actual (Pola de Somiedo). 600x. J.A. ....	493
<b>Figura 317</b> , Esqueleto silíceo en pan integral de centeno. 600x. ....	495
<b>Figura 318</b> (Izqda.), gránulos de almidón donde aun es posible distinguir caracteres de diagnóstico, tanto en vista polar como de perfil. <b>Figura 319</b> (Drcha.), gránulos de almidón en diferente estado de alteración bajo la capa de aleurona, en vista frontal. Ambas 600x. ....	498
<b>Figura 320</b> , Capa tisular de aleurona en vista frontal, en la zona amarilla se contienen los granos de aleurona, bajo ellos los gránulos de almidón, únicamente visibles bajo luz polarizada. 600x. ....	498
<b>Figura 321</b> (Izqda.), gránulos de almidón parcialmente modificados bajo la capa de aleurona. <b>Figura 322</b> (Drcha.), gránulos de almidón que conservan parcialmente sus caracteres de diagnóstico. Ambas tomadas en muestras de gofio de cebada a 600x. ....	499
<b>Figura 323</b> (Izqda.), Fragmento de esqueleto silíceo, mostrando un fitolito de célula larga equinada fragmentado. <b>Figura 324</b> (Drcha.), Fitolito de célula	

corta trapezoidal, desconectado del esqueleto silíceo del que proviene. Ambas tomadas en muestras de gofio de cebada a 600x. ....	499
<b>Figura 325</b> , Gran sección de tejido vegetal silicificado o <i>esqueleto silíceo</i> en gofio de cebada. 400x .....	500
<b>Figura 326</b> , Elemento microscópico altamente silicificado en el interior del tejido molturado de <i>P. aquilinum</i> . <b>Figura 327</b> (Drcha.), Elemento similar aislado del tejido envolvente mediante un tratamiento <i>Dry ashing</i> . Ambas 600x. ....	502
<b>Figura 328</b> (Izqda.), Armazón microscópico de elementos alargados y probable composición celulósica desarrollado por <i>P. aquilinum</i> en su rizoma. <b>Figura 329</b> (Drcha.), Gránulo de almidón aislado en la misma zona de la planta. Ambos 600x. ....	503
<b>Figura 330</b> , Aspecto de parte de una preparación confeccionada con harina del rizoma de <i>Pteridium aquilinum</i> . 600x. ....	504
<b>Figura 331</b> , Frutos de <i>Phoenix canariensis</i> en el mes de marzo. Facultad de Biológicas, ULL. J.A. ....	510
<b>Figuras 332 y 333</b> , Silicofitolitos de palmera entre partículas de limo, en muestra de suelo superficial del Camino Largo (PHOCAN-CL-3),. 600x. J.A. ....	513
<b>Figura 334</b> , Célula buliforme (amarillo) localizada en la muestra de suelo superficial PHOCAN-CL-03, donde las biomineralizaciones dominantes siguen siendo los morfotipos ya descritos para las palmáceas (blanco). Su identificación permite evaluar la llegada de biomineralizaciones silíceas –diferentes a las de la especie dominante ( <i>Phoenix canariensis</i> )– desde el entorno vegetal inmediato, en este caso gramíneas de la subfamilia <i>Arundinoideae</i> , pudiendo tratarse muy probablemente de <i>Arundo donax</i> . J.A. ....	514
<b>Figuras 335 y 336</b> , Zonas de muestreo PHOCAN-CL-1 y 2, a los pies de ejemplares de palmera canaria, en El Camino Largo (La Laguna). J.A. ....	515
<b>Figura 337</b> (Izqda.), Dos morfologías globulares/esféricas equinadas en la misma muestra (CL-2), obsérvese la diferencia de ornamentación, más densa en el Tipo 1, con respecto al morfotipo más común en <i>Phoenix canariensis</i> (Tipo 2). <b>Figura 338</b> (Drcha.), morfotipo de célula larga liso similar a los descritos para pteridofitos. Ambas 600x. ....	517
<b>Figura 339</b> , Dos morfotipos fitolíticos, globulares/esféricos equinados con diferencias en su ornamentación, detectados en la misma muestra de suelos del palmeral del Valle del Ingenio (La Gomera). A la derecha el morfotipo MORF-PHOCAN-1 y la izquierda MORF-PHOCAN-2. 600x. Inintencionadamente se suprimió la imagen la silicificación esférica lisa que sí aparece en la <b>Figura 340a</b> (izquierda de la imagen). 600x .....	519
<b>Figura 340b</b> (Izqda.), Tres morfotipos esféricos detectados en las muestras del palmeral de El Ingenio; <b>Figura 341</b> (Drcha.), Detalle de la morfología globular/esférica masiva, probablemente perteneciente a tejidos de una planta dicotiledónea y no tanto a una palmácea. Ambas 600x. ....	520
<b>Figura 342</b> (Izqda.), Morfotipo globular equinado ( <i>globular echinate</i> ). <b>Figura 343</b> (Drcha.), Silicofitolito bilobulado ( <i>bilobate short cell</i> ). Ambos en	

suelo del palmeral del Barranco de Guayedra (Gran Canaria). Ambas 600x. J.A. ....	521
<b>Figura 344</b> (Izqda.), Fitolito trilobulado, 600x. <b>Figura 345</b> (Drcha.), Fitolito buliforme cuneiforme asimétrico propuesto para <i>Phragmites australis</i> sp., 300x. Ambos localizados en suelo del Barranco de Guayedra. ....	522
<b>Figura 346</b> , Fitolito de <i>Phoenix canariensis</i> , aun en posición anatómica en el tejido de sus hojas. SEM (ULL), J.L./J.A. ....	529
<b>Figura 347</b> (Izqda.), Fitolito de palmácea en el sedimento superficial de una de las zonas de asientos de colmenas. <b>Figura 348</b> (Drcha.), Fitolito bilobulado propio de gramíneas <i>Panicoideae</i> (entre otras). Obsérvese la coloración clara de las partículas minerales, propia del sustrato de lapillis de las zonas muestreadas. 600x. J.A. ....	532
<b>Figura 349</b> , Panorámica del yacimiento de <i>Los Colmeneros</i> . J.A., las muestras analizadas fueron tomadas en la zona central, cubierta de <i>lapilli</i> . J.A. ....	533
<b>Figura 350</b> (Izqda.), Fragmento de fitolito cilindroide, 300x. <b>Figura 351</b> (Drcha.), Fitolitos de células buliformes aun en posición anatómica, observados en vista de perfil. Ambos en la fracción 200-50 $\mu\text{m}$ y 600x. J.A. ....	553
<b>Figura 352</b> , Partículas de limos finos (<5 $\mu\text{m}$ ) y arcillas pertenecientes al sobrenadante de piezas de molturación, 600x. <b>Figura 353</b> (Drcha.), silicofitolito de palmera entre partículas de arcilla agregadas por la desecación de la muestra-control, 400x. ....	571
<b>Figura 354</b> (Izqda.), Fitolito de célula corta cónica ( <i>conical short cell phytolith</i> , o también <i>rondel type</i> , ICPN 1.0) de una gramínea de la subfamilia <i>Pooideae</i> ( <i>Poaceae</i> ). <b>Figura 355</b> (Drcha.), Ejemplo de silicofitolito no- <i>Poaceae</i> . Ambas en la fracción limo de CE-2.2 A, 600x. J.A. ....	576
<b>Figura 356</b> (Izqda.), Fitolito de traqueida facetada, en la fracción limo de CE-2.2 b. <b>Figura 357</b> (Drcha.), La misma de la figura anterior con giro horizontal de 180°, mostrando ornamentación denticulada en otra zona de su superficie. Ambas 600x. J.A. ....	578
<b>Figura 358</b> (Izqda.), Diatomea del género <i>Hantzschia</i> sp., 600x. <b>Figuras 359</b> (Centro) y <b>360</b> (Drcha.), Quistes de crisofitas en sedimentos de La Cerera, 1000x. J.A. ....	579
<b>Figura 361</b> (Izqda.), Fracción limo con quistes de crisofitas. <b>Figura 362</b> (Drcha.), Fracción limo con fitolitos <i>Poaceae</i> . El componente biogénico de los limos de La Cerera es tan elevado que las partículas minerales pueden resultar muy escasas en proporción con las biominerales (microalgas y fitolitos). Ambas 600x. J.A. ....	579
<b>Figura 363</b> (Izqda.), Piroxeno de augita (>80 $\mu\text{m}$ ) y fragmento de microcarbón. <b>Figura 364</b> (Drcha.), Fitolito de esqueleto silíceo propio del tejido foliar de una gramínea, formado por células cortas cónicas o <i>rondel type</i> (blanco) y células largas lisas (amarillo). Ambos en fracción arenas 200-50 $\mu\text{m}$ de CE-2.2A, 600x. ....	582
<b>Figura 365</b> (Izqda.), Fitolitos de células buliformes cuneiformes en fracción arenas 200-50 $\mu\text{m}$ de CE-2.5. <b>Figura 366</b> (Drcha.), células similar en la misma fracción de CE-2.8. Ambas 300x. J.A. ....	584
<b>Figura 367</b> (Izqda.) y <b>Figura 368</b> (Drcha.) Células buliformes cuneiformes en la fracción arenas 200-50 $\mu\text{m}$ de CE-2.2A, presentando notables diferencias	

entre sus principales ejes de simetría y que no obstante podrían provenir de la misma especie vegetal, lo cual representaría claramente el concepto de “multiplicidad” de formas propuesto por Rovner (1971) para los registros de fitolitos existentes en una misma planta. 600 x. J.A. ....	584
<b>Figura 369</b> Fracción arenas 200-50 $\mu\text{m}$ , con la presencia de partículas minerales (Amarillo) y biogénicas (Blanco: esqueleto silíceo <i>Poaceae</i> ; Verde: microcarbón). 300x. J.A. ....	586
<b>Figuras 370-371</b> , Fragmentos microscópicos de hueso, en fracción arenas 200-50 $\mu\text{m}$ de los niveles CE-2.3 y CE-2.5 Ambas 300x. J.A. ....	587
<b>Figura 371b</b> , Fragmento vegetal adscrito de forma provisional a semillas del género <i>Brassica</i> . 300x. ....	589
<b>Figura 372</b> (Izqda.), Agregado amiláceo-arcilloso. <b>Figura 373</b> (Drcha.), El mismo de la figura anterior bajo luz polarizada. Ambas en CE- 2.5. Ambas 300x. J.A. ....	590
<b>Figuras 374 y 375</b> , Posible gránulo de almidón de gran tamaño y morfología reniforme. En sedimento envolvente de industrias de molturación de La Cerera. El parámetro cruz de extinción de luz es el único que parece ratificar estar ante un gránulo de almidón (izquierda). Con un tamaño que supera las 60 $\mu\text{m}$ su tendencia reniforme se asemeja a otras tantas presentes en los sedimentos extraídos directamente de fragmentos de molinos de diferentes tipologías. Ambas 600x. J.A. ....	591
<b>Figura 376</b> , Gran elemento silicificado por identificar. 150x. ....	593
<b>Figuras 377</b> , Silicofitolitos en la estructura de combustión UME-20, de célula corta <i>Pooideae</i> con síntomas de disolución de $\text{SiO}_2$ (Izqda.). De gran tamaño y posible sección hexagonal (Drcha.). Ambas 600x ....	595
<b>Figura 378</b> , Elementos citados en el texto, tal y como se observan en las preparaciones confeccionadas con sedimentos de la estructura de combustión (UME 20). 300x. ....	597
<b>Figuras 379 y 380</b> , Comparativo de dimensiones entre elementos verdes romos y fitolitos de palmera (Imagen izquierda, abajo). Ambas 600x. ....	598
<b>Figuras 381 y 382</b> , Fitolitos afectados por fuerte proceso de disolución de $\text{SiO}_2$ , en niveles CE-2.2c y CE-2.8 respectivamente. Ambas a 600x. J.A. ....	599
<b>Figura 383</b> , (Izqda.), Fitolito de célula corta bilobulado afectado por proceso de disolución de $\text{SiO}_2$ , en CE-2.5. <b>Figura 384</b> (Drcha.), Silicificación indeterminada con el mismo proceso y correspondiente al mismo nivel arqueológico. Ambas 600x. ....	600
<b>Figuras 385 y 386</b> , Silicificaciones en CE-2.5 (fr. 200-50 $\mu\text{m}$ ) en avanzado proceso de disolución de $\text{SiO}_2$ . Ambas 600x. ....	601
<b>Figura 387</b> (Izqda.), Posible fitolito afectado por fuerte proceso de alteración y transformación, la flecha indica el aspecto, residual en este caso, de las silicificaciones remanentes, aun no afectadas por dicho proceso. 300x. <b>Figura 388</b> (Centro), Posible fitolito de palmera ( <i>Palmae</i> ) donde se ha finalizado el proceso de transformación de $\text{SiO}_2$ , apreciable por su coloración netamente diferente a las morfotipos similares localizados en el sedimento ( <b>Figura 389</b> , Drcha.) 600x. ....	603
<b>Figuras 390 y 391</b> , Posible cauce hídrico, con adecuación final, proveniente de la Montaña de Arucas (derecha), que circula en dirección a la vega de esta	

localidad y se encuentra cercano al yacimiento de La Cerera, aunque en la actualidad resulta cortado por el trazado de una carretera. J.A .....	619
<b>Figura 392</b> , Ejemplo de los conjuntos microfósiles detectados en CE-2.2a. En este caso se observa la conjunción de fitolitos <i>Poaceae</i> propios de los tejidos epidérmicos ( <b>a</b> ) y las inflorescencias de cereales ( <b>b</b> ) con alga diatomea del género <i>Hantzschia</i> sp. ( <b>c</b> ) y quiste de resistencia esférico de crisofita ( <b>d</b> ). Como es habitual la presencia de restos fragmentados de fitolitos ( <b>e</b> ) reduce la posibilidad de identificación del registro completo 600x. J.A. ....	630
<b>Figura 393-394</b> , Silicofitolitos completos de células largas y ornamentación equinada ( <i>echinate</i> ), aislados de su posición anatómica original. Ambas 600x.....	631
<b>Figura 395</b> (Izqda.), Fragmentos de <i>células largas equinadas/dendriformes</i> con un número mínimo de salientes y concavidades como para poder identificarlos como tales. <b>Figura 396</b> (Drcha.), Fragmento similar a la figura anterior en vista de perfil. Ambas 600x. ....	632
<b>Figura 397</b> (Izqda.), Esqueleto silíceo de cereal en CE-2.2a (600x). <b>Figura 398</b> (Drcha.), detalle de esqueleto silíceo en el mismo nivel (1500x). ....	632
<b>Figura 399</b> (Izqda.), Fragmentos de fitolitos de células largas equinados en preparación sin eliminación total de partículas de arcilla mediante ultrasonidos. <b>Figura 400</b> (Drcha.), El mismo tipo de fitolitos en muestras donde se han aplicado ultrasonidos, prácticamente sin partículas de arcilla. Ambas 600x.....	634
<b>Figuras 401</b> (Izqda.) y <b>402</b> (Drcha.), fragmentos de esqueletos silíceos que conservan el patrón de circunvoluciones internas entre sus células largas equinadas/dendriformes ( <i>echinate/dendriform long cell</i> ). Ambas 600x. ....	637
<b>Figura 403</b> (Izqda.), Buliforme cuneiforme en CE-2.2 A, 600x. <b>Figura 404</b> (Drcha.), Dibujo esquemático de un ejemplar de la misma muestra, con trazado de los principales ejes de simetría que pueden trazarse en su morfología <i>Arc:Triangle</i> . J.A. ....	640
<b>Figura 405</b> (Izqda.), Célula buliforme por clasificar. <b>Figura 406</b> (Drcha.), Célula buliforme cuneiforme que responde a los parámetros del modelo asimétrico desarrollado por <i>Phragmites australis</i> . Ambas 600x. J.A. ....	640
<b>Figuras 407-408</b> , Fitólitos de células cortas en CE-2.2a, pertenecientes al tipo bilobulado/bilobado ( <i>bilobate</i> , ICPN 1.0) pero con apreciables diferencias en su morfología y dimensiones. Ambas 600x. ....	642
<b>Figuras 409 y 410</b> , Fitólito de célula corta <i>Pooideae</i> , en vista polar (Izqda.) y perfil (Drcha.). 600 y 300x respectivamente. ....	644
<b>Figura 411</b> (Izqda.), Célula corta cónica. <b>Figura 412</b> (Drcha.), Célula corta cónica con variaciones en la prolongación de sus ejes de simetría con respecto al ejemplar anterior. Ambas: 600x. ....	644
<b>Figuras 413</b> (Izqda.) y <b>414</b> (Drcha.), célula corta cónica del morfotipo, célula similar al anterior pero mayor dimensión del eje B. Ambas presentes en sedimentos de La Cerera (CE-2.2a). 600x. ....	645
<b>Figuras 415-416</b> , Fitólitos de células cortas cónicas y base polilobulada. 600x (Izqda.) y ajuste óptico digital con 600x (Drcha.). J.A. ....	646

<b>Figuras 417-418</b> , Fitolitos propios de especies <i>Palmae</i> , donde se aprecian claras diferencias en una misma morfología globular equinada ( <i>globular echinate phytolith</i> , ICPN 1.0). Ambas 600x. ....	647
<b>Figura 419</b> (Izqda.), Pelo unciforme completo (150x). <b>Figura 420</b> (Drcha.), Detalle de la zona más ancha de otro ejemplar similar (300x). Ambas en CE-2.2 a. J.A. ....	648
<b>Figuras 421-422</b> (Izqda.), Fitolitos de apéndice epidérmico (propio de las hojas de gramíneas). A la derecha un ejemplar altamente afectado por un proceso de disolución de SiO <sub>2</sub> . Ambas 600x. ....	649
<b>Figura 423</b> (Izqda.), Elemento traqueal del xilema. <b>Figura 424</b> (Drcha.), silicofitolito de célula larga liso. Ambas 600x. ....	650
<b>Figura 425</b> , Posible base de tricoma. 600x .....	651
<b>Figura 426</b> (Izqda.), Diatomea del género <i>Navicula</i> sp. <b>Figura 427</b> (Drcha.), Diatomea del género <i>Hantzschia</i> sp.. Ambas 600x. ....	652
<b>Figura 428</b> , Dibujos iniciales de algunos de los quistes presentes en CE-2.2b.....	653
<b>Figura 429</b> , Dos tipologías de quistes de crisofitas, pertenecientes al nivel más antiguo (CE-2.2a, Izqda.) y más reciente muestreado (CE-2.8, Drcha.), 600x.....	654
<b>Figuras 430</b> , células buliformes en CE-2.2b. 600x .....	655
<b>Figuras 431 y 432</b> , Fragmento de espículas silíceas. Figura...Posible fragmento de espícula, o de tricoma <i>Poaceae</i> . 300x. ....	656
<b>Figura 433</b> (Izqda.), Fitolito de célula corta en forma de cruz ( <i>cross</i> , ICPN 1.0). <b>Figura 434</b> (Drcha.), Fitolito de célula corta trapezoidal cónico (o tb. tipo <i>saddle</i> ) en vista polar. Ambas 600x. ....	658
<b>Figuras 435 y 436</b> , Extrema variabilidad dentro de la morfología de fitolitos de células buliformes cuneiformes. Ambas 600x. ....	659
<b>Figuras 437-438</b> , Agregado amiláceo-arcilloso o con otros componentes biológicos de base carbonatada, bajo luz polarizada (Izqda.) y normal (Drcha.), fotografiados a 600x. ....	659
<b>Figuras 439-440</b> , Registro de fitolitos <i>Poaceae</i> (Izqda.) y quistes de crisofitas (Drcha.) en CE-2.2c. Ambas 600x. ....	660
<b>Figura 441-442</b> , Elementos que responden a los presentes en el rizoma de <i>Pteridium aquilinum</i> . Ambas 600x. ....	660
<b>Figura 443</b> , Fitolitos de células bilobuladas. ....	661
<b>Figura 444</b> (Izqda.), Célula buliforme afectada por disolución de SiO <sub>2</sub> en CE-2.8. <b>Figura 445</b> (drcha.), Quiste ovalado de crisofita en buen estado de conservación. Ambas a 600x. J.A. ....	663
<b>Figura 446</b> , Quiste de resistencia de alga crisofita (amarillo) y célula buliforme cuneiforme. ....	663
<b>Figura 447</b> , Elemento silicificado que puede atribuirse al existente en el rizoma de <i>P. aquilinum</i> , 600x. ....	664
<b>Figura 448</b> (Izqda.), Quiste de crisofita con prolongación en forma de gancho y collar complejo. <b>Figura 449</b> (Drcha.), Fitolito afectado por fuerte proceso de disolución de SiO <sub>2</sub> . Ambas en nivel CE.2.8 y 600x. ....	665



- Figuras 450**, Valva de la diatomea más representada en los sedimentos de La Cerera (Izqda.) y posiblemente correspondiente a la especie *Hantzschia amphioxys*. **Figura 451** (Drcha.), Diatomea del género *Navicula* sp. presente de forma menos común en La Cerera. Ambas 600x. ....666
- Figura 452** (Izqda.), Buliforme en CE-2.8 (600x). **Figura 453** (Drcha.), Buliforme en hojas de *Chloris gayana* presente en la Colección de Referencia confeccionada con plantas patrones (600x). J.A. ....675
- Figura 454** (Izqda.), plaqueta con conos apuntados. **Figura 455** (Drcha.), célula poligonal. Ambas 600x .....675
- Figura 456**, Posible silicificación de *Pteridium aquilinum* junto a fitolito equinado de inflorescencia de cereal. 600x .....679
- Figuras 457 y 458**, Células buliformes observadas en el Perfil R-18 (Llano de Ucanca), Horizonte Bt1. J.A. ....683
- Figuras 459 A-B**, Zona de muestreo de *Phragmites australis* en las marismas de Loch Dubh (Tarbet, Escocia), la presencia de la crecida se hacia patente, impidiendo ver el sustrato donde se desarrollaban las plantas. J.A. ....683
- Figura 460**, Zona de muestreo de *Phragmites* sp. (planta y suelo asociado) en los marjales cercanos a Catoira (Ría de Arousa, Galicia). ....685
- Figura 461** (Izqda.), Buliforme cuneiforme del taxón de Río Orio (Zarautz). **Figura 462** (Drcha.), célula similar perteneciente al taxón de Valle Gran Rey (La Gomera). J.A. ....688
- Figura 463**, Cañaveral de *Arundo donax* en el límite SE de la ciudad de La Laguna. J.A. en torno a ejemplares aislados de *Phoenix canariensis*. ....689
- Figura 464** (Drcha.), Buliforme *Arc:Triangle* (vista planar) en *Arundo donax* (1ª prueba Dry ashing); **Figura 465** (Izqda.), Buliformes (vista lateral) en conexión anatómica dentro de los tejidos foliares. Ambas a 600x. J.A. ....690
- Figura 466**, Marismas con desarrollo de *Phragmites australis* sp., Maspalomas (Gran Canaria). ....693
- Figura 467** (Izqda.), Célula buliforme localizada en los niveles arqueológicos de El Llanillo (Gran Canaria). **Figura 468** (Drcha.), Célula similar aislada en hojas de *Phragmites australis* procedente de Refvik Beach (Moloy, Noruega).....696
- Figura 469** (Izqda.), Células cortas bilobuladas (*bilobate short cell*, ICPN 1.0) en hojas de *Arundo donax*. **Figura 470** (Drcha.), células cortas tipo *saddle* en hojas de *Phragmites australis*. La ausencia de las primeras en *Phragmites australis* puede considerarse una diferencia de diagnóstico con respecto a *Arundo donax*, que las comparte con las especies *Poaceae* pertenecientes a la subfamilia *Panicoideae*. Ambas: 600x. J.A. ....698
- Figuras 471 y 472**, Variabilidad morfométrica entre las células buliformes de la misma muestra de tejidos foliares, de *Phragmites australis* sp., taxón recolectado en Valle Gran Rey<sup>4</sup> (La Gomera). ....701

<sup>4</sup> Gracias a la amable participación de D. J.C. Hernández (Museo Arqueológico de La Gomera) así como a una serie de amigos que colaboraron en su recolección.

**Figura 473** (Izqda.), Primeros dibujos sobre las morfologías buliformes detectadas (entre otras) en El Llanillo y de los que destacaban al menos tres tipos de células buliformes cuneiformes junto a otras de tipo bilobulado.

**Figura 474** (Drcha.), Uno de los primeros fitolitos buliformes estudiados, perteneciente en este caso a *Phragmites australis*, taxón de Ribadesella (Asturias oriental), donde pueden apreciarse las dos zonas (triangular y en arco) que conforman este tipo de fitolitos. 600x. ....703

**Figuras 475-476**, Células buliformes aparentemente no-cuneiformes en las hojas de *Brachypodium sylvaticum*. Ambas 600x. J.A. ....694

**Figura 477**, Corte esquemático de la hoja de *Bromus ramosus* según Klapp (1987), con la situación de las células buliformes. Pese a que el autor no especifica tales detalles en su obra, la observación de los grabados permite apreciar como efectivamente han sido detectadas y reflejadas dichas células en sus descripciones anatómicas. ....704

**Figura 478** (Izqda.) Células buliformes en posición anatómica en hojas de *Arundo donax*, **Figura 479** (Drcha.), células similares, pero probablemente pertenecientes a otra especie *Arundinoideae*, en posición anatómica, de los que se ha desprendido un ejemplar, en sedimento arqueológico de La Cerera (CE-2.2 a). Ambas 600x. ....705

**Figura 480**, (Izqda.), Concentración de fitolitos buliformes cuneiformes en residuos experimentales de hojas de *Phragmites australis* (taxón de Valle Gran Rey, La Gomera). **Figura 481** (Drcha.) Fitolitos con el mismo origen anatómico en *Imperata cylindrica* (taxón de Arguineguin, Gran Canaria). 150x y 600x respectivamente. J.A. ....707

**Figura 482** , Marismas y marjales de Maspalomas (Gran Canaria) con desarrollo de *Phragmites australis* (inflorescencias en primer plano y plantas en segundo plano), que ejemplifican el contexto de marismas con desarrollo de gramíneas. ....708

**Figura 483** (Izqda.), Buliforme *arc:triangle* en hojas de *Phragmites australis* (taxón de Maspalomas (Gran Canaria). **Figura 484** (Drcha.), la misma tipología en *P. australis* del taxón procedente de Catoira (Ría de Arousa, Pontevedra). Ambas: 600x. ....709

**Figura 485** (Izqda.), Célula buliforme cuneiforme y tipo saddle de *Chloris gayana* (taxón de Martíáñez, Pto. de La Cruz, Tenerife), 1000x. Nótese la diferencia de tamaño entre la célula corta tipo *saddle* (a) y la célula buliforme (b). **Figura 486** (Izqda.), Célula buliforme de *Phragmites australis* (taxón de Mesa Mota, Tenerife), 600x. Entre ambas puede apreciarse una diferencia clave como es la morfología de su extremo más ancho, que en *Chloris* presenta una depresión cóncava o *talón* ausente en *Phragmites*. J.A. ....712

**Figura 487** (Izqda.), Buliforme cuneiforme de *Chloris gayana*, donde puede apreciarse una marcada simetría entre sus caras convexas (que convergen hasta constituir una forma triangular) y las cóncavas, que configuran la zona más ancha, 1000 x. **Figura 488** (Drcha), Buliforme de *Phragmites australis*, donde puede apreciarse un ligero grado de asimetría entre sus caras convexas (con poco desarrollo) y mayor simetría entre sus caras cóncavas, con mayor desarrollo en sentido longitudinal que en el caso de *C. gayana*, 600x. ....716

**Figuras 489 y 490** Células buliformes en *Cynodon dactylon*, mostrando su simétrica silueta, caracterizada por la homogeneidad de sus ejes de simetría y talón con resaltes (Izqda./Drcha.) y las células cortas tipo *saddle* que les

acompañan, en mayor proporción, en los tejidos foliares (Drcha). Ambas 600x. J.A. ....	726
<b>Figura 491</b> (Izqda.), Fotomicrografía de célula buliforme cuneiforme o <i>Arc:Triangle</i> en hojas de <i>Arundo donax</i> . <b>Figura 492</b> (Drcha.), el mismo tipo de fitolito en hojas de <i>Phragmites australis</i> . Ambos pertenecientes a la colección CER-Fitoliteca-1. Su estudio morfométrico preliminar (ejes de simetría) permitió definir las manifiestas diferencias existentes entre ambas células buliformes, con un mismo origen anatómico pero diferente adscripción taxonómica a nivel de género. Ambas observadas a 400x. J.A. ....	727
<b>Figura 493</b> (Izqda.), Esquema básico de ejes de simetría definido para el estudio de células buliformes <i>arc:triangle</i> en hojas de <i>Arundo donax</i> . Las células buliformes de esta especie son unas de las que presentan mayor diversidad de parámetros, susceptibles de ser empleados con fines de discriminación taxonómica. <b>Figura 494</b> (Drcha.): Posible fitolito de célula buliforme gravemente afectado por un proceso de disolución de SiO <sub>2</sub> , donde resulta casi imposible poder aplicar estimaciones morfométricas (El Llanillo, Punto 3). 400x. J.A. ....	728
<b>Figura 495</b> , Croquis simplificado de las zonas muestreadas en El Llanillo (Puntos 1-13). Los Puntos 1-11 corresponden a la estructura de hábitat, mientras que 12-13 lo hacen al la de enterramiento cercano a la misma. J.A. ....	729
<b>Figuras 496-497</b> , Morfotipos buliformes cuneiformes o <i>arc:triangle</i> detectados en El Llanillo. ....	733
<b>Figuras 498-499</b> , Buliforme cuneiforme de <i>Arundo donax</i> observado en vista perfil (Izqda.) y polar (Drcha.), que es cuando muestra la configuración cuneiforme o <i>Arc:Triangle</i> (A:T). Ambas localizadas en suelo del Camino Largo (La Laguna) y fotografiadas a 600x. J.A. ....	736
<b>Figuras 500-501</b> , Otras morfologías buliformes detectadas en El Llanillo con apreciables diferencias morfométricas en sus ejes de simetría. 400x. J.A. ....	739
<b>Figura 503</b> , Ejemplo de Punto Húmedo inicialmente no asociado a áreas de actividad prehistórica en Las Cañadas del Teide (zona alta Lomo de Chío), sometido a analítica de microfósiles (sedimentos). Por todo rastro de vegetación únicamente fueron localizados algunos ejemplos de briófitos, desarrollándose en los puntos donde existía un mínimo goteo (en amarillo). J.A. ....	767
<b>Figura 504</b> , Zona del punto húmedo muestreado de la Figura 503 (Denominada a efectos de muestreo como PH-VC-1) con posible asociación a enclave arqueológico ( <i>CAB-ESC-1</i> ) situada sobre el mismo. La localización del primero se realizó antes que la del segundo (Inventario Arqueológico Parque Nacional del Teide, 2003-2007). Posteriormente se realizaron analíticas para evidenciar registros de microfósiles en ambos. J.A. ....	769
<b>Figuras 505 y 506</b> , Dos ejemplos de los microfósiles detectados en sedimentos de Punto Húmedo Volcán Ciego ( <b>Figura 503</b> ), a la Izqda. fragmento de diatomea perteneciente al género <i>Tetracyclus</i> o <i>Terpsinoë</i> sp., a la derecha un ejemplar casi completo de Espícula de Esponja. 1000x y 600x respectivamente. ....	770
<b>Figura 507</b> , Aspecto de partículas biogénicas (diatomeas pennadas del género <i>Pinnularia</i> sp.) en sedimento del punto húmedo cercano a los restos de una planta de cabaña (P-Húm-VC). 600x. J.A. ....	771

<b>Figura 508 y 509</b> , Diatomeas de simetría bilateral ( <i>pennales</i> ) en sedimentos de La Cerera (CE-2.3). Fotos: I. Hernández y J. Afonso (MEB, USAL). .....	772
<b>Figura 510</b> , Fuente de La Piedra en verano de 2008. ....	778
<b>Figura 511</b> (Drcha.), Matas de “menta” ( <i>Menta longifolia</i> ) en la rasa aluvial, observada en verano de 2010, en la Fuente de La Piedra. <b>Figura 512</b> (Drcha.), Fragmentos de cerámica moderna y brotes de “menta” en la misma zona, éste último supone un claro indicativo de estar ante el citado enclave.....	780
<b>Figura 513</b> , Fragmento de madera con manchas de óxido localizado en uno de los Puntos Húmedos Altos. J.A. ....	781
<b>Figura 514</b> , Silicofitolito de célula larga, alargado y equinado (Izqda.) y <b>Figura 515</b> , fitolito propio de conos de juncias (sedge cones, Ollendorf, 1992) o ciperáceas. Ambas en poza de El Riachuelo y 600x. ....	788
<b>Figura 516</b> , Imagen de una las mayores pozas del Barranco del Riachuelo, situada en su tramo medio, con desarrollo de la formación <i>Mentha longifoliae-Caricetum calderae</i> y paquete sedimentario acuático como para permitir un muestreo del tipo <i>training sets</i> . J.A. ....	789
<b>Figura 517</b> , Grabados de Kubiena (1953) sobre “suelos anegados”. La posible disposición de los existentes en la zona de El Riachuelo (Las Cañadas), pasaría por el ejemplo 1 que, en función del tipo de materia orgánica que contiene Kubiena denomina como <i>Dy</i> , con cierta columna de agua pero inmediata presencia de un sustrato rocoso afectado por hidromorfismo. ....	790
<b>Figura 518</b> , Tramo bajo del Barranco del Riachuelo durante un evento de fuertes precipitaciones. Nótese que el cauce ya ha descendido después de haber arrasado la vegetación del mismo, formada en este caso por <i>Carex paniculada</i> . J.A. ....	792
<b>Figura 519</b> , Saucedas (centro-izquierda) de El Riachuelo. J.A. ....	793
<b>Figura 520</b> , (Izqda.), Diatomea del género <i>Diploneis</i> sp. procedente del exterior de la galería de El Cedro. <b>Figura 521</b> (Drcha.), Diatomea del género <i>Pinnularia</i> sp. (posiblemente <i>arenaria</i> ) en el sedimento del interior de la misma. Ambas a 600x. J.A. ....	799
<b>Figuras 522-523-524</b> , Bocetos de algunos quistes de crisofitas detectados en las pozas del barranco de El Riachuelo. J.A. ....	800
<b>Figuras 525 y 526</b> Fitolitos de plaquetas con conos apuntados ( <i>sedge cones phytoliths</i> ) propios de las ciperáceas. A la izquierda en vista polar y a la derecha en vista de perfil. Ambas 600x. J.A. ....	800
<b>Figura 527</b> (Izqda.), Silicofitolito alargado y ornamentación equinada. <b>Figura 528</b> (Drcha.), Silicofitolito en forma de plaqueta con conos y satélites apuntados. Ambas: 600x. ....	801
<b>Figura 529</b> (Izqda.), Diatomea del género <i>Navicula</i> . <b>Figura 530</b> (Drcha.), Fragmento de diatomea del género <i>Surirella</i> sp. Ambas 600x. ....	802
<b>Figura 531</b> , Estomatocisto/Quiste en La Fuente de La Piedra, junto a silicofitolito de célula larga trapezoidal. 600x. ....	803
<b>Figuras 532-533</b> , Fitolitos de células bilobulados y polilobulados. Ambas 600x. ....	803
<b>Figura 534</b> , Situación de los Puntos Húmedos Altos. ....	806
<b>Figura 535</b> , Punto Húmedo Alto 2, con señalización de la zona muestreada. ....	807

<b>Figura 536</b> , Contexto geográfico y geológico inmediato a los Puntos Húmedos Altos. J.A. ....	808
<b>Figura 537</b> (Izqda.), Grupo de especies de diatomeas dominantes en Punto Húmedo Alto 2, en la parte superior ejemplar perteneciente al género <i>Luticola</i> sp. y fragmento de <i>Hantzschia</i> sp. <b>Figura 538</b> (Drcha.), Ejemplares de <i>Hantzschia</i> sp., especie dominante en el sedimento del Punto H. Alto 2. Ambas: 600x. J.A. ....	815
<b>Figura 539</b> , Conjunto de diatomeas presentes en el P-Húm-Alt-3. 600x. J.A. ....	817
<b>Figuras 540 y 541</b> , Diatomeas del grupo dominante en el Punto Húmedo Alto 3. ....	819
<b>Figura 542</b> , (Drcha.), Partícula silicificada sin clasificar. <b>Figura 543</b> (Drcha.), Posible fitolito de célula buliforme cuneiforme. J.A. ....	820
<b>Figura 544</b> (Izqda.), Fitolito de célula corta bilobulada. <b>Figura 545</b> (Drcha.), Célula bilobulada de diferente esquema morfométrico a la anterior. Ambas 600x. ....	830
<b>Figura 546</b> (Izqda.), Base de tricoma o posible fitolito de cono apuntado ( <i>segde cone</i> ) propio de las ciperáceas. <b>Figura 547 A</b> (Drcha.), Diatomea del género <i>Pinnularia</i> sp. Ambas 600x. ....	831
<b>Figura 547 B</b> (Izqda.), Diatomea del género <i>Diatoma</i> sp. <b>Figura 548</b> (Drcha.), Diatomea del género <i>Epithemia?</i> sp.. Ambas en PHum-VC y 600x. ....	831
<b>Figura 549</b> , Localización de la zona del Perfil R-18 en el Llano de Uanca. A.G.....	842
<b>Figura 560</b> , Perfil R-18. A.G.....	843
<b>Figura 561</b> , Fitolito de célula corta <i>Pooideae</i> . <b>Figura 562</b> (Drcha.) Posible fitolito de célula buliforme cuneiforme, con clara afectación de proceso de disolución de SiO <sub>2</sub> . Ambas: 600x. ....	849
<b>Figura 563</b> (Izqda.), Silicofitolito <i>Poaceae</i> de célula larga dendriforme. <b>Figura 564</b> (Drcha.), Silicofitolito de apéndice epidérmico <i>Poaceae</i> con síntomas de alteración. Fotos: I. Hernández (USAL) y J. Afonso (ULL). ....	850
<b>Figura 565</b> (Izqda.) y <b>566</b> (Drcha.), Ejemplos de silicofitolitos de células buliformes cuneiformes en el horizonte Bt1. Nótese la gran diferencia existente entre sus ejes de simetría, basados en una forma ideal formada por una zona apuntada triangular y una forma de arco. 600x. ....	852
<b>Figura 567</b> (Izqda.) y <b>Figura 568</b> (Drcha.), Ejemplos de otras células buliformes localizadas en R-18 (Bt 1). Ambas: 600x. ....	852
<b>Figura 569</b> (Izqda.), Diatomea céntrica del género <i>Aulacoseira/Melosira</i> sp. <b>Figura 570</b> (Drcha.), Diatomea pennada de género <i>Navicula</i> sp. Fotos: J.A. ....	853
<b>Figura 571</b> (Izqda.), Microfotografía de quiste esférico y sin ornamentación (600x). <b>Figura 572</b> (Drcha.), Propuesta de ilustración para el quiste de mayor complejidad morfológica, que podría adscribirse a los géneros <i>Outesia</i> sp. o <i>Carnegia</i> sp. J.A. ....	856
<b>Figura 573</b> , Depresión rocosa modelada por el agua sobre colada basáltica Pahoe-hoe proveniente de Pico Viejo. Este tipo de pequeñas cascadas han sido observadas en repetidas ocasiones durante las prospecciones del Barranco de	

La Arena y sus aledaños, tanto en la parte baja como alta del mismo. El pulido de las zonas más expuestas a la acción del agua llega a ser tan acentuado como para plantear que en su génesis existen procesos erosivos hídricos de gran intensidad. J.A. ....	867
<b>Figura 574</b> , Efectos de las avenidas invernales del Barranco de La Arena, con eliminación de la cobertura arenosa superficial, depósito de grandes cantos rodados y arrasamiento de la vegetación del cauce (sistemas radiculares al descubierto). J.A. ....	870
<b>Figura 575-576</b> , Materiales históricos localizados en las cercanías del Perfil BLACH-1, Fragmento de cerámica histórica (Izqda.) y Fragmento de suela de calzado (Drcha.). La intensidad de la ocupación histórica reciente de esta zona estuvo centrada alrededor de la explotación de los recursos vegetales, como la apicultura, la producción de carbón y la extracción de “cisco” (“todo lo viejo” de <i>Spartocytisus supranubius</i> ). J.A. ....	871
<b>Figura 577</b> , Vista general del perfil BLACH-1. ....	872
<b>Figura 578</b> , El Perfil BLACH-1 bajo condiciones invernales, con notable incremento del depósito aluvial de componente arenoso y posibles procesos de gelifracción ocasionados por el ciclo hielo-deshielo. J.A. ....	876
<b>Figura 579</b> (Izqda.), Aspecto de lo que entendimos inicialmente como costras arenosas detectadas en la zona alta de la Cañada de Pedro Méndez. La primera interpretación dada a este material es que se trataba de huellas de cuencas hídricas relictas, ya que aparecían en zonas afectadas por la erosión hídrica.	
<b>Figura 580</b> (Drcha.), la misma costra conformando el nivel superficial actual (Estrato 4) del perfil BLACH-1 y donde pueden apreciarse varias líneas de discontinuidad. Ambos materiales posteriormente han sido clasificados como depósitos de lahares o de tipo <i>surge</i> . J.A. ....	878
<b>Figura 581</b> , Propuesta básica de estratificación para la unidad litoestratigráfica BLACH-1. J.A. ....	880
<b>Figura 582-583</b> , Horizonte edáfico situado inmediatamente por encima de las costras de lahar del perfil BLACH-1, cuyo límite superior se encuentra bajo una mezcla de grandes rocas y suelo arrastrado por las escorrentías en dirección al perfil. J.A. ....	884
<b>Figura 584</b> (Izqda.), Célula larga trapezoidal sinuosa, <b>Figura 585</b> (Drcha.), Célula corta trapezoidal. Ambas detectadas a la profundidad de 120 cm. y fotografiadas a 600x. ....	890
<b>Figura 586</b> (Izqda.), Célula larga, sección elíptica y ornamentación dendriforme en origen (300x). <b>Figura 587</b> (Centro), Célula globular con posible ornamentación verrugada, o restos de tricoma (600x). <b>Figura 588</b> (Drcha.), Partícula microscópica con morfología muy semejante a una célula buliforme cuneiforme (600x). Detectadas a 100 cm. ....	891
<b>Figura 589</b> , Aspecto de la preparación confeccionada con la muestra correspondiente a 50 cm., limos finos y microcarbones. 600x. ....	892
<b>Figura 590</b> (Izqda.), Conjunto microfósil en BLACH-1 correspondiente al nivel de lahar y Estrato 4, (amarillo: microcarbón, malva: fitolito bilobulado; verde: quiste de crisofita). <b>Figura 591</b> (Drcha.), Fragmento de fitolito bilobulado en la misma muestra. Pese a las bajas concentraciones generales de microfósiles en este tipo de material, la presencia de al menos dos morfologías de fitolito	

bilobulado de células cortas confirma la presencia de gramíneas de la subfamilia <i>Panicoideae</i> en algunos niveles. 600x. ....	893
<b>Figura 592</b> , Zona del Llano/Valle de Chafarí donde se realizó el Perfil Chafarí-I. ....	898
<b>Figura 593</b> , Aspecto de la superficie del Valle de Chafarí, conformada como lo que podría ser un pavimento desértico, con ausencia de fracciones finas y predominio de elemento gruesos (>2 mm.). Escala: 10 cm. ....	900
<b>Figura 594</b> , Muestras fragmentadas de <i>Lahar/surge</i> existentes en la zona del perfil Chafarí I. Escala: 10 cm. ....	902
<b>Figura 595</b> , Zona central del Valle de Chafarí (hacia el SE) tras el sellado del Perfil Chafarí-I. ....	903
<b>Figuras 596-597</b> , Fragmentos de cerámica aborígen en superficie, en las inmediaciones del perfil Chafarí-I. ....	904
<b>Figura 598</b> , Concentraciones de carbones históricos, expuestos y arrastrados por escorrentías en los márgenes del valle. ....	904
<b>Figura 599</b> , Perfil Chafarí-I tras el proceso de toma de muestras. ....	906
<b>Figura 600</b> , Imagen del Valle de Chafarí hacia Boca de Tauce, con situación aproximada de las zonas donde se efectuaron sondeos edáficos. En blanco, zona de muestreo de cauce arenoso (CH-ME-1), en amarillo Perfil Chafarí-I. ....	907
<b>Figura 601</b> (Izqda.), Vidrio volcánico en CH-I 5-8 cm. <b>Figura 602</b> (Drcha.), Limos gruesos en CH-I 45 cm. Ambas 600x. ....	918
<b>Figura 603</b> , Limos finos en CH-I, 45 cm., con posible fitolito globular liso de gimnospermas (blanco). 600x. ....	920
<b>Figura 604</b> (Izqda.), Fitolito trapezoidal sinuoso. <b>Figura 605</b> (Drcha.), Fitolito de célula larga dendriforme (en origen). Ambas 600x. ....	921
<b>Figura 606</b> (Izqda.), Fitolito de célula corta elíptica en vista polar. <b>Figura 607</b> (Drcha.), Posible fitolito de célula corta trapezoidal en vista lateral. Ambas 600x. ....	921
<b>Figura 608</b> (Izqda.), Célula bilobulada. <b>Figura 609</b> (Drcha.), Silicificación de compleja adscripción. Ambas 600x. ....	922
<b>Figura 610</b> , Corte del sondeo CH-ME-1. Pueden diferenciarse tres partes constitutivas: una superficial de color gris, formada por fracciones gruesas y arenas, una segunda, de textura más fina y ocre, y una más profunda, donde de nuevo parecen retomarse los valores de la superficie. ....	924
<b>Figura 611</b> , Cráneo de un insecto fósil (Izqda.), fotografiado a 150x. <b>Figura 612</b> (Drcha.), Detalle de una de las dos piezas bucales, 600x. ....	927
<b>Figura 613</b> Partícula mineral vacuolada (izqda.) y biomineral silicificada. Ambas de tamaño enclavado en la fracción arena 200-50 µm. 300x. ....	928
<b>Figura 614</b> , Silicificaciones globulares entre partículas de limo. 600x. ....	929
<b>Figura 615</b> (Izqda.), Silicificación detectada en R-16, 600x + ajuste óptico. <b>Figura 616</b> (Drcha.) silicificación detectada en residuo silicificado de <i>Pinus canariensis</i> , 600x. J.A. ....	930
<b>Figura 617</b> , Episodio de precipitación, bajo la forma de aguanieve, durante las tareas de prospección invernal en el Barranco de La Arena. J.A. ....	942
<b>Figura 618</b> , Efecto posterior a la escarcha nocturna, en los primeros centímetros de suelo del Valle de Chafarí. J.A. ....	945

<b>Figuras 619-620-621</b> , Parte de las partículas que integran la fracción arenas 200-50 µm de CH-N3, G12, T5. 300x .....	964
<b>Figura 622</b> , Partícula de limo con signos de afectación tafonómica eólica....	967
<b>Figura 623</b> (Izqda.), fragmento silicificado de probable sección triangular.	
<b>Figura 624</b> (Drcha.), Fragmento fitolito equinado y sección elíptica. Ambas 600x. ....	970
<b>Figura 625</b> , Silicificaciones y partículas minerales en limos del levantamiento 7, la flecha señala un silicofitolito de apéndice epidérmico <i>Poaceae</i> . 600x....	971
<b>Figura 626</b> , Varias tipologías de microfósiles en los limos de la talla 5. En blanco: fragmentos silicofitolitos de células largas equinados; en amarillo: quiste de crisofita; verde: ¿silicofitolito globular liso?. 600x. ....	972
<b>Figura 627</b> (Izqda.), Limos altamente silicificados en el levantamiento 5, 300x. <b>Figura 628</b> (Drcha.), ¿Posible silicificación globular?, 600x. ....	972
<b>Figura 629</b> (Izqda.), Posible fitolito de célula buliforme cuneiforme afectado por proceso de disolución de la sílice que lo integra. <b>Figura 630</b> (Drcha.), Fitolito de célula larga con ornamentación dendriforme en origen también detectado en la cuadrícula F13, T.7, pero sin indicios de disolución. Ambas 600x. ....	978
<b>Figuras 631-632</b> , Ejemplos de cristalizaciones de calcita (pseudomorfos) con morfología de arena de cristales bajo luz polarizada. Ambas 600x. ....	988
<b>Figuras 633-634</b> , Posibles fitolitos de oxalato pertenecientes al género <i>Pinus</i> sp., observado a 600x con luz transmitida convencional (Izqda.) y polarizada (Drcha.). Su estado no revela haber estado expuesto a muy altas temperaturas. Ambas: 600x. ....	989
<b>Figura 635-636</b> , Traqueida con engrosamientos anulares, bajo luz ligeramente polarizada ( <b>Izqda.</b> ) y nícoles cruzados ( <b>Drcha.</b> ). Ambas 600x. ....	989
<b>Figuras 637-638</b> , Agrupaciones de pseudomorfos de calcita o sus fragmentos, posiblemente derivados de la fragmentación de morfologías de mayor tamaño, de oxalatos de calcio, como las presentes en los tejidos de <i>Pinus</i> . El grado de anisotropía de estas cristalizaciones es patente incluso antes de aplicar completamente los filtros de polarización (Izquierda a derecha). Ambas 600x. ....	990
<b>Figura 639-640</b> , Posibles oxalatos de calcio/pseudomorfos de calcita procedentes de tejidos de <i>Pinus</i> , afectados por una temperatura que aun no ha producido fragmentación interna. ....	991
<b>Figura 641</b> (Izqda.), <b>Figura 642</b> (Drcha.), Ambas 600x. ....	992
<b>Figura 643</b> , Frotis confeccionado con muestra sin tratar del levantamiento 5, con numerosas partículas birrefringentes de muy diversos tamaños. 600x. ..	994
<b>Figuras 644, 645, 646 (Izq. a Drcha.)</b> Silicificaciones de gran tamaño en levantamiento 5. ....	996
<b>Figura 647</b> (Izqda.), Quiste de crisofita entre partículas de limo. <b>Figura 648</b> (Drcha.), Fitolito de células larga trapezoidal sinuosa. Ambas 600x. ....	978
<b>Figura 649</b> , Fitolito de apéndice epidérmico con signos de disolución de SiO <sub>2</sub> en la talla 4. 600x. ....	996
<b>Figura 650</b> (Izqda.), Fitolito de célula larga equinado pero sección elíptica y ornamentación dendriforme en origen, detectado en la talla 7. <b>Figura 651</b>	



(Drcha.), Fracción limos probablemente con alto componente biogénico, entre los que cabe señalar un fitolito de célula larga equinada/dendriforme que podría corresponder a las envueltas florales de granos de cereal, pero también a la inflorescencia de alguna gramínea local. 600x y 300x respectivamente.....	998
<b>Figura 652</b> , 600x. ....	999
<b>Figura 653</b> (Izqda.), Dibujo de célula bilobulada detectada en la talla 5.	
<b>Figura 654</b> (Drcha.), célula en forma de cruz/bilobulada con diferente configuración, detectada en residuo de industria de molturación localizada en el conjunto arqueológico de Chafarí, tomada a 600x. ....	1000
<b>Figura 655</b> (Izqda.), Agregados silíceos. <b>Figura 656</b> (Drcha.), Quiste de crisofita entre agregados silíceos. Imágenes tomadas en muestras correspondientes al centro del hogar (CH-N3, G12, T7, 138). 600x. ....	1000
<b>Figura 657</b> , Posibles elementos globulares agregados, 600x. ....	1001
<b>Figura 658</b> , diatomea pennada, propuesta como <i>Diploneis</i> sp. ....	1002
<b>Figura 659</b> , Quiste de crisofita elíptico, ornamentado y con collar simple.	
<b>Figuras 660 y 661</b> , quistes esféricos y sin collar. Todas a 600x. ....	1002
<b>Figura 662</b> , Esferulita de fauna herbívora, 600x. ....	1004
<b>Figura 663</b> (Izqda.), Partícula mineral con rasgos propios de la erosión y transporte eólico. <b>Figura 664</b> (Drcha.), Silicofitolito de célula larga trapezoidal polilobulado. Ambas: 600x. ....	1005
<b>Figura 665 (Izqda.)</b> , Posible fitolito de célula buliforme y <b>Figura 666</b> (Drcha.), propuesta de reconstrucción de sus principales ejes de simetría. 600x.....	1007
<b>Figuras 667 y 668</b> , Diatomeas en MPC-1582. 1000x. ....	1009
<b>Figura 669</b> , Vaso cerámico MPC-1582 .....	1010
<b>Figura 670</b> , 600x. ....	1011
<b>Figura 671</b> , Posible fitolito asociado a partículas de arcilla. <b>Figura 672</b> (Drcha.), fragmento/elemento microscópico de tejido vegetal carbonizado. Ambas 600x. ....	1011
<b>Figura 673</b> , 600x. ....	1012
<b>Figura 674</b> , 600x. ....	1012
<b>Figura 675</b> , Registro microscópico del residuo A de la pieza signada para su tratamiento como E.M./E.R., donde pueden apreciarse fitolitos globulares (blanco), fragmentos de otros no identificables (amarillo), partículas de carbón (verde), agregados de arcilla (azul) y partículas minerales de tamaño limo (marrón). 600x. ....	1013
<b>Figura 676</b> (Izqda.), Célula corta bilobulada y posible fragmento de apéndice epidérmico o de otro tipo de célula bilobulada. <b>Figura 677</b> (Drcha.), Célula corta bilobulada. Ambas 600x. ....	1018
<b>Figuras 678 y 679</b> , Fragmentos de fitolitos de esqueletos silíceos localizados en el paquete intestinal de la momia de la Cañada de El Capricho. Izqda. 400x, Drcha. 600x. ....	1020
<b>Figura 680</b> (Izqda.), Células poligonales de posible correspondencia con la capa de aleurona de los granos de cereal. <b>Figura 681</b> (Drcha.), Célula de la capa de aleurona bajo la cual se observa la correspondiente a la de gránulos de almidón. 300x y 600x respectivamente. J.A. ....	1021

<b>Figura 682 A y B</b> (Izqda.), Gránulos de almidón. 600x. ....	1022
<b>Figura 683</b> (Izqda.), Oxalato de calcio de <i>Pinus</i> sp., donde no se aprecian signos de alteración por choque térmico. <b>Figura 684</b> (Izqda.), Células poligonales de naturaleza celulósica. Ambas 600x. ....	1023
<b>Figura 685</b> (Izqda.), Posibles células en empalizada bajo luz transmitida convencional. <b>Figura 686</b> (Drcha.), las mismas de la figura anterior bajo luz polarizada. Ambas 600x. ....	1023
<b>Figuras 687-688</b> , Elementos birrefringentes. 600x .....	1025
<b>Figuras 689-690</b> , Silicificaciones lisas con sección triangular. 600x .....	1026
<b>Figuras 691-692</b> , Tejidos vegetales no identificados, 300x y 600x respectivamente .....	1027
<b>Figura 693</b> (Izqda.), Parte del registro de silicificaciones presentes en las heces de muflón, con células cortas de gramíneas <i>Pooideae</i> , conos apuntados de ciperáceas y diatomeas pennadas. <b>Figura 694</b> (Drcha.), Fitolitos de célula corta bilobulada y apéndice epidérmico de base oval. Ambas 600x. ....	1028
<b>Figura 695</b> (Izqda.), Diatomea del género <i>Eunotia</i> sp. <b>Figura 696</b> (Drcha.), Silicificaciones de células cortas, largas, apéndices epidérmicos de tipo <i>Poaceae</i> , entre otros. Ambas en heces fecales de <i>O. musimon</i> , 600x. ....	1029
<b>Figuras 697</b> (Izqda.), Tejido fibrovascular vegetal. <b>Figura 698</b> (Drcha.), Epidermis vegetal. Ambas 600x. ....	1030
<b>Figura 699</b> (Izqda.), Fitolito de célula larga trapezoidal sinuosa. <b>Figura 700</b> (Drcha.), Esqueleto silíceo. Ambas 600x. ....	1030
<b>Figuras 701, 702, 703</b> , Biomineralizaciones en heces fecales de <i>Ovis aries</i> , 600x. ....	1031
<b>Figura 704</b> , Aspecto de la preparación confeccionada con residuos de heces fecales de <i>Ovibos moschatus</i> , en primer plano célula corta trapezoidal tipo <i>Pooideae</i> , 600x. ....	1032
<b>Figura 705</b> (Izqda.), Silicofitolito de célula larga con ornamentación aislada. <b>Figura 706</b> (Centro), Posibles traqueidas con engrosamientos anulares. <b>Figura 707</b> (Drcha.), Silicofitolito con múltiples facetas lisas. Todas a 600x. ....	1032
<b>Figuras 708</b> , esferulita bajo luz parcial y totalmente polarizada. 600x .....	1033
<b>Figuras 709-710-711-712</b> , Algunos de los conjuntos fitolíticos observados en el paleosuelo de la playa de Los Roques (centro). 600x .....	1036
<b>Figuras 713</b> (Izqda.) y <b>714</b> (Drcha.), fitolitos de apéndice epidérmico de base ovalada, propios de los tejidos de hojas y tallos de gramíneas. Las diferencias de tamaño pueden deberse tanto a que corresponden a diferentes partes de la planta como a diferentes especies. Ambas 600x. ....	1037
<b>Figura 715</b> , Perfil DECA-1, con señalización de la zona de muestreo (margen inferior derecho). ....	1039
<b>Figura 716</b> , Vista general preparación Muestra 3, con fitolito alargado equinado <i>Poaceae</i> en primer término. <b>Figura 717</b> , Vista general Muestra 3 con microcarbones, vidrio volcánico y fitolito <i>Poaceae</i> afectado por proceso de disolución de SiO <sub>2</sub> . 300x. ....	1039
<b>Figura 718</b> (Izqda.), Aspecto preparación Muestra 3 con fitolito de célula corta <i>Pooideae</i> en primer término, 300x <b>Figura 719</b> (Drcha.), Fitolito de grandes dimensiones afectado por proceso de disolución de SiO <sub>2</sub> . 600x. ....	1040

<b>Figura 720</b> , Microagregados remanentes de arcilla con célula corta <i>Panicoideae</i> en primer término y otras pertenecientes a gramíneas. <b>Figura 721</b> , Fitolito de gran tamaño y posible sección hexagonal. 600x. ....	1041
<b>Figuras 722 (Izqda.) y 723 (Drcha.)</b> , Conjuntos microfósiles en la muestra N°2 de DECA-1, 600x. ....	1041
<b>Figuras 724-725-726</b> , Diversos conjuntos de silicificaciones presentes en la muestra N°1 del paleosuelo DECA-1. 600x .....	1042
<b>Figura 727 (Izqda.)</b> , Fitolitos de células bilobuladas. <b>Figura 728 (Drcha.)</b> , Silicificación en ¿paralelepípedo?. Ambas 600x. ....	1043
<b>Figura 729 (Izqda.)</b> , Fitolito de célula larga irregular y verrugado. <b>Figura 730 (Drcha)</b> , Fitolito tipo Puzzle Ambos presentes en horizonte superficial del suelo de El Pijaral. 600x. J.A. ....	1051
<b>Figura 731 (Izqda.)</b> , Fitolito del tipo traqueida con engrosamientos anulares. <b>Figura 732 (Drcha.)</b> , Valva de diatomea pennada con rafe, probablemente del género <i>Cymbella</i> sp. Ambos 600x. ....	1053
<b>Figura 733</b> , Partículas aisladas en el perfil Las Lajas. 600x .....	1056
<b>Figura 734-735</b> , Fitolitos de células largas facetadas o traqueidas facetadas, en el suelo de Las Quebradas (Anaga). Pese a sus manifiestas diferencias de tamaño y morfología pueden tener su origen en la misma planta: <i>Ocotea foetens</i> . Ambas 600x .....	1058
<b>Figura 736</b> , Microfragmentos de carbón y partículas silicificadas (amarillo: posible silicofitolito de Palmácea; blanco: posibles fitolitos de gramíneas; verde: posible fragmento silicificación de pteridofito) en la muestra correspondiente a 70 cm. (Perfil Coromoto). 600x. ....	1060
<b>Figura 737</b> , Punto Húmedo en la Playa de Los Roques. El desarrollo de flora de ambiente húmedo, aquí ejemplificado por <i>Colocasia</i> sp. contrasta con la afectación de la zona de escorrentía por cantos rodados (callados) de la playa inmediata. J.A. ....	1062
<b>Figura 738 (Izqda.)</b> , Diatomea del género <i>Diploneis</i> sp. (amarillo) y diatomea céntrica (blanco). <b>Figura 739 (Drcha.)</b> , Diatomea del género <i>Pinnularia?</i> sp. y pequeña diatomea céntrica citada en el texto. 600x. ....	1063
<b>Figura 740 (Izqda.)</b> , Diatomea pennada. <b>Figura 741 (Drcha.)</b> , Fragmentos de valvas de diatomeas. Ambas 600x .....	1064
<b>Figura 742</b> , Formación de una “mareta” en el Llano de Uanca, bajo las condiciones atmosféricas generadas por un frente atlántico del SW. La cantidad de agua depositada durante estos episodios puede llegar a ser tan importante como transformar el paisaje y el ambiente. Diciembre 2011. J.A. ....	1069
<b>Figura 743</b> , Colonización vegetal de las morrenas laterales y escarpes del valle y glaciar de Briksdal. J.A. ....	1071
<b>Figura 744</b> , Ambiente periglacial en la zona de <i>OldStrynefjell Road</i> . J.A. .	1075
<b>Figura 745</b> , Registro de coordenadas de sedimentos en la zona de desagüe del glaciar de Kjenndal (límite zona de seguridad). ....	1076
<b>Figura 746</b> , Escarpe norte del valle glacial de Kjenndal. Obsérvese la línea de avance de la vegetación con respecto a los derrubios más inmediatos a la lengua glacial. J.A. ....	1077
<b>Figura 747 (Izqda.)</b> , Partículas minerales (300x). <b>Figura 748 (Drcha.)</b> , Detalle de partícula mineral de la misma muestra anterior (600x). En fracción	

total (sin fraccionar y libres de arcillas) de sedimento acuático de charca de montaña (Old Strynfedjell Road). J.A. ....	1082
<b>Figura 749</b> (Izqda.), Quiste de crisofita esférico con collar simple. <b>Figura 750</b> (Drcha.), Quiste elíptico. Ambos en sedimento de charca de montaña, <i>Old Strynfedjell Road</i> . Ambas 600x. ....	1083
<b>Figura 751</b> (Izqda.), Diatomea del género <i>Eunotia</i> sp., 600x. <b>Figura 752</b> (Drcha.), Quiste de crisofita, 600x. ....	1083
<b>Figura 753</b> (Izqda.), Diatomea propuesta para el género <i>Gonphonema</i> . <b>Figura 754</b> (Drcha.), Diatomea del género <i>Eunotia</i> . ....	1085
<b>Figura 755</b> , Partículas minerales en sedimento morrénico lateral de Briksdal Glacier. 600x. ....	1086
<b>Figura 756</b> (Izqda.), Diatomea del género <i>Navicula</i> sp.. <b>Figura 757</b> (Drcha.), Quiste de crisofita. Ambas en morrena del Glaciar de Briksdal. 600x. ....	1087
<b>Figuras 758, 759, 760, 761, 762 y 763</b> , Silicificaciones detectadas en muestra de lahar, 1500x y 600x. J.A. ....	1094
<b>Figura 764</b> (Izqda.), Fragmento de vidrio volcánico, 600x. <b>Figura 765</b> (Drcha.), partículas de arenas 200-50 µm, con una silicificación que podría tener un origen biogénico. 600x. ....	1095
<b>Figuras 766, 767, 768</b> , Fitolitos de célula buliforme cuneiforme (Izqda.), tipo saddle (centro) y fusiforme (Drcha.), vinculados a la formación de carrizal monoespecífico situada en la marisma/marjal de Catoira. 600x ....	1103
<b>Figura 769</b> (Izqda.), Espícula de esponja, de ornamentación equinada. <b>Figura 770</b> (Drcha.), Fragmento de espícula de gran tamaño, mostrando su característico canal interno. Ambas 600x. ....	1103
<b>Figuras 771, 772 y 773</b> , Quistes de crisofitas (Izquierda y centro) y diatomea del género <i>Eunotia</i> sp., todas a 600x. ....	1105
<b>Figura 774</b> , Quistes de crisofitas y fragmentos de diatomeas en entorno de turberas de Dåmbos, Noruega ....	1106
<b>Figuras 775 y 776</b> , Registro de silicificaciones en sedimento de entorno de turberas, Dåmbos, Noruega. ....	1107
<b>Figura 777 y 778</b> , Fitolitos de célula corta (Izqda.) y larga (Drcha.) <i>Pooideae</i> . 600x ....	1108
<b>Figura 779</b> , Charca de montaña en Vega de Camayor. ....	1109
<b>Figura 780</b> , Fracción >2 mm. J.A. ....	1110
<b>Figura 781</b> , (Izqda.), Fitolito de célula corta elíptica perteneciente a una gramínea <i>Pooideae</i> . <b>Figura 782</b> (Drcha.), Diatomea del género <i>Epithemia</i> sp.. Ambas 600x. J.A. ....	1111
<b>Figuras 783, 784, 785, 786, 787, 788</b> , Registro microscópico e imagen del Ibón «alto» del Valle de Remuñe. ....	1113
<b>Figuras 789-790</b> , Fitolitos de células bilobuladas. 600x ....	1114
<b>Figura 791</b> (Izqda.), Quistes de crisofitas. <b>Figura 792</b> (Drcha.), Diatomea de simetría bilateral y morfología hantzschioide. Ambas 600x. ....	1116
<b>Figura 793</b> (Izqda.), Fitolito trapezoidal de célula corta...en vista lateral. <b>Figura 794</b> (Drcha.), Fitolito de célula corta trapezoidal en vista polar. Ambas 600x. ....	1118

<b>Figura 795</b> (Izqda.), Fitolitos <i>Poaceae</i> , de célula corta trapezoidal y célula larga equinada. <b>Figura 796</b> (Drcha.), Fitolito de célula larga polilobulado. Ambas 600x. ....	1118
<b>Figura 797</b> (Izqda.), Quiste de crisofita esférico con poro aparentemente cónico. <b>Figura 798</b> (drcha.), Fitolito globular liso con ornamentación rugosa o posibles evidencias de disolución de SiO <sub>2</sub> . Ambas 600x. ....	1118
<b>Figuras 799 y 800</b> , Fragmentos de espículas de esponjas. 600x .....	1119
<b>Figura 801</b> (Izqda.), Fragmento de fitolito alargado y liso ( <i>elongate psilate phytolith</i> ) junto a valva de diatomea del género <i>Epithemia</i> sp. <b>Figura 802</b> (drcha.), Fitolito de célula buliforme cuneiforme ( <i>cuneiform bulliform phytolith</i> ). Ambas 600x. ....	1120
<b>Figura 803</b> (izqda.), Fitolito de apéndice epidérmico con proceso de disolución de SiO <sub>2</sub> en superficie. <b>Figura 804</b> (drcha.), Fitolito con buena parte de su morfología degradada por el mismo proceso. Ambas 600x. ....	1121
<b>Figuras 805-806</b> , Fracción 2-700 µm de la muestra de la Formación Tereñes, con claro predominio de limos medios, entre los que destacan microfragmentos de carbón. Ambas 600x. ....	1124
<b>Figura 807</b> , Aspecto del sedimento contextual al cráneo de uro de las terrazas del Manzanares. Con percepción de agregados de arcilla y la única presencia de microcarbón (blanco) y quistes de crisofitas, muy aislados (amarillo). 300x.....	1125
<b>Figura 808</b> (Izqda.), Partículas minerales romas, de tamaño limo-arenas finas. <b>Figura 809</b> (Drcha.), Silicificación alargada de bordes lisos, también entre partículas similares a las anteriores. Amba 300x. ....	1126
<b>Figura 810</b> , Diatomeas del género <i>Aulacoseira</i> spp. (Izqda.). <b>Figura 811</b> (Drcha.), valva de diatomea del género <i>Cymbella</i> sp. (drcha.). Ambas 600x. ....	1130
<b>Figuras 812-813-814</b> , Fitolitos de células buliformes cuneiformes presentando varias tipologías en base a la disposición de sus ejes de simetría. 600x. ....	1133
<b>Figuras 815, 816</b> , Parte del registro microfósil detectado en muestra de adobe de Shunet ez-Shebib, 600x .....	1134
<b>Figuras 817 y 818</b> , Parte del registro microfósil detectado en muestra de adobe de Shunet ez-Shebib, 600x .....	1135

**\*Nota:** Con las excepciones citadas en modo abreviado, todas las figuras corresponden a imágenes tomadas por el autor.

## Índice de Gráficos

Pág.

<b>Gráfico 1</b> , Grupos vegetales representados por el estudio preliminar de los conjuntos de fitolitos y microalgas en el Horizonte A del Perfil Las Lajas (Anaga, Tenerife). Las variaciones por profundidades indican la presencia de grupos vegetales que, como algunas especies de pteridofitos y gramíneas, parecen indicar la apertura —por causas antrópicas— del dosel arbóreo, considerado tradicionalmente como climácico. Particular que orientamos hacia prácticas de carboneo histórico sobre la vegetación propia de Monteverde, entre otras cosas atestiguado por la presencia de microcarbón en toda la secuencia estratigráfica analizada—. J.A. ....	15
---	----

<b>Gráfico 2</b> , Distribución de taxones, en algunas de las familias botánicas más representativas de Las Cañadas del Teide. Fuente: Wildpret & Martín, 2000. J.A. ....	122
<b>Gráfico 3</b> (Izqda.), Distribución de taxones, por subfamilias <i>Poaceae</i> , en Las Cañadas del Teide. <b>Gráfico 4</b> , (Drcha.), Géneros <i>Poaceae</i> integrados por subfamilias en las Islas Canarias. Fuente: Wildpret & Martín (2000); LESDCanarias (Aceves <i>et al.</i> , 2004) respectivamente. J.A. ....	123
<b>Gráfico 5</b> (Izqda.), Clasificación de géneros <i>Poaceae</i> que contienen taxones endémicos, nativos e introducidos en Canarias (Fuente: LESDCanarias, 2004).	
<b>Gráfico 6</b> (Izqda.), Posible calificación de taxones englobados en géneros <i>Poaceae</i> de Las Cañadas (Fuente: LESDCanarias, 2004; Wildpret & Martín, 2000). Elab.: J.A. ....	124
<b>Gráficos 7 y 8</b> , Distribución de los taxones englobados en <i>Fabaceae</i> en Las Cañadas del Teide (Izqda.) y en la totalidad de las Islas Canarias (Drcha.). Fuente: Wildpret & Martín (2000) y LESDCanarias (2004). J.A. ....	150
<b>Gráfico 9</b> , Taxones <i>Asteraceae</i> en Las Cañadas del Teide. ....	154
<b>Gráfico 10</b> , Distribución de las ciperáceas en Canarias y Las Cañadas. ....	161
<b>Gráfico 11</b> , Estimación del % de contenido en sales de oxalatos de calcio desde la pérdida de peso asociada a la eliminación de carbonatos presentes en la ceniza, mediante oxidación en HCL+HNO <sub>3</sub> . Correspondencia de abreviaturas en <b>Gráfico 12</b> . ....	283
<b>Gráfico 12</b> , Comparativo de pérdidas de peso asociadas a disolución de carbonatos en muestras de varias especies vegetales, tomando como base sus restos calcinados (ceniza). ....	284
<b>Gráfico 13</b> , Distribución de biomineralizaciones en las familias botánicas analizadas. ....	290
<b>Gráfico 14</b> ; Estimación número de géneros de diatomeas por tipo de hábitat Fuente: Round <i>et al.</i> , (1989). ....	303
<b>Gráfico 15</b> , Cuantitativo (expresado según Índice de Smol) de microalgas totales de la <i>Fuente de La Piedra</i> (Las Cañadas del Teide) y obtenido del análisis de una preparación 2x2 cm. confeccionada con 1000 µl extraídos de 40 ml. de muestra en suspensión. J.A. ....	315
<b>Gráfico 15b</b> , Comparativo analítico de dos muestras de sedimento de CH-N tratadas bajo ataque ácido con acético y clorhídrico + nítrico. ....	354
<b>Gráfico 16</b> , Seguimiento de la pérdida de peso, en función de los tratamientos aplicados a los tejidos vegetales y asociación del residuo restante con el contenido en SiO <sub>2</sub> (Peso. Final. <i>Dry Ashing.</i> ), en muestras de <i>Pinus canariensis</i> . J.A. ....	441
<b>Gráficos 17-18</b> , Estimaciones morfométricas de pseudomorfos de calcita presentes en acículas y troncos, realizadas con el eje de simetría largo (A) y ancho (B). J.A. ....	444
<b>Gráfico 19-20</b> , Datos resultantes del comparativo morfométrico realizado sobre morfotipos del apéndice del fruto (Izqda.) y fruto (Drcha.). J.A. ....	443
<b>Gráficos 21-22</b> , Comparativo métrico (Ø en µm) entre los morfotipos globulares equinados de los troncos (Drcha.) y los de las hojas (Izqda.), de <i>Phoenix canariensis</i> y <i>P. dactylifera</i> . J.A. ....	451

<b>Gráfico 23</b> , Comparativo de dimensiones preliminares totales ( $\emptyset$ en $\mu\text{m}$ ) entre morfotipos globulares (con y sin ornamentación equinada) presentes en las hojas (HJ.), troncos (TR.), fruto (FR) y apéndice del fruto (AP. FR.) de <i>Phoenix canariensis</i> . J.A. ....	451
<b>Gráfico 24</b> , Cuantitativo sobre 100 ejemplares de gránulos de almidón del rizoma de <i>Pteridium aquilinum</i> . ....	458
<b>Gráfico 25</b> , Cuantitativo relativo de fitolitos globulares equinados en suelos con desarrollo de <i>Phoenix canariensis</i> . ....	525
<b>Gráfico 26</b> , Comparativo absoluto de fitolitos globulares equinados, por gramo de muestra, en los suelos de referencia. J.A. ....	526
<b>Gráfico 27</b> , Distribución de tres tipos de microfósiles en la prueba de verificación del método cuantitativo. ....	538
<b>Gráfico 28</b> , Curva acumulada de datos sobre el contenido de tres grupos microfósiles, fitolitos de palmera: <b>SF-Glob ECh.</b> ; Quistes de crisofitas: <b>QC</b> ; Valvas de diatomeas: <b>Diat.</b> ), en dos preparaciones de cada nivel arqueológico de La Cerera (Corte 2), confeccionadas con el mismo volumen de extracción. J.A. ....	539
<b>Gráfico 29</b> , Pesos de las muestras resultantes de los tratamientos tendentes a la eliminación de elementos cementantes y fracción arcilla. Como puede observarse la mayoría de las muestras presenta sólo 0,5 g., formados en este caso por arenas y limos y partículas biominerales. ....	542
<b>Gráfico 30</b> , Curva acumulada, de tres grupos de microfósiles, por gramo de muestra de sedimento arqueológico de La Cerera. ....	543
<b>Gráficos 31</b> , Distribución de los porcentajes referentes a algunos de los parámetros del sedimento de dos niveles opuestos del Corte 2 de La Cerera. ....	549
<b>Gráfico 32</b> , Comparativo de contenidos en materia orgánica oxidable y arcilla en suelos con cultivos de Caña de azúcar (Vega de Arucas) y cultivos modernos abandonados (zona de La Cerera). J.A. ....	551
<b>Gráfico 33</b> , Primera estimación de materia orgánica oxidable en sedimentos de La Cerera. ....	555
<b>Gráfico 34</b> , Datos aportados en la 2ª analítica sobre materia orgánica oxidable en sedimentos de La Cerera ....	557
<b>Gráfico 35</b> , Curva acumulada, de contenidos en $\text{CaCO}_3$ , en las muestras de los tres cortes de La Cerera, en relación al peso de partida (Ps. In.), tomado como valor 100%. ....	563
<b>Gráfico 36</b> , Estimación detallada de $\%\text{CaCO}_3$ (por descarbonatación mediante HCl) en los sedimentos de tres cortes de La Cerera. ....	564
<b>Gráfico 37</b> , Primera estimación de la tendencia granulométrica del sustrato arqueológico del <i>Corte 2 de La Cerera</i> con fines microscópicos, donde se aprecia el predominio de la fracción limo. J.A. ....	567
<b>Gráfico 38</b> , Curvas acumuladas de fracción arcilla en dos analíticas. J.A. ..	569
<b>Gráfico 39</b> , 2ª estimación de las fracciones granulométricas de las muestras de sedimento del <i>Corte 2 de La Cerera</i> , tras una mayor eliminación de la fracción arcilla. La fracción 50-2 $\mu\text{m}$ deja de ser predominante para serlo la <2 $\mu\text{m}$ (= / > 40%). J.A. ....	572

<b>Gráfico 40</b> , Curva acumulada de valores obtenidos con el análisis de la muestra correspondiente al nivel superficial de CE-Ext. ....	573
<b>Gráfico 41</b> , Comparativo entre los porcentajes de la fracción limo de las dos estimaciones granulométricas. ....	577
<b>Gráfico 42</b> , Tendencia de los resultados obtenidos en la fracción arenas 200-50 $\mu\text{m}$ de sedimentos del Corte 2 de La Cerera. ....	581
<b>Gráfico 43</b> , Comparativo de dimensiones de ejes de simetría (A, B y C) en varios fitolitos de células buliformes cuneiformes/ <i>Arc:Triangle</i> detectados en la fracción 200-50 $\mu\text{m}$ de sedimentos de La Cerera. J.A. ....	585
<b>Gráfico 44</b> , Comparativo contenidos en Arenas >200 $\mu\text{m}$ en dos analíticas sobre sedimentos de La Cerera.....	593
<b>Gráfico 45</b> , Peso inicial, tras aplicación de $\text{H}_2\text{O}_2$ , arcilla (<2 $\mu\text{m}$ ) y >2 $\mu\text{m}$ (Arenas y limos) del sedimento de la estructura de combustión UME 20. ....	594
<b>Gráfico 46</b> , Porcentajes de $\text{CaCO}_3$ y materia orgánica oxidable del sedimento de la estructura de combustión UME 20. ....	596
<b>Gráfico 47</b> , Curva acumulada de datos morfométricos obtenidas sobre los elementos microscópicos descritos en el texto. Como puede apreciarse el componente métrico del eje longitudinal (A) supera en su mayoría al eje transversal (B), generando la figura geométrica, de tendencia rectangular, observada al microscopio. J.A. ....	598
<b>Gráfico 48</b> , Valores de pH actuales en el perfil C.2, tomados y adaptados de Criado & Hansen, 2009. J.A. ....	604
<b>Gráfico 49</b> , Curvas acumuladas de dos estimaciones de pH en sedimentos del Corte 2 de La Cerera. ....	606
<b>Gráfico 50</b> , Registro de microalgas en los sedimentos de la secuencia estratigráfica correspondiente al Corte-2, por cada 1000 $\mu\text{l}$ de muestra en disolución. J.A. ....	614
<b>Gráfico 51</b> , Cuantitativo de fragmentos y ejemplares completos de fitolitos de células largas equinadas por cada 1000 $\mu\text{l}$ . (muestra en suspensión), introduciendo un factor de error de $\pm 6\%$ . ....	635
<b>Gráfico 52</b> , N <sup>o</sup> de fragmentos y ejemplares completos de fitolitos de células largas equinadas y/o dendriformes por gramo neto de muestra (sin elementos cementantes ni arcillas). ....	635
<b>Gráfico 53</b> , Cuantitativo de células bilobuladas por gramo de muestra. ....	643
<b>Gráfico 54</b> , Cuantitativo de microalgas en CE-2.8 por $\text{pm } 2 \times 2$ . ....	662
<b>Gráfico 55</b> , Estimación cuantitativa y porcentual del ratio de quistes de crisofitas y valvas de diatomeas ( <i>Índice de Smol</i> , 1985) aplicado al cuantitativo de microalgas en la secuencia CE-2.2a–CE-2.8., por cada 1000 $\mu\text{l}$ de muestra de suspensión. ....	667
<b>Gráfico 56</b> , Cuantitativo microalgas (diatomeas + quistes de crisofitas) en sedimentos de La Cerera. Al contrario que lo mostrado con la aplicación del Índice de Smol ( <b>Gráfico 53</b> ) la aparente paridad entre los porcentajes entre quistes y valvas de diatomeas en la secuencia estratigráfica no es tal, al menos cuando se observa la curva acumulada de resultados totales por preparación microscópica (1000 $\mu\text{l}$ desde 40 ml de muestra en suspensión). ....	668



<b>Gráfico 57</b> , Comparativo del cuantitativo de fitolitos globulares equinados (1000 µl desde 40 ml) realizado sobre muestras de suelos actuales ocupados por palmeras. J.A. ....	670
<b>Gráfico 58</b> , Curva acumulada de resultados de fitolitos de palmeras en conjunción con quistes de crisofitas y valvas de diatomeas, señalando los niveles con dataciones absolutas. Resultados por 1000 µl de muestra en suspensión. ....	671
<b>Gráfico 59</b> , Índice de Smol (1985) traducido a porcentajes desde el registro cuantitativo de microalgas en La Cerera (C2). J.A. ....	673
<b>Gráficos 60-61</b> , comparativos morfométricos de buliformes (Ejes A, B y C) de <i>Phragmites australis</i> (PHRAUS, taxón de Valle Gran Rey) y <i>Arundo donax</i> (ARUDON, taxón de Geneto). J.A. ....	698
<b>Gráfico 62</b> , Dimensiones (µm) y posibles interrelaciones de los principales ejes de simetría en los taxa referenciales que podrían permitir configurar <i>modelos gráficos ideales</i> . Los nombres científicos (binomiales) han sido abreviados (P. ej. Sachoff= <i>Saccharum officinarum</i> ). J.A. ....	735
<b>Gráfico 63</b> , Curvas acumuladas de resultados del análisis de sedimentos, mostrando los porcentajes de materia orgánica (MO), carbonatos (CaCO <sub>3</sub> ) y principales fracciones granulométricas. J.A. ....	737
<b>Gráfico 64</b> , Células buliformes totales por preparación microscópica 2x2 cm., con estimación de las morfologías consistentes y no totalmente identificables (No Idet.) en trece puntos de El Llanillo (P-1/P-13). ....	739
<b>Gráfico 65</b> , Cuantitativo de buliformes en suelo de referencia (Ar-d-01) y procedentes de El Llanillo-03, por gramo de muestra. ....	741
<b>Gráfico 66</b> , Comparativo gráfico de resultados totales (valores en µm.) de los tres ejes de simetría principales, entre 20 morfotipos escogidos al azar, de El Llanillo-05 y 4 taxones de referencia. ....	742
<b>Gráfico 67</b> , Dimensiones (en µm.) y relación entre ejes de simetría de morfotipo por adscribir a especie vegetal (T5) y morfotipos patrones (T1,T2,T3 y T4). ....	743
<b>Gráficos 68, 69 y 70</b> , Histogramas de la distribución de las frecuencias de los parámetros A, B y C en cinco grupos de muestras de fitolitos buliformes cuneiformes sometidos a análisis estadístico. ....	748
<b>Gráficos 71 y 72</b> , Representación de las distribuciones de las observaciones métricas realizadas sobre los parámetros A, B y C de los fitolitos buliformes cuneiformes analizados. ....	749
<b>Gráficos 73 y 74</b> , Representación, mediante diagramas de bisagras Tukey, de los valores de los parámetros A, B y C, para los grupos de estudio (fitolitos buliformes de <i>Phragmites australis</i> ) y las muestras-problema. ....	750
<b>Gráficos 75 y 76</b> , Representación gráfica de la separación por grupos de casos analizados (fitolitos de células buliformes de <i>Phragmites australis</i> ) obtenida mediante funciones discriminantes. ....	753 y 754
<b>Gráfico 77</b> , Comparativo de las fracciones granulométricas en la selección de sedimentos de Puntos Húmedos de Las Cañadas. J.A. ....	795
<b>Gráfico 78</b> , Curva acumulada de valores analíticos del sedimento de la Galería de El Cedro, Interior y exterior. ....	797

<b>Gráfico 79</b> , Curva acumulada de valores analíticos del sedimento del posible Punto Húmedo cercano a la Galería de El Cedro. ....	797
<b>Gráfico 80</b> , estimación porcentual de los grupos microfósiles más representados en las muestras. ....	804
<b>Gráfico 81</b> , Composición de las fracciones granulométricas en los Puntos Húmedos Altos. J.A. ....	809
<b>Gráfico 82</b> , Curva acumulada de los porcentajes asociados a materia orgánica (MO), carbonatos (CACHO <sub>3</sub> ) y fracciones granulométricas. J.A. ....	810
<b>Gráficos 83-84</b> , Número de morfologías microfósiles asociadas a grupos biológicos (Diatomeas, silicofitolitos, quistes de crisofitas y espículas de esponjas) detectados en los Puntos Húmedos Altos 2 (Izqda.) y 3 (Drcha.). J.A. ....	811
<b>Gráfico 85</b> , Cuantitativo de microfósiles por gramo de muestra tratada del Punto-Húm.-Alto-2. J.A. ....	813
<b>Gráfico 86</b> , Cuantitativo de microfósiles totales (preparación 2x2) en PHA-2 (3.210 m.s.n.m.) . J.A. ....	819
<b>Gráfico 87</b> , Registro microfósil total del Punto Húmedo Alto 3 (3.134 m.s.n.m.) en preparación microscópica 2x2 cm. J.A. ....	823
<b>Gráfico 88</b> , Estimación cuantitativa y porcentual del ratio quistes de crisofitas y valvas de diatomeas (Índice de Smol) en los Puntos Húmedos Altos, en preparación 2x2 cm. J.A. ....	827
<b>Gráfico 89</b> , Cuantitativo (Nº ejemplares por 1000 µl) y porcentaje entre valvas de diatomeas totales (pennales + céntricas) y quistes de crisofitas aplicando el <i>Índice de Smol</i> en P-Hum-VC. J.A. ....	833
<b>Gráfico 90</b> , Cuantitativo de tipos de microalgas por preparación 1000 µl en PH-VC. ....	834
<b>Gráfico 91</b> , Datos analíticos básicos de la muestra correspondiente a P-Hum-VC. J.A. ....	836
<b>Gráfico 92</b> , Fracciones granulométricas en Perfil R-18. ....	847
<b>Gráfico 93</b> , Comparativo de los principales ejes de simetría entre células buliformes de referencia (Promedios) y algunos ejemplares detectados en R-18 Bt1. ....	851
<b>Gráfico 94</b> , Cuantitativo de microalgas por preparación 2x2. ....	854
<b>Gráfico 95</b> , Aplicación del <i>Índice de Smol</i> en el registro de microalgas del Perfil R-18. J.A. ....	855
<b>Gráfico 96</b> , Cuantitativo relativo de microfósiles en R-18 por preparación 2x2 cm. ....	858
<b>Gráfico 97</b> , R-18, Cuantitativo de microfósiles totales por gramo de muestra. ....	858
<b>Gráfico 98</b> , Curva analítica (materia orgánica + carbonatos y fracciones granulométricas) de la primera muestra de nivel de lahar tratado en laboratorio. J.A. ....	883
<b>Gráfico 99</b> , Contenidos en materia orgánica determinados por oxidación en H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> en BLACH-1. Los datos no expresados lo son por poco significativos, hay que entender que el material descrito a 1-2 cm. se entiende como límite de la	

secuencia litoestratigráfica, sobre la cual aun se sitúan unos 40 cm. de suelo actual. J.A. ....	885
<b>Gráfico 100</b> , Pérdida de peso asociada a la eliminación de materia orgánica y carbonatos tras la aplicación de reactivos químicos en las muestras de BLACH-1. Como puede apreciarse, el componente mineral (fracción insoluble al ácido) es muy elevado tras los tratamientos oxidantes (> 4 gr. sobre 5 gr.). J.A. ....	887
<b>Gráfico 101</b> , Curva de tendencia granulométrica de BLACH-1. ....	888
<b>Gráfico 102</b> , Valores de pH en H <sub>2</sub> O actual del Perfil Chafarí-I. ....	908
<b>Gráfico 103</b> , Contenidos en materia orgánica oxidable en perfil Chafarí-I...909	
<b>Gráfico 104</b> , Contenidos en CaCO <sub>3</sub> (%) en virtud de la pérdida de peso en presencia de HCl+HNO <sub>3</sub> , en muestras del perfil Chafarí I. ....	910
<b>Gráfico 105</b> , Curvas acumuladas de valores de pH y %CaCO <sub>3</sub> en perfil Chafarí-I. ....	911
<b>Gráfico 106</b> , Distribución arenas >200 µm, en perfil CH-1. ....	912
<b>Gráfico 107</b> , Distribución de la fracción arenas 200-50 µm en perfil Chafarí-I.....	913
<b>Gráfico 108</b> , Distribución de la fracción limo. ....	913
<b>Gráfico 109</b> , Distribución de la fracción arcilla. ....	914
<b>Gráfico 110</b> , Curvas acumuladas de datos obtenidos en el Perfil Chafarí-I. ....	915
<b>Gráfico 111</b> , Comparativo de contenidos en carbonatos y materia orgánica en las muestras del sondeo edáfico CH-ME-1. ....	925
<b>Gráfico 112</b> , Promedios de los datos analíticos en CH-ME-1 ....	925
<b>Gráfico 113</b> , Curva analítica acumulada, de cuatro muestras, de varias profundidades, del levantamiento 5 del hogar de CH-N <sub>3</sub> . ....	947
<b>Gráfico 114</b> , Valores de pH en la selección de muestras de CH-N <sub>3</sub> . ....	950
<b>Gráfico 115</b> , Contenidos en materia orgánica oxidable (H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ) en la selección de muestras de sedimento de la estructura de combustión de CH-N <sub>3</sub> . J.A. ...	952
<b>Gráfico 116</b> , Contenidos en carbonatos de la selección de sedimentos de la estructura de combustión de CH-N <sub>3</sub> . ....	955
<b>Gráfico 117</b> , Pesos iniciales (Ps. In.) y finales (Ps. H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , Ps. HCL+HNO <sub>3</sub> ), de la selección de muestras de sedimentos de CH-N <sub>3</sub> (E.C.), antes y después de los tratamientos químicos. Tras la eliminación de materia orgánica y carbonatos, la fracción insoluble al ácido (mineral+biomineral silicificada) sigue presentando un promedio de 4 grs. (columna ocre), siendo la pérdida de peso más acusada tras la eliminación de carbonatos que de materia orgánica. J.A. ....	957
<b>Gráfico 118</b> , Curvas de valores de pH y %CaCO <sub>3</sub> en selección de muestras de CH-N <sub>3</sub> . ....	960
<b>Gráfico 119</b> , Porcentajes de la fracción arenas >200 µm. en la selección de muestras de CH-N <sub>3</sub> .....	962
<b>Gráfico 120</b> , Porcentajes de la fracción arenas 200-50 µm. ....	963
<b>Gráfico 121</b> , Curvas acumuladas de la relación entre los contenidos en arenas >200 µm y 200-50 µm en la selección de muestras de la estructura de combustión de CH-N <sub>3</sub> . J.A. ....	965
<b>Gráfico 122</b> , Porcentaje de la fracción limo en la selección de muestras de la estructura de combustión de CH-N <sub>3</sub> . ....	969

<b>Gráfico 123</b> , Contenidos en la fracción arcilla en CH-N <sub>3</sub> .....	975
<b>Gráfico 124</b> , Contenidos conjuntos (%) de materia orgánica (M.O.), carbonatos (CaCO <sub>3</sub> ) y fracciones granulométricas en selección de muestras de la estructura de combustión de CH-N <sub>3</sub> . J.A. ....	976
<b>Gráfico 125</b> , Curvas acumuladas de los datos obtenidos sobre la matriz sedimentaria de la selección analizada de CH-N <sub>3</sub> . ....	977
<b>Gráfico 126</b> , Cuantitativo microfósil desde 500 µl de muestra en disolución, en preparación de 2x2cm. Realizado como ejemplo de valores cuantitativos relativos. ....	1005
<b>Gráfico 127</b> , Valores aproximados de materia orgánica en el horizonte A <sub>11</sub> del perfil Las Lajas. ....	1047
<b>Gráfico 128</b> , Estimación de contenidos conjuntos de materia orgánica y carbonatos en los tres horizontes constituyentes del suelo representado en el perfil Las Lajas. ....	1048
<b>Gráfico 129</b> , Distribución de fracciones granulométricas (%) en horizonte A <sub>11</sub> del Perfil Las Lajas. ....	1049
<b>Gráfico 130</b> , fracciones granulométricas y contenido en materia orgánica por gramo de muestra del suelo con desarrollo de <i>Ocotea foetens</i> de Las Quebradas. J.A. ....	1057
<b>Gráfico 131</b> , Curva acumulada de fracciones granulométricas (%) en Perfil Coromoto. Nótese la cierta preponderancia de la fracción limo (50-2 µm). .	1059
<b>Gráfico 132</b> , Porcentajes de contenidos en materia orgánica (Corg) + CaCO <sub>3</sub> y fracciones granulométricas. J.A. ....	1078
<b>Gráfico 133</b> , Curvas acumuladas de tendencias analíticas y granulometría de tres muestras de sedimento glaciario (cauce y morrena). ....	1079
<b>Gráfico 134</b> , Granulometría del sedimento de charca en altos OldStrynFeld (TUV-Z.Alt.). ....	1080
<b>Gráfico 135</b> , Contenidos porcentuales de materia orgánica, CaCO <sub>3</sub> y granulometría de varios puntos de arroyo, río y charca de montaña respectivamente. J.A. ....	1081
<b>Gráfico 136</b> , Porcentajes de pérdida de peso y fracciones granulométricas. ....	1084
<b>Gráfico 137</b> , Curvas acumuladas de las muestras correspondientes al Lahar del Barranco de La Arena (AR-FL-CHAF) y sedimentos glaciares. ....	1090
<b>Gráfico 138</b> , % de fracciones granulométricas de ambas muestras. J.A. ....	1091
<b>Gráfico 139</b> , Curvas granulométricas acumuladas complementarias al análisis microfósil. J.A. ....	1091
<b>Gráfico 140</b> , Curva acumulada de contenidos en materia orgánica/carbonatos y fracciones granulométricas y otros componentes. J.A. ....	1101
<b>Gráfico 141</b> , Curva acumulada de fracciones granulométricas en dos muestras de suelos con <i>Phragmites australis</i> . ....	1102
<b>Gráfico 142</b> , Algunas de las características del sedimento de lagunas de la zona de Dãmbos. ....	1106
<b>Gráfico 143</b> , Porcentajes de materia orgánica y fracciones granulométricas en muestra de limos/margas de la Formación Tereñes. ....	1123

**Gráfico 144**, Proporciones (%) de los contenidos en materia orgánica (M.O.), carbonatos (CaCO<sub>3</sub>) y fracciones granulométricas en relación con el 100%, representado aquí por el peso de partida (Ps. In.) de la muestra analizada de los limos de Aswan. ....1128

Índice de tablas.	Pág.
<b>Tabla 1</b> , Distribución aproximada de la procedencia de las muestras analizadas para el desarrollo de esta tesis.....	171
<b>Tabla 2</b> , Localizaciones de taxones de <i>Phragmites australis</i> . ....	172
<b>Tabla 3</b> , Localizaciones de los muestreos para el estudio de microalgas y sedimentos de zonas húmedas. ....	175
<b>Tabla 4</b> , Procedencia de muestras de paleosuelos.....	182
<b>Tabla 5</b> , Designación de muestras de La Cerera. ....	188
<b>Tabla 6</b> , Sedimentos de la estructura de combustión de CH-N <sub>3</sub> . ....	192
<b>Tabla 7</b> , Muestras de CH-N <sub>3</sub> seleccionadas para el estudio de sedimentos...	192
<b>Tabla 8</b> , No existe (eliminada por redundancia).	
<b>Tabla 9</b> , Localización de las muestras de zonas glaciares y periglaciares. ....	199
<b>Tabla 10</b> , Muestras de heces fecales de herbívoros actuales. ....	200
<b>Tabla 11</b> , Ejemplo de disparidad, en el ratio propuesto por Krihnan <i>et al.</i> (2000), entre un fitolito de morfología alargada y otro buliformes.....	280
<b>Tabla 12</b> , Pasos del protocolo MCAM estándar. ....	386
<b>Tabla 13</b> , Estimación de % en SiO <sub>2</sub> en selección de muestras vegetales desde su tratamiento de laboratorio. ....	432
<b>Tabla 14</b> , Estimación de % en SiO <sub>2</sub> en cereales. ....	434
<b>Tabla 15</b> , Estimación de % en SiO <sub>2</sub> en verduras y leguminosas.....	434
<b>Tabla 16</b> , Comparativo entre los fitolitos globulares equinados de <i>P. canariensis</i> y <i>P. dactylifera</i> presentes en sus hojas. Datos extraídos del morfométrico de 100 ejemplares de fitolitos por planta. ....	452
<b>Tabla 17</b> , Resultados de tratamiento <i>Dry ashing</i> sobre tejidos de <i>S. supranubius</i> (taxón de El Riachuelo). ....	470
<b>Tabla 18</b> , Resultados analíticos diferenciales sobre los tejidos de los troncos.....	471
<b>Tabla 19</b> , Morfométrico tricomas en hojas de <i>Ficus carica</i> .....	474
<b>Tabla 20</b> , Valores de medidas de la pared de los tricomas de <i>Ficus carica</i> ....	475
<b>Tabla 21</b> , Estimación de %SiO <sub>2</sub> en pan de escanda. ....	492
<b>Tabla 22</b> , Estimación de % SiO <sub>2</sub> en Pan integral de centeno .....	494
<b>Tabla 24</b> , Autovalores en análisis discriminante de fitolitos de células buliformes .....	751
<b>Tabla 25</b> , Lambda de Wilks en análisis discriminante de fitolitos de células buliformes .....	751-752
<b>Tabla 26</b> , Matriz de coeficientes estandarizados de las funciones discriminantes canónicas en el estudio de fitolitos de células buliformes .....	752

<b>Tabla 27</b> , Matriz de estructura para conocer las correlaciones entre las funciones discriminantes y las variables en el estudio de fitolitos de células buliformes .....	752
<b>Tabla 28</b> , Coeficientes de las funciones canónicas discriminantes de las funciones discriminantes con las cuales es posible obtener las puntuaciones de los ejes para cada individuo (fitolitos buliformes.....)	752
<b>Tabla 29</b> , Funciones en los centroides de los grupos .....	753
<b>Tabla 30</b> , Probabilidad de pertenencia (%) de distintas muestras-problema a los grupos estudiados .....	754-755
<b>Tabla 31, 32, 33, 34, 35 y 36a</b> , Resumen de las funciones canónicas discriminantes para el estudio de fitolitos de células buliformes.....	756
<b>Tabla 36b</b> , Probabilidad de pertenencia (%) de distintas muestras-problema a los grupos estudiados .....	757
<b>Tabla 37</b> , Número de asignaciones de los fitolitos de células buliformes de las muestras-problema a especies vegetales patrones. ....	760
<b>Tabla 38</b> , Biomineralizaciones no-silíceas detectadas en horizonte superficial del suelo actual del Valle de Chafarí cercano a la zona arqueológica de CH-N <sub>3</sub> .....	992
<b>Tabla 39</b> , Biomineralizaciones no-silíceas en muestras del levantamiento 2 de CH-N <sub>3</sub> .....	994
<b>Tabla 40</b> , Biomineralizaciones no-silíceas en muestras del levantamiento 3 de CH-N <sub>3</sub> .....	994
<b>Tabl 41</b> , Biomineralizaciones no-silíceas en muestras del levantamiento 4 de CH-N <sub>3</sub> .....	994
<b>Tabla 42</b> , Biomineralizaciones no-silíceas en muestras del levantamiento 5 de CH-N <sub>3</sub> .....	994
<b>Tabla 43</b> , Biomineralizaciones no-silíceas en muestras del levantamiento 6 de CH-N <sub>3</sub> .....	995
<b>Tabla 44</b> , Biomineralizaciones no-silíceas en muestras del levantamiento 7 de CH-N <sub>3</sub> .....	995

**Fe de erratas.**

**Sobre la paginación:** durante la impresión final se ha detectado un error en la paginación del documento, que atañe a las páginas en blanco, a las que no se tuvo en cuenta para la paginación general. Aspecto que no afecta a la búsqueda de un determinado epígrafe en el texto siempre que se recurra a la paginación señalada en los índices que figuran al comienzo de cada volumen.

**Pág. 8:** se repite el número de portada en página de inicio del texto.

**Pág. 418:** la expresión correcta es solamente 500 ( $\mu\text{l}$ ).

**Pág. 390:** el epígrafe **Plantas Patrones de Referencia: problemática asociada a la presencia de arcillas** se omitió involuntariamente del Índice de contenidos.

**Pág. 481:** el epígrafe Conclusiones sobre las fichas de análisis biomineral se omitió involuntariamente del Índice de contenidos.

**Pág. 535:** en el último epígrafe debe decir: aproximación.

**Pág. 75:** la **Figura 30** no aparece en el Índice de Figuras, pero sí en la página 1039 (**Figura 715**): corresponde al mencionado paleosuelo.

**Pág. 259:** las Figuras 102 y 103 se han omitido involuntariamente del Índice de Figuras.

**Pág. 842 y 843:** existe un salto no intencionado, pero asumido, entre la numeración de las Figuras 549 a 560.