

inDiferente

CIENCIA y DIVULGACIÓN

Química en el ambiente

AMENAZA SILENCIOSA
PARA NUESTRA FAUNA



[UN VIAJE DE 10000 AÑOS]

LOS BOSQUES DEL PASADO EN LAS ISLAS CANARIAS

**The forests of the past in the Canary Islands:
a journey of 10,000 years**

The Canary Islands provide an exceptional scenario to study vegetation changes through time, since they are diverse in geographical, geological, biological and historical aspects. Surprisingly, little attention has been paid to this region to date. Suitable sites for fossil preservation have been found in three islands of the Canary Islands: Tenerife, La Gomera and Gran Canaria, and sedimentary sequences, spanning part of the Holocene, were recently studied by means of fossil pollen and charcoal analyses to reconstruct vegetation and fire history. Results obtained so far show that Canarian vegetation has been subject to changes in the past, mostly driven by climate dynamics and human activities. La Gomera sequence was the oldest, allowing to track shifts in forest composition related to past climate change. In contrast, Tenerife and Gran Canaria underwent the most significant changes in vegetation after human settlement, involving the increase of fires, the decline and disappearance of species, the opening of the forest, the spread of grasses and shrubs, and the introduction of cultivated plants. Similar patterns of vegetation change have been found on islands worldwide, where palaeoecological information is increasingly showing its potential in conservation ecology and management.

LEA DE NASCIMENTO, SANDRA NOGUÉ, CONSTANTINO CRIADO, ROBERT J. WHITTAKER,
KATHY J. WILLIS Y JOSÉ MARÍA FERNÁNDEZ-PALACIOS

Las comunidades vegetales de Canarias y el paisaje que conforman en la actualidad son el resultado de un largo proceso en el que las especies que colonizaron el archipiélago, o que surgieron *in situ* por diversificación de las primeras, han sido capaces de adaptarse (o no, en este caso, extinguiéndose) a cambios ambientales de muy diferente origen. Durante millones de años el clima y los eventos geológicos han sido los principales agentes de modelado del paisaje vegetal, originando perturbaciones que consideramos naturales como, por ejemplo, cambios abruptos en la temperatura y en las precipitaciones, las oscilaciones del nivel del mar, las erupciones volcánicas, los deslizamientos o los incendios naturales. A estas perturbaciones naturales podemos sumar además las interacciones bióticas, es decir, las relaciones que se establecen entre las propias especies como, por ejemplo, la competencia por los recursos, la dispersión o la depredación. Si consideramos los más de veinte millones de años de edad que tienen las islas más antiguas actualmente emergidas, es tan solo en los últimos momentos de su prolongada historia cuando el ser humano comienza a ejercer como un nuevo agente transformador del paisaje, provocando perturbaciones antrópicas o culturales, tales como la deforestación, la introducción voluntaria o involuntaria de especies exóticas o los incendios, entre otras. Conocer cómo eran los ecosistemas del pasado y cómo han respondido frente a las perturbaciones naturales y culturales a lo largo del tiempo es el principal objetivo de la paleoecología¹. Este conocimiento es necesario para entender los procesos que ocurren a largo plazo, es decir, en periodos que abarcan miles de años, que es, en realidad, la escala temporal en la que ocurren la mayoría de los procesos ecológicos y evolutivos y que, por lo tanto, no son observables mediante los estudios ecológicos convencionales que abarcan tan solo una o varias décadas en el mejor de los casos. La información que se obtiene en los estudios

paleoecológicos tiene además aplicación en la conservación y gestión medioambiental², pues estos datos sirven para determinar cuáles eran las condiciones naturales de los ecosistemas antes de la llegada de los humanos, condiciones que podemos utilizar como situaciones de referencia (las llamadas *ecological baselines*) en tareas de restauración ecológica. Conociendo la evolución temporal de un ecosistema a largo plazo, también podemos determinar cuál es su variabilidad natural y cómo suele responder ante determinadas perturbaciones, de forma que es posible diagnosticar si el ecosistema está en buen estado; si, por el contrario, está en una situación irrecuperable o si, a pesar de estar degradado, se está recuperando. Asimismo, se puede predecir cómo va a responder cada ecosistema ante determinados eventos en el futuro, como, por ejemplo, los originados por el calentamiento global o la presión de las actividades humanas.

Conociendo la evolución temporal de un ecosistema a largo plazo, también podemos determinar cuál es su variabilidad natural y cómo suele responder ante determinadas perturbaciones.

Existen numerosos ejemplos de estudios paleoecológicos en islas y de su aplicabilidad en la conservación. En Hawái, por ejemplo, los registros paleoecológicos demuestran que en los últimos milenios las variaciones en la circulación atmosférica del Pacífico han ocasionado desplazamientos altitudinales de los vientos alisios, y estos a su vez han provocado cambios en la distribución y composición del bosque húmedo³. Esta información permitiría predecir los cambios de distribución del bosque en respuesta al cambio climático. En Galápagos se ha utilizado el registro fósil para confirmar que ciertas especies que se consideraban exóticas estaban presentes en las islas antes de su descubrimiento en 1535 y que, por lo tanto, se trataba de especies nativas no introducidas por los humanos⁴. La reclasificación del origen de estas especies evita inversiones innecesarias, y muchas veces ineficaces, en la erradicación de supuestas especies invasoras que en realidad son nativas. En Nueva Zelanda, se ha descrito cómo el régimen de incendios naturales fue modificado primero por los maoríes y posteriormente por los colonos

Europeos, que hicieron uso del fuego para abrir la vegetación forestal, con lo que se incrementó el número de incendios considerablemente⁵. Estos registros permiten definir el régimen de incendios naturales que deberíamos mantener para respetar la dinámica natural de la vegetación y el umbral para el cual la vegetación es recuperable. A pesar de que son muchas las islas que cuentan con estudios paleoecológicos, las islas Canarias y el resto de los archipiélagos de la Macaronesia apenas han sido explorados bajo este enfoque. Recientemente investigadores del grupo de Ecología y Biogeografía Insular y del departamento de Geografía de la Universidad de La Laguna, en colaboración con investigadores de la Universidad de Oxford, hemos establecido una línea de investigación que trata de reconstruir los ambientes del pasado en la Macaronesia mediante el uso de técnicas paleoecológicas. En este artículo presentamos un resumen de los principales resultados obtenidos hasta ahora en las islas Canarias.

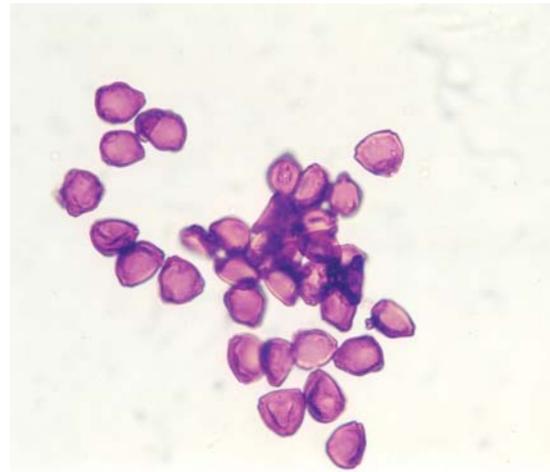
El método: ¿qué nos dicen los fósiles?

La paleoecología es la reconstrucción de los paleoambientes, o ambientes del pasado, mediante el estudio de fósiles, es decir, los restos o huellas de organismos que vivieron en el pasado, y de los sedimentos en los que se han preservado¹. Los fósiles vegetales, restos o impresiones de hojas, tallos, flores, frutos o semillas, se utilizan para reconstruir la vegetación del pasado e intentar establecer relaciones con factores geológicos, climáticos, bióticos y humanos que la hayan modificado. Uno de los indicadores fósiles más utilizados para la reconstrucción de la vegetación en el tiempo es el polen (el término polen fósil se utiliza para referirse tanto a los granos de polen como a las esporas de helechos). Polen y esporas son

Bosque termófilo con palmeras y sabinas en Tierra del Trigo (Tenerife) similar en composición a la vegetación del entorno de la Laguna de Valleseco entre 4500 y 2300 años antes del presente.

[FOTO y FOTO PORTADA: José Juan Hernández]





Granos de polen de faya *Morella faya*.

[FOTO: Lea De Nascimento]

producidos en abundancia, se dispersan de forma homogénea, son resistentes al deterioro por el paso del tiempo y presentan estructuras diferenciadas, por lo que pueden recuperarse e identificarse grandes cantidades de polen fósil en una variedad de sedimentos. Esto supone una ventaja frente a otro tipo de fósiles menos abundantes, puesto que la abundancia de polen permite obtener una resolución temporal (muchas muestras con continuidad en el tiempo) y espacial (muchos sitios con polen en una región) mucho mayores, que dan lugar a recuentos significativos, que son comparables mediante análisis cuantitativos y estadísticos

similares a los que se aplican en cualquier estudio ecológico.

Para poder interpretar la mezcla de polen que encontramos en una muestra de sedimentos necesitamos comprender los principios del análisis de polen¹ que resumimos a continuación. El polen es producido por las plantas que viven en una zona y un momento determinados, y, por lo tanto, la lluvia de polen representa la composición y abundancia de las especies en la vegetación de ese momento y lugar. La lluvia de polen originada por las plantas se mezcla en el aire de manera uniforme hasta que se deposita. Cuando la deposición ocurre en una cuenca sedimentaria, como por ejemplo un lago, se va acumulando en las capas de sedimentos de forma ordenada en el tiempo. Si además se dan las condiciones adecuadas de anaerobiosis (ausencia de oxígeno), el polen puede preservarse durante mucho tiempo (de cientos a miles de años). A partir de una secuencia sedimentaria (que obtenemos perforando el suelo), podemos extraer el polen contenido en las distintas capas de sedimentos que representan distintas edades, siendo más antiguas las capas más profundas y más recientes las más superficiales. El polen contenido en cada capa o nivel puede contarse e identificarse (generalmente a nivel de familia, pero a veces también a nivel de género o especie) utilizando un microscopio, de forma que obtenemos la representación y abundancia

de las plantas que constituían la vegetación de cierta zona en distintos periodos (figura 1).

Junto con el polen se extraen también fragmentos de carbón procedentes de plantas que se han quemado y que se van acumulando en los sedimentos. Dependiendo de su tamaño, los fragmentos de carbón pueden indicarnos incendios que quemaron la vegetación local (fragmentos grandes o macrocarbónes, que solo pueden alcanzar distancias cortas desde su punto de origen) o vegetación a escala regional (fragmentos pequeños o microcarbónes, que pueden alcanzar distancias más largas). El carbón que se acumula en los sedimentos junto con otros restos de material vegetal sirve además para poner fecha a los distintos niveles de la secuencia sedimentaria mediante la datación por radiocarbono (¹⁴C).

Buscando los fósiles

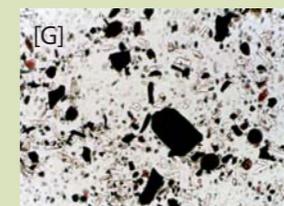
Una de las mayores dificultades para desarrollar el análisis de polen fósil en Canarias es la escasez de depósitos en los que se haya podido acumular y conservar polen. En general, los sitios más aptos suelen ser los lagos, las turberas, los hielos permanentes o los sedimentos marinos; sitios que no existen en Canarias o son de difícil ac-



ceso, como es el caso de estos últimos. Aún así, hemos encontrado ciertos sitios donde aparentemente se han dado condiciones favorables para la preservación de los fósiles y que nos han permitido encontrar cantidades suficientes como para reconstruir la vegetación de forma fiable. Nuestras zonas de estudio son básicamente antiguas lagunas y calderas.

Mapa de la ciudad de La Laguna en 1588 con la laguna ubicada al norte de la ciudad según Leonardo Torriani. Imagen reproducida de Juan Tous Meliá: *Tenerife a través de la cartografía (1588-1899)*. Museo Militar Regional de Canarias, Ayuntamiento de San Cristóbal de La Laguna, Tenerife, 1996.

El criterio inicial que aplicamos para elegir un sitio adecuado para la preservación de fósiles es que hubiera alguna prueba de la existencia de un pequeño lago o laguna, asegurándonos de esta manera de que se dieran dos condiciones esenciales: 1) la acumulación de polen en el tiempo por la sedimentación y 2) la conserva-



[FIGURA 1] Métodos utilizados en el campo y en el laboratorio: [A] extracción de sedimentos con máquinas de sondeo, [B] secuencias sedimentarias recolectadas en tubos de PVC, [C] muestreo de sedimentos en distintos niveles de profundidad, [D] tubos de centrifuga con sedimentos durante la extracción de polen fósil, [E] tamizado de los sedimentos para separar las fracciones de carbón, [F] imagen de polen fósil y [G] microcarbón bajo el microscopio, [H] fragmentos de macrocarbón bajo la lupa.

	La Laguna	Laguna Grande	Laguna de Valleseco
Isla	Tenerife	La Gomera	Gran Canaria
Coordenadas (UTM)	28R 370924E 3152861N	28R 278332E 3113282N	28R 444535E 3104573N
Altitud (m)	560	1250	870
Área (ha)	27	3	5
Vegetación actual	Cultivos abandonados	Fayal de altitud	Matorral de sustitución y plantaciones arbóreas
Profundidad (cm)	220	600	550
Edad (años calculados BP)	4700-400	9600-0	4500-1500

[TABLA 1]
Resumen de las características principales de los tres sitios y secuencias estudiadas.



[FIGURA 2]
Localización y vista área de las tres lagunas (La Laguna, Laguna Grande y Laguna de Valleseco). La superficie azul representa la extensión aproximada de las lagunas y el punto rojo indica el lugar del sondeo (adaptado de la ortofoto de Canarias OrtoExpress 2012-2013, www.grafcan.es).

ción de polen en el tiempo por la presencia de una capa de agua que favorezca las condiciones anaeróbicas. Basándonos en la toponimia, escogimos el antiguo lago de La Laguna (Tenerife, 560 m de altitud) y dos lagunas estacionales de fondos de calderas: Laguna Grande (La Gomera, 1250 m) y la Laguna de Valleseco (Gran Canaria, 870 m), lo que nos permitió estudiar tres altitudes e islas diferentes (figura 2 y tabla 1). El antiguo lago de la ciudad de La Laguna fue cartografiado en el siglo XVI por el ingeniero cremonés al servicio de Felipe II Leonardo Torriani, y, según su mapa, se estima que cubría una superficie de 27 ha al noroeste de la antigua ciudad⁶. Hoy en día casas y algunas huertas ocupan la mayoría de la cuenca, por lo que su vegetación es totalmente antrópica. El bosque más próximo, la laurisilva de Anaga, se encuentra a unos 3 km. Laguna Grande, en el Parque Nacional del Garajonay, es un antiguo cráter que ocupa unas 3 ha y en el que se suele formar una pequeña laguna tras las lluvias. Forma un claro que se utiliza en la actualidad como área recreativa y está rodeado por varios tipos de monteverde, como el fayal de altitud adaptado a las bajas temperaturas de las zonas más altas y la laurisilva húmeda en las zonas de influencia del mar de nubes⁷. Finalmente, en el Parque Rural de Doramas, en Gran Canaria, sobre otro cráter un poco mayor, de unas 5 ha, se ubica la Laguna de Valleseco, en la que antiguamente se formaba una laguna estacional. La zona se usó históricamente para cultivar y en la actualidad es un área recreativa con una vegetación muy transformada principalmente compuesta por un matorral de leguminosas que sustituye a la vegetación original y plantaciones de pino y castaño.

Reconstruyendo la vegetación en Canarias

De cada una de las lagunas y calderas extrajimos una columna de sedimentos mediante las máquinas de sondeo que se suelen utilizar para testificar los materiales que componen el terreno antes de realizar una obra (figura 1). Las profundidades alcanzadas fueron distintas en cada sitio, lo que condicionó que pudiéramos retroceder más o menos en el tiempo. En algunos casos no fue posible recuperar los sedimentos más recientes, puesto que al tratarse de zonas con usos históricos, como la agricultura, los sedimentos habían sido removidos (La Laguna) o eliminados (Valleseco).

En La Laguna, la secuencia sedimentaria cubrió un periodo de 4300 años, entre 4700 y 400 años antes de la actualidad (en adelante años BP, *Before Present*, tomando como presente el año 1950). Los sedimentos más superficiales, correspondientes a los primeros 400 años, que representarían el periodo histórico, no se pudieron utilizar puesto que habían sido removidos posiblemente con el arado de los terrenos. A partir del recuento e identificación del polen fósil reconstruimos la vegetación del entorno de La Laguna⁸ (figura 3). En un primer periodo (4700-2000 años BP) la vegetación estaba compuesta por diversas especies arbóreas, entre ellas dos árboles que no se consideraban nativos de las islas, pertenecientes a los géneros *Quercus* (robles o encinas, puesto que no hemos sido capaces de identificar la especie) y *Carpinus* (carpes). Junto al abundante polen de estos árboles encontramos también polen de fayas y otros árboles de la laurisilva, de pino canario y de sabinas y palmeras. El polen de los árboles característicos de la laurisilva aparece en pequeñas cantidades debido a que en su mayoría son polinizados por insectos y no necesitan producir grandes cantidades de polen para

El polen de los árboles característicos de la laurisilva aparece en pequeñas cantidades debido a que en su mayoría son polinizados por insectos y no necesitan producir grandes cantidades de polen para asegurar su polinización.

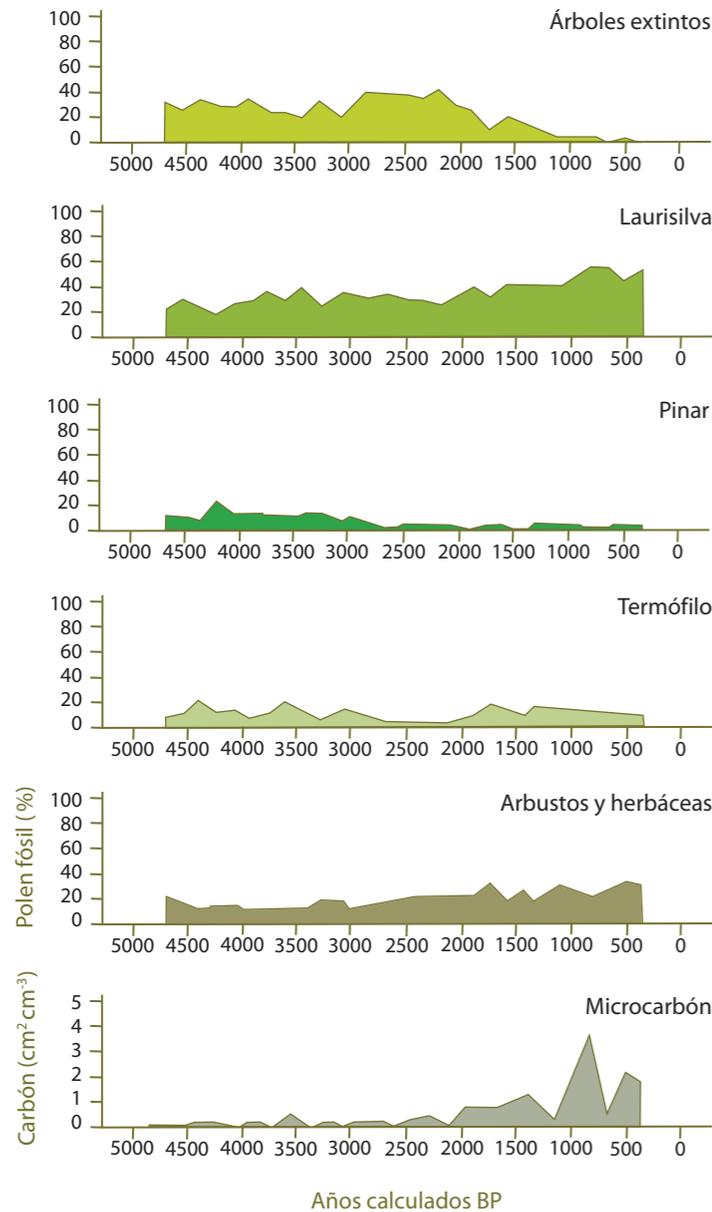
asegurar su polinización. A pesar de esta infrarrepresentación que muestran muchos árboles de la laurisilva, tras comparar la composición de las muestras de polen fósil con la composición de la lluvia de polen actual de los distintos tipos de vegetación canarios, pudimos confirmar que la vegetación que existió en La Laguna durante esa época no tiene un análogo en la vegetación actual. Posiblemente se tratara de un bosque donde las encinas o robles y los carpes fueron dominantes, al menos en el entorno próximo a La Laguna, aunque no sabemos si estas especies constituían una comunidad exclusiva o coexistían con las especies del monteverde. El pinar canario y las comunidades de termófilo (sabinas, palmerales), con una señal de polen mucho más baja, estarían representados en la zona, pero no en el entorno inmediato de La Laguna, lo que indicaría que era una zona de transición entre distintos tipos de vegetación. En torno a 2000 años BP se produjo un cambio en la composición del bosque, las encinas o robles y los carpes comenzaron a disminuir, para acabar desapareciendo completamente entre 700 y 400 años BP, y van siendo reemplazados principalmente por la faya y otras especies del monteverde. La comparación con la lluvia de polen actual nos indica que el bosque en este periodo (2000-400 años BP) era muy

similar al monteverde actual, con comunidades de termófilo creciendo en las proximidades⁹.

Laguna Grande es la secuencia más antigua, pues abarca los últimos 9600 años de historia¹⁰ (figura 4). En un primer periodo —9600-5500 años BP—, el bosque que rodeaba Laguna Grande estaba dominado por sauces y palmeras, acompañados por árboles del monteverde. Al comparar las muestras fósiles con la lluvia de polen actual, se hacen evidentes las similitudes de este bosque con los palmerales actuales vinculados a cauces de barranco⁹, donde los sauces también están presentes. En el periodo siguiente —5500-0 años BP, es decir, hasta la actualidad—, la faya y el brezo se vuelven dominantes en la zona, con una señal polínica

[FIGURA 3]

Diagrama de porcentaje de polen fósil y concentración de carbón en el tiempo (años calculados BP) de La Laguna (Tenerife), que muestra la suma de los distintos tipos polínicos por tipo de vegetación (árboles extintos, laurisilva, pinar, bosque termófilo, otros arbustos y herbáceas) y la concentración de microcarbón.



muy similar a la del monteverde actual, y los sauces y palmeras desaparecen del entorno de Laguna Grande.

Finalmente, en la Laguna de Valleseco la secuencia recoge un periodo de 3000 años, entre 4500 y 1500 años BP¹¹ (figura 5). En este caso, los últimos 1500 años de historia han desaparecido de la secuencia, probablemente debido a que los suelos de la caldera fueran extraídos, quizá para utilizarlos como sorribas en los cultivos de exportación. En un primer

periodo —4500-2300 años BP— las sabinas y las palmeras son los árboles mejor representados en la zona, y su porcentaje de polen fósil es muy similar a la señal de polen de sabinas y palmerales actuales. La vegetación se asemeja a un bosque termófilo muy abierto, con un sotobosque cubierto por gramíneas y otras herbáceas. A partir de 2300 años BP, la vegetación cambia: las gramíneas comienzan a aumentar y las sabinas y palmeras van desapareciendo de la zona. Poco después, en torno a 1800 años BP, otros arbustos y herbáceas se van expandiendo y las gramíneas, en este caso cereales, empiezan a cobrar importancia, mientras que la señal de árboles es mínima. Solamente al final del registro —1500 años BP— se empieza a recuperar la vegetación arbolada, representada principalmente por fayas, mientras que la señal de cereales desaparece.

Los incendios en el pasado

En todas las secuencias se encontraron restos de carbón, aunque solo se hallaron fragmentos de mayor tamaño en Laguna Grande y en la Laguna de Valleseco. La ausencia de macrocarbones en La Laguna podría deberse a que, al estar inundada de forma permanente, la vegetación circundante difícilmente se quemaba. En La Laguna la señal de carbón es relativamente baja hasta hace unos 2000 años, cuando aumenta significativamente la concentración de microcarbones lo que indica una mayor incidencia de incendios a escala regional (figura 3). En Laguna Grande existen pruebas de incendios durante los últimos 7000 años. Destacan, en particular, un pico de incendios a escala regional hace unos 4800 años (aquí no descartamos un origen exógeno, tal vez cenizas transportadas por vientos favorables desde los pinares de la vertiente occidental de Tenerife, donde la actividad volcánica en ese periodo fue intensa) y las señales de incendios locales en torno a 3100 y 1800 años BP. En los últimos 900 años hay incendios frecuentes pero aparentemente de menor intensidad (figura 4). En la Laguna de Valleseco la cantidad de carbones encontrados indica que los incendios fueron frecuentes en el periodo 4500-1500

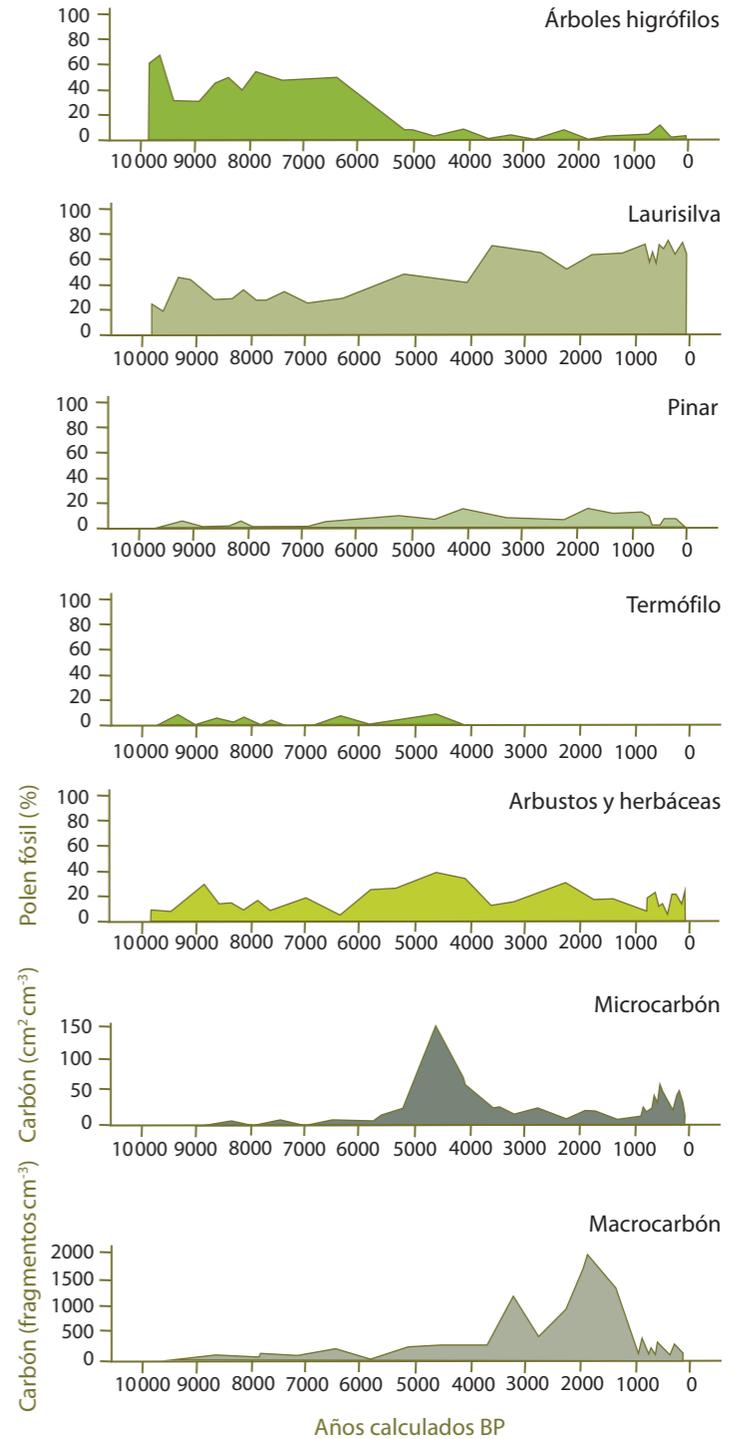
años BP, aunque se vuelven especialmente frecuentes a partir de 1900 años BP y se detectaron picos recurrentes de concentración de carbones cada 100 años (figura 5).

Las señales de carbón anteriores a la llegada de los humanos atestiguan que los incendios naturales formaban parte de la dinámica natural de los distintos tipos de vegetación encontrados en cada isla, incluyendo el monteverde. La frecuencia con la que ocurrían estos incendios naturales era relativamente baja, lo que permitía que la vegetación se recuperase tras cada incendio, de modo que no se producían daños irreversibles. Sin embargo, tras la llegada de los humanos el régimen de incendios se intensificó, especialmente a partir de 2000 años BP en Tenerife y en Gran Canaria, lo que causó la apertura de la bóveda del bosque y cambios en la composición de especies.

¿Por qué cambia la vegetación? Clima, volcanes y humanos

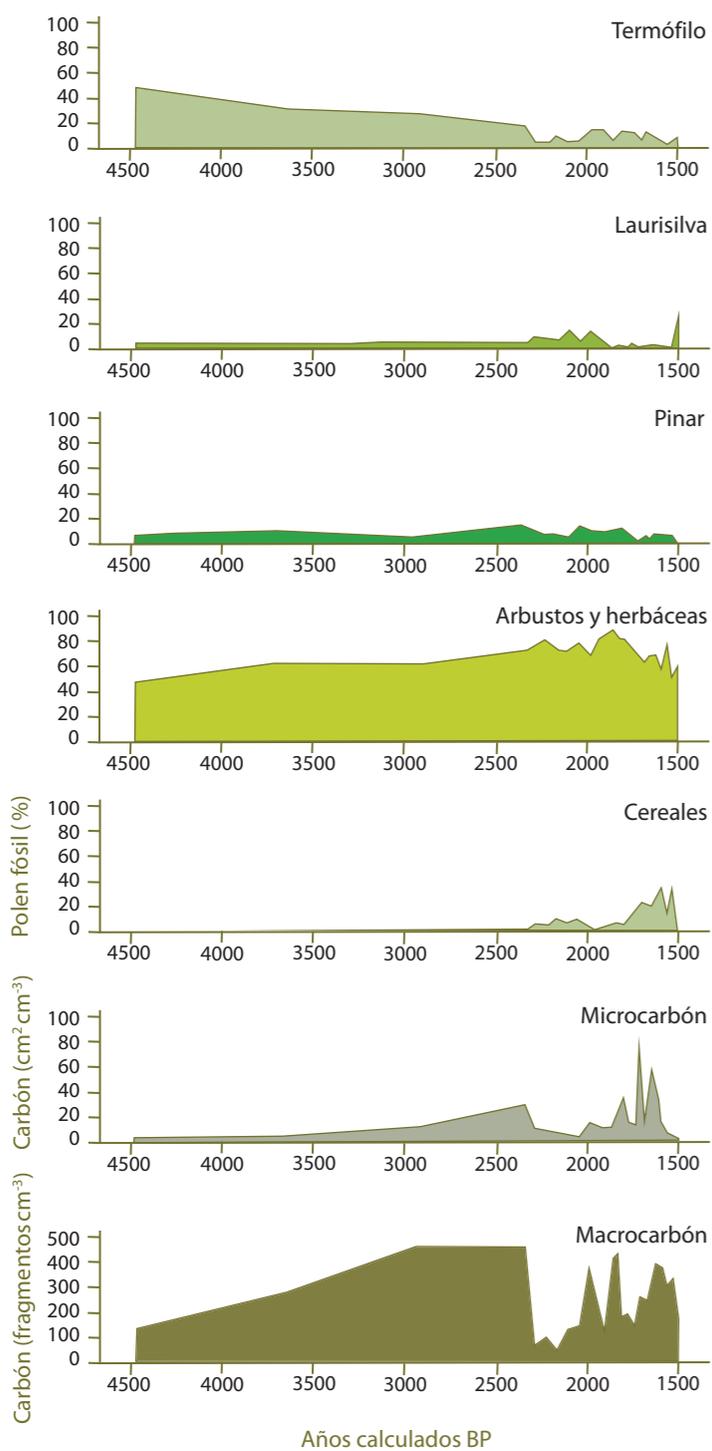
Hemos visto cómo la vegetación en Canarias ha sufrido varios cambios durante el Holoceno (periodo que abarca los últimos 11500 años de la historia de la Tierra). Sin embargo, estos cambios no fueron simultáneos ni afectaron a todos los sitios por igual. Seguramente las diferencias se deban a las variaciones altitudinales de cada sitio (560 m, 870 m y 1250 m, en La Laguna, la Laguna de Valleseco y Laguna Grande, respectivamente), a la edad que abarca cada secuencia (4500, 4700 y 9600 años BP para la Laguna de Valleseco, La Laguna y Laguna Grande, respectivamente) y a las posibles diferencias en el patrón de asentamiento humano de cada isla¹². De acuerdo con el momento en que ocurrió cada cambio y con su coincidencia con otras pruebas climáticas, geológicas o arqueológicas, se les ha asignado un origen natural (cambios en el clima, eventos geológicos) o cultural (actividades humanas).

En La Gomera los cambios en la vegetación están relacionados con cambios climáticos. La presencia en el entorno de especies higrófilas



[FIGURA 4]

Diagrama de porcentaje de polen fósil y concentración de carbón en el tiempo (años calculados BP) de Laguna Grande (La Gomera), que muestra la suma de los distintos tipos polínicos por tipo de vegetación (árboles higrófilos, laurisilva, pinar, bosque termófilo, otros arbustos y herbáceas) y la concentración de micro y macrocarbón.



[FIGURA 5] Diagrama de porcentaje de polen fósil y concentración de carbón en el tiempo (años calculados BP) de la Laguna de Valleseco (Gran Canaria), que muestra la suma de los distintos tipos polínicos por tipo de vegetación (bosque termófilo, laurisilva, pinar, otros arbustos y herbáceas, y gramíneas tipo cereal) y la concentración de micro y macrocarbón.

(que prefieren los suelos húmedos, cercanos a cauces, para vivir), como sauces y palmeras, sugiere que un clima más húmedo, y probablemente más cálido, favorecía estas comunidades vegetales durante la primera parte del Holoceno. Existen numerosas pruebas a nivel regional (islas canarias orientales, norte de África)^{13,14,15} de que el inicio del Holoceno fue un periodo mucho más húmedo que el actual. Durante el periodo húmedo africano —*African Humid Period*—, los monzones tropicales se desplazaron hacia el norte del continente, las precipitaciones fueron mucho más abundantes y el desierto del Sáhara era más parecido a una sabana, con numerosos lagos y ríos y vegetación abundante, lo que permitía que animales típicos de las sabanas —como jirafas y elefantes— o de los ríos —como los hipopótamos— vivieran en zonas que hoy forman parte del desierto. Con el fin de este periodo —hace unos 6000 años BP— comenzó otro mucho más árido, que propició el cambio en la vegetación de Laguna Grande hace unos 5500 años BP. Este cambio en el clima no se pudo detectar en las otras dos zonas de estudio puesto que ninguna alcanza los 5000 años de antigüedad.

En Tenerife y Gran Canaria los cambios están principalmente vinculados a la llegada y el establecimiento de los humanos en las islas. En La Laguna, el cambio más significativo fue la desaparición de árboles tipo roble o encina y carpes, que comenzó hace unos 2000 años, tras la llegada de los humanos a Tenerife de acuerdo con las edades disponibles en el registro arqueológico¹². El cambio en la composición del bosque coincide además con otras señales de la presencia de humanos en la zona, como un incremento de la frecuencia de incendios y el aclareo del bosque, que provocó un aumento de gramíneas y otras herbáceas en el entorno del lago, lo que apoya la idea de que los aborígenes fueron responsables de la desaparición de estos árboles, ya sea directamente, mediante la tala, o indirectamente, con la quema y el pastoreo. La disminución, extirpación o extinción de especies vegetales tras la llegada de los humanos es un proceso común también en otras islas del mundo^{16,17,18,19}. En Canarias existen varios ejemplos de extinciones de especies animales atribuidas a los aborígenes, como, por ejemplo, la rata y el lagarto gigantes de Tenerife²⁰. Otras extinciones de animales ocurridas durante este periodo histórico posiblemente fueron provocadas por los aborígenes, como la de la rata gi-



Aborígenes practicando la agricultura en Gran Canaria. Imagen reproducida de Alejandro Cioranescu: *Crónicas francesas de la conquista de Canarias. Le Canarien*. Ediciones Idea, Cabildo Insular de Tenerife, 2004.

gante de Gran Canaria²¹, la codorniz gomera²², la pardela del malpaís²³ y la foca monje²⁴, de las cuales se han encontrado pruebas de la depredación directa por humanos. Por el contrario, hasta ahora no se tenían pruebas de la extinción de especies vegetales atribuible a los aborígenes; tan solo se habían detectado algunas extirpaciones insulares (desaparición de las poblaciones de una especie de una isla pero no del archipiélago, por lo que no causa la extinción de la especie) inferidas a partir de restos de macrocarbón de madroño, pino y viñatigo encontrados en Fuerteventura²⁵, árboles que ya no existen en la isla de forma natural.

Los humanos también se consideran la principal causa de la desaparición de los palmerales y sabinares en la Laguna de Valleseco. Estas especies comenzaron a desaparecer de la zona hace unos 2300 años, unos 400 años antes de la prueba arqueológica más antigua para la colonización humana de Gran Canaria^{26,27}. La reducción de estas comunidades termófilas parece estar relacionada con los incendios, que eran bastante frecuentes en torno a esa fecha y pudieron haber sido originados bien por la actividad volcánica reciente de la isla o bien por los humanos.

En Gran Canaria, dos erupciones coinciden aproximadamente con los picos de incendios detectados en el registro fósil. La erupción de Doramas, que ocurrió en torno a 2400 años BP²⁸ a unos 3 km de la Laguna de Valleseco, fue una erupción de tipo estromboliano que dio lugar a coladas de lava que se encauzaron por el ba-

rranco de Doramas y a la emisión de pequeñas cantidades de cenizas volcánicas. Probablemente la erupción de Doramas provocó incendios que afectaron a la vegetación del entorno, pero es muy posible que esta erupción, más bien tranquila, no tuviera un gran alcance ni, por tanto, un impacto intenso o duradero en la vegetación a escala regional. Otra erupción contemporánea es la del Pico y Caldera de Bandama, a unos 11 km de la Laguna de Valleseco, que ocurrió hace unos 1900 años²⁸. Esta erupción de tipo freatomagmático fue mucho más violenta y generó abundantes depósitos de piroclastos. Sin embargo, debido a la dirección de los vientos dominantes durante la erupción, la mayoría de los materiales emitidos se depositaron hacia el sureste²⁹, por lo que no alcanzaron el entorno de la Laguna de Valleseco.

En La Gomera, la influencia de la actividad volcánica sobre la vegetación es nula, puesto que la isla lleva inactiva desde hace al menos tres millones de años³⁰, mientras que en Tenerife la mayoría de las erupciones recientes ocurrió en la zona central y en la dorsal oeste de la isla³¹, lejos del entorno de La Laguna. La frecuencia, la localización y el tipo de las erupciones volcánicas ocurridas durante el Holoceno en Canarias indican que muy probablemente su impacto sobre la vegetación haya sido más bien esporádico.

Una explicación alternativa para el incremento de los incendios en torno a 2300 años BP en la Laguna de Valleseco sería que los humanos ya hubieran colonizado la isla en ese enton-



[Los bosques termófilos]

El bosque termófilo aparece representado por su señal de polen fósil en las tres islas estudiadas. Mientras que en Laguna Grande (La Gomera) y en La Laguna (Tenerife) no aparece como vegetación dominante, sino más bien como un tipo de vegetación más distante presente en la región, en la Laguna de Valleseco (Gran

Canaria) es evidente su importancia en el entorno próximo. La presencia de sabinas en el noreste de Gran Canaria sugiere que su distribución fue mucho más amplia en el pasado, a pesar de que la sabina es en la actualidad un árbol muy poco común en esta isla. Por tanto, aunque Gran Canaria es una de las islas con mayor

representación de comunidades del termófilo en Canarias, la superficie que se conserva de este bosque es mucho menor con respecto a su distribución original en el pasado.

[FOTO: José Juan Hernández]

ces, es decir, adelantándose 400 años a la prueba arqueológica más antigua que existe en la actualidad en Gran Canaria^{26,27}, y hubieran comenzado a modificar el régimen de incendios naturales y, consecuentemente, la vegetación. La disminución de palmerales y la extinción de especies de palmeras es una respuesta generalizada tras la colonización humana de las islas a lo largo del planeta³². Igualmente, pruebas paleoecológicas de otras islas de la Macaronesia demostraron la vulnerabilidad del cedro de las Azores *Juniperus brevifolia*, que pertenece al mismo género que las sabinas y cedros canarios, tras la llegada de los humanos — en este caso, los europeos — a las islas³³. La transforma-

ción de la vegetación en la Laguna de Valleseco fue la más drástica, puesto que el bosque termófilo desapareció completamente y no se volvió a recuperar. Este es, además, el único sitio donde encontramos pruebas del cultivo de cereales. Tanto los registros arqueológicos como las descripciones históricas ponen de manifiesto la importancia de la agricultura en Gran Canaria, probablemente la isla en la que esta actividad estaba más extendida y desarrollada³⁴. La isla de Gran Canaria también ha sido descrita como la más densamente poblada y con mayor complejidad socioeconómica^{35,36}. En este contexto de mayor población y complejidad económica, posiblemente los aborígenes de-



mandaran más recursos, alimentos, combustibles y herramientas y ejercieran, por tanto, una presión mayor sobre el territorio y la vegetación.

Los primeros pobladores de las islas Canarias eran fundamentalmente pastores que subsistían gracias a la introducción de especies domésticas, a la agricultura, a la caza y la recolección de los recursos locales y al uso del fuego. El desarrollo de estas actividades durante siglos siempre lleva asociado un impacto sobre el entorno. Las pruebas del impacto humano sobre la vegetación encontradas en nuestro estudio coinciden con las halladas en otras islas del planeta, en las que es habitual detectar la disminución o completa desaparición de especies, el aclareo y la apertura de la bóveda de los bosques, la expansión de herbáceas y arbustivas típicas de comunidades vegetales más abiertas, la introducción de cultivos y el aumento de los incendios y la erosión del suelo tras la colonización humana¹⁶⁻¹⁹.

En Tenerife y Gran Canaria los humanos causaron un impacto significativo sobre los bosques; sin embargo, no ocasionaron tal transformación en La Gomera. Los datos arqueológicos sugieren que la colonización de las islas no fue simultánea y que el patrón de asentamiento varió de una isla a otra, probablemente en función de la distribución y disponibilidad de los recursos¹². Gran Canaria y Tenerife son islas de gran tamaño que ofrecían abundantes recursos a los pobladores y eran, a su vez, las islas más pobladas, al menos a la llegada de los europeos. Por el contrario, La Gomera, es una isla mucho más pequeña y una de las últimas en ser colonizada, por lo que contaría con una población mucho menor³⁷. Estas diferencias explicarían por qué los bosques del entorno de Laguna Grande apenas han sufrido cambios y han permanecido casi intactos en comparación con el destino de los de Tenerife y Gran Canaria. []

Monteverde con brezos en el Parque Nacional del Garajonay (La Gomera) que representa el bosque dominante del entorno de Laguna Grande desde hace 5500 años.

[FOTO: José Juan Hernández]

BIBLIOGRAFÍA

- 1 BIRKS, HJB y HH BIRKS: *Quaternary palaeoecology*. Edward Arnold, 1980.
- 2 FROYD, CA y KJ WILLIS: «Emerging issues in biodiversity and conservation management: The need for a palaeoecological perspective». *Quaternary Science Reviews*, 2008, vol. 27, n.º 17-18, pp. 1723-1732.
- 3 BURNEY, DA; RV DECANDIDO; LP BURNEY y otros: «A Holocene record of climate change, fire ecology and human activity from montane Flat Top Bog, Maui». *Journal of Paleolimnology*, 1995, vol. 13, n.º 3, pp. 209-217.
- 4 VAN LEEUWEN, JFN; CA FROYD; WO VAN DER KNAAP y otros: «Fossil pollen as a guide to conservation in the Galápagos». *Science*, 2008, vol. 322, n.º 5905, p. 1206.
- 5 PERRY, GLW; JM WILMSHURST y MS MCGCLONE: «Ecology and long-term history of fire in New Zealand». *New Zealand Journal of Ecology*, 2014, vol. 38, n.º 2, pp. 157-176.
- 6 CRIADO, C: *Breve e incompleta historia del antiguo lago de la ciudad de San Cristóbal de La Laguna*. Concejalía de Cultura y Patrimonio Histórico Artístico del Ayuntamiento de San Cristóbal de La Laguna, 2002.
- 7 DEL ARCO, MJ; W WILDPRET; PL PÉREZ DE PAZ y otros: *Mapa de vegetación de Canarias*. Cartográfica de Canarias, SA, (GRAFCAN), 2006.
- 8 DE NASCIMENTO, L; KJ WILLIS; JM FERNÁNDEZ-PALACIOS y otros: «The long-term ecology of the lost forests of La Laguna, Tenerife (Canary Islands)». *Journal of Biogeography*, 2009, vol. 36, n.º 3, pp. 499-514.
- 9 DE NASCIMENTO, L; S NOGUÉ; S FERNÁNDEZ-LUGO y otros: «Modern pollen rain in Canary Island ecosystems and its implications for the interpretation of fossil records». *Review of Palaeobotany and Palynology*, 2015, vol. 214, pp. 27-39.
- 10 NOGUÉ, S; L DE NASCIMENTO; JM FERNÁNDEZ-PALACIOS y otros: «The ancient forests of La Gomera, Canary Islands, and their sensitivity to environmental change». *Journal of Ecology*, 2013, vol. 101, n.º 2, pp. 368-377.
- 11 DE NASCIMENTO, L; S NOGUÉ; C CRIADO y otros: «Reconstruction of the vegetation history of Gran Canaria before and after human colonization». *The Holocene*, 2015, vol. 26, n.º 1, pp. 113-125.
- 12 ATOCHE, P: «Las culturas protohistóricas canarias en el contexto del desarrollo cul-

tural mediterráneo: propuesta de fasificación», en GONZÁLEZ, R; F LÓPEZ y V PEÑA (coords.): *IV Coloquio del Centro de Estudios Fenicios y Púnicos: Los fenicios y el Atlántico*. Centro de Estudios Fenicios y Púnicos, 2008, pp. 317-344.

- 13 VON SUCHODOLETZ, H; H OBERHÄNSLI; U HAMBACH y otros: «Soil moisture fluctuations recorded in Saharan dust deposits on Lanzarote (Canary Islands) over the last 180 ka». *Quaternary Science Reviews*, 2010, vol. 29, n.º 17-18, pp. 2173-2184.
- 14 YANES, Y; CJ YAPP; M IBÁÑEZ y otros: «Pleistocene-Holocene environmental change in the Canary Archipelago as inferred from the stable isotope composition of land snail shells». *Quaternary Research*, 2011, vol. 75, n.º 3, pp. 658-669.
- 15 DEMENOCAL, PB; J ORTIZ; T GUILDERSON y otros: «Abrupt onset and termination of the African Humid Period: rapid climate response to gradual insolation forcing». *Quaternary Science Reviews*, 2000, vol. 19, n.º 1, pp. 347-361.
- 16 BURNEY, DA, HF JAMES; LP BURNEY y otros: «Fossil evidence for a diverse biota from Kaua'i and its transformation since human arrival». *Ecological Monographs*, 2001, vol. 71, n.º 4, pp. 615-641.
- 17 SADORI, L y B NARCISI: «The Postglacial record of environmental history from Lago di Pergusa, Sicily». *The Holocene*, 2001, vol. 11, n.º 6, pp. 655-671.
- 18 PREBBLE, M y JM WILMSHURST: «Detecting the initial impact of humans and introduced species on island environments in Remote Oceania using palaeoecology». *Biological Invasions*, 2009, vol. 11, n.º 7, pp. 1529-1556.
- 19 DE BOER, EJ; M SLAIKOVSKA; H HOOGHIEMSTRA y otros: «Multi-proxy reconstruction of environmental dynamics and colonization impacts in the Mauritian uplands». *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 2013, vols. 383-384, pp. 42-51.
- 20 RANDO, JC: «Protagonistas de una catástrofe silenciosa. Los vertebrados extintos de Canarias». *El Indiferente*, 2003, n.º 14, pp. 4-15.
- 21 LÓPEZ-JURADO, LF y N LÓPEZ-MARTÍNEZ: «Presencia de la rata gigante extinguida de Gran Canaria (*Canariomys tamarani*) en una cueva de habitación aborígen». *El Museo Canario*, 1991, n.º 48, pp. 19-22.
- 22 JAUME, D; M MCMINN y JA ALCOVER: «Fossil bird from the Bujero del Silo, La Gomera (Canary Islands), with a description of a

new species of Quail (Galliformes: Phasianidae)». *Boletín do Museu Municipal do Funchal*, 1993, vol. 2, 147-165.

- 23 RANDO, JC y JA ALCOVER: «Evidence for a second western Palaearctic seabird extinction during the last Millennium: the Lava Shearwater *Puffinus olsoni*». *Ibis*, 2008, vol. 150, n.º 1, pp. 188-192.
- 24 LÓPEZ, LF; J GONZÁLEZ BARBUZANO y S HILDEBRANT: *La foca monje y las islas Canarias. Biología, ecología y conservación de una especie mítica*. Consejería de Política Territorial, Gobierno de Canarias, 1995.
- 25 MACHADO YANES, MC: «Una visión de las Islas Afortunadas, a partir de los restos arqueológicos». *Tabona: Revista de prehistoria y de arqueología*, 2006, n.º 15, pp. 71-90.
- 26 Del Arco, MC; M Hernández; MC Jiménez y JF Navarro: «Nuevas fechas de C-14 en la prehistoria de Gran Canaria». *El Museo Canario*, 1977-1979, n.º 38-40, pp. 73-78.
- 27 MARTÍN, E: «Dataciones absolutas para los yacimientos de Risco Chimirique (Tejeda) y Playa de Aguadulce (Telde)». *Vegueta: Anuario de la Facultad de Geografía e Historia*, 2000, n.º 5, pp. 29-46.
- 28 RODRÍGUEZ-GONZÁLEZ, A; JL FERNÁNDEZ-TURIEL; FJ PÉREZ-TORRADO y otros: «The Holocene volcanic history of Gran Canaria island: implications for volcanic hazards». *Journal of Quaternary Science*, 2009, vol. 24, n.º 7, pp. 697-709.
- 29 HANSEN, AR; F PÉREZ-TORRADO; A BENJUMEA y A RODRÍGUEZ: «Una erupción violenta», en HANSEN, AR y CJ MORENO (eds.): *El gran volcán: la Caldera y el Pico de Bandama*. Cabillo de Gran Canaria, 2008, pp. 37-67.
- 30 ANCOCHEA, E; F HERNÁN; MJ HUERTAS y otros: «A new chronostratigraphical and evolutionary model for La Gomera: Implications for the overall evolution of the Canarian Archipelago». *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 2006, vol. 157, n.º 4, pp. 271-293.
- 31 CARRACEDO, JC; E RODRÍGUEZ BADIOLA; H GUILLOU y otros: «Eruptive and structural history of Teide Volcano and rift zones of Tenerife, Canary Islands». *Geological Society of America Bulletin*, 2007, vol. 119, n.º 9-10 pp. 1027-1051.
- 32 PREBBLE, M y JL DOWE: «The late Quaternary decline and extinction of palms on oceanic Pacific islands». *Quaternary Science Reviews*, 2008, vol. 27, n.º 27-28 pp. 2546-2567.

- 33 CONNOR, SE; JFN VAN LEEUWEN; TM RITTENOUR y otros: «The ecological impact of oceanic island colonization – a palaeoecological perspective from the Azores». *Journal of Biogeography*, 2012, vol. 39, n.º 6, pp. 1007-1023.
- 34 MORALES, J; A RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ; MC GONZÁLEZ-MARRERO y otros: «The archaeobotany of long-term crop storage in northwest African communal granaries: a case study from pre-Hispanic Gran Canaria (cal. AD 1000-1500)». *Vegetation History and Archaeobotany*, 2014, vol. 23, n.º 6, pp. 789-804.
- 35 SANTANA, A: «Análisis territorial del poblamiento prehispánico de Gran Canaria: delimitación de agrupaciones territoriales». *Vegueta: Anuario de la Facultad de Geografía e Historia*, 1992, n.º 0, pp. 279-291.
- 36 VELASCO, J: «Economía y dieta de las poblaciones prehistóricas de Gran Canaria: Una aproximación bioantropológica». *Complutum*, 1998, n.º 9, pp. 137-160.
- 37 ARNAY-DE-LA-ROSA, M; A GÁMEZ-MENDOZA; JF NAVARRO-MEDEROS y otros: «Dietary patterns during the early prehispanic settlement in La Gomera (Canary Islands)». *Journal of Archaeological Science*, 2009, vol. 36, n.º 9, pp. 1972-1981-

LOS AUTORES

Lea de Nascimento es doctora en Biología por la Universidad de La Laguna (ULL), donde realizó la tesis sobre «Historia de la vegetación canaria durante el Holoceno» en colaboración con el *Long-term Ecology Laboratory* de la Universidad de Oxford. Desde hace diez años es miembro investigador del grupo de Ecología y Biogeografía Insular de la Universidad de La Laguna. En este grupo ha desarrollado la línea de investigación de paleoecología en las islas Canarias y ha participado como investigadora en varios proyectos competitivos, además de colaborar activamente en otras líneas de investigación del grupo relacionadas con la biogeografía insular, la dinámica forestal de los bosques canarios y el impacto de los herbívoros y el fuego sobre los ecosistemas canarios.

Sandra Nogué es doctora en Biología por la Universidad Autónoma de Barcelona. Durante los últimos cinco años ha sido investigadora posdoctoral en la Universidad de

Oxford e investigadora asociada en la Universidad de Bergen. En la actualidad es *university lecturer* en Paleociencias en la Universidad de Southampton, donde desarrolla su investigación en paleoecología explorando los mecanismos por los cuales la vegetación, principalmente en bosques tropicales y subtropicales, interactúa con el ambiente y ampliando los conocimientos sobre la resiliencia de la vegetación. También trabaja en investigación aplicada en ecología, en el marco de los servicios ecosistémicos, el desarrollo de herramientas para la conservación de la biodiversidad y el uso de los datos paleoecológicos para contestar preguntas relevantes en conservación.

Constantino Criado es doctor en Geografía e Historia por la Universidad de La Laguna (ULL) y profesor de Geografía de esta misma universidad. Su principal línea de investigación es la geomorfología dinámica y climática, en la que trabaja desde hace años en estudios de climatología histórica y polvo sahariano en Canarias y el norte de África. Fruto de esta prolongada investigación son numerosas publicaciones relevantes en el tema y la consolidación del laboratorio de Geomorfología del Departamento de Geografía e Historia de la ULL. Colabora además en trabajos interdisciplinares con grupos de investigación en arqueología, geología y ecología de las universidades de La Laguna y Las Palmas de Gran Canaria, y ha participado en diversos proyectos competitivos junto a estos investigadores.

Robert J. Whittaker es doctor en Geografía por la Universidad de Gales y profesor de Biogeografía en la Universidad de Oxford. En Oxford es coordinador del grupo de investigación en biodiversidad, ecosistemas y conservación, donde desarrolla varias líneas de investigación relacionadas con la biogeografía insular, la biogeografía de la conservación y la macroecología. Es miembro investigador del Programa de Biogeografía de la Conservación y Macroecología, donde lleva a cabo proyectos en colaboración con grupos de investigación en Grecia, Portugal y España, entre los que se incluye su colaboración con el Grupo de Ecología y Biogeografía Insular de la Universidad de La Laguna en la línea de paleoecología en las islas Canarias. Recientemente ha sido nombrado profesor en el centro de Macroecolo-

gía, Evolución y Clima de la Universidad de Copenhague.

Kathy J. Willis es doctora en Ciencias Vegetales por la Universidad de Cambridge y profesora de Biodiversidad en la Universidad de Oxford, además de profesora adjunta de la Universidad de Bergen. Desde 2002 lidera el *Oxford Long-term Ecology Laboratory*, que se dedica a investigar las respuestas de la biodiversidad frente al cambio ambiental a largo plazo en numerosas regiones de África, América, Asia y Europa. Ha participado en el establecimiento y consolidación de la línea de paleoecología en las islas Canarias desde sus inicios. En la actualidad es directora científica del Jardín Botánico de Kew, donde desarrolla asimismo otras líneas de investigación relacionadas con la conservación, especialmente mediante el desarrollo de tecnologías que permiten evaluar los valores económicos y ecológicos de la biodiversidad.

José María Fernández-Palacios es catedrático de Ecología en la Universidad de La Laguna y coordinador del Grupo de Ecología y Biogeografía Insular de esta universidad. Su investigación se centra principalmente en la ecología y biogeografía insular, en la que trabaja desde hace más de treinta años, con especial dedicación a las islas de la Macaronesia, y que ha dado lugar a numerosas publicaciones científicas, incluyendo libros y artículos de impacto en revistas internacionales, y a una colaboración continua con investigadores de otros centros nacionales e internacionales. Ha sido investigador principal de numerosos proyectos competitivos que han financiado investigaciones relacionadas con la dinámica forestal de los bosques canarios, la restauración ecológica, la biogeografía insular y la paleoecología, permitiendo el desarrollo de los estudios paleoecológicos en Canarias y la consolidación de la línea de investigación en la ULL.

CITA RECOMENDADA

DE NASCIMENTO, L; S NOGUÉ; C CRIADO y otros: «Los bosques del pasado en las islas Canarias. Un viaje de 10000 años». *inDiferente*, 2016, n.º 22, pp. 56-71.



La última especie

Si acaso fuese el último ejemplar, debería mirarlo, darle calor; debería sostenerlo, incluso alimentarlo. Si acaso fuese el último ejemplar y no hubiera ningún Arca, tendría que dividir mi energía para procurarle un futuro —dijo el arbusto.

ROBERTO DUQUE CRANNY