

# Trabajo de Fin de Grado

Grado en Ingeniería Informática

---

Sistema de Información Geográfica  
para la difusión y conservación del  
patrimonio paleontológico de Canarias

*Information Geography System to diffusion and  
conservation of the canary palaeontology patrimony*

Alexander Cole Mora

---

La Laguna, 30 de junio de 2017

Dña. **Isabel Sánchez Berriel**, con N.I.F. 42.885.838-S profesora Contratada Doctora adscrita al Departamento de Ingeniería Informática y de Sistemas de la Universidad de La Laguna, como tutora

Dña. **Carolina Castillo Ruiz**, con N.I.F. 26.196.871-D profesora Titular de Paleontología, adscrita al Departamento de Biología Animal, Edafología y Geología de La Universidad de La Laguna, como cotutora

## **C E R T I F I C A ( N )**

Que la presente memoria titulada:

*“Sistema de Información Geográfica para la difusión del patrimonio paleontológico de Canarias”*

ha sido realizada bajo su dirección por D. **Alexander Cole Mora**, con N.I.F. 45.850.517-V.

Y para que así conste, en cumplimiento de la legislación vigente y a los efectos oportunos firman la presente en La Laguna a 30 de junio de 2017

# Agradecimientos

Llegó el momento de decir adiós a una de las etapas más importantes de mi vida. Se termina mi época universitaria, una experiencia de la que estoy muy orgulloso de haberla emprendido, donde puedo encontrar momentos de muchísima felicidad y otros que no lo han sido tanto, pero que sin duda todos ellos se quedarán grabados en mi mente.

Y es por todos esos momentos, por lo que estoy agradecido. Momentos con mis compañeros y amigos en la sala de ordenadores estudiando, conversando o incluso discutiendo, pero siempre con el fin de aprender y hacer los días lo más amenos posibles. Gracias por permitirme entrar en sus vidas, pues me llevo grandes amistades de esta etapa.

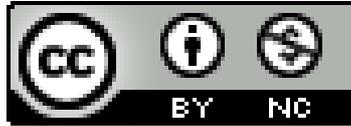
También a todos mis profesores, de todos ellos he aprendido muchísimos conocimientos, que me han servido durante todo el grado e incluso en el proyecto que expongo a continuación, sin ellos no hubiera llegado a donde estoy ahora.

No quiero olvidarme de dos profesoras en concreto. A Isabel por haberme dado la oportunidad de emprender este proyecto tan apasionante, por ayudarme, animarme y enseñarme nuevos conocimientos y formas de plasmarlos. Gracias.

A Carolina solo puedo decirle que gracias a ella, he conocido un mundo maravilloso como la paleontología, que yo personalmente desconocía por completo. El que me conoce sabe que quiero a mi tierra, a mis islas, como el que más, y que ahora intentaré proteger todo este patrimonio que tiene e intentar divulgarlo. Gracias por tener paciencia en enseñarnos todos los conceptos y dejarnos entrar en tu mundo.

Por último, a mi familia, por estar todos estos años apoyándome, animándome a seguir en los peores momentos, y por haber hecho todos los esfuerzos por ofrecerme la posibilidad de realizar el Grado de Ingeniería Informática. Gracias de todo corazón. A todos. Gracias.

# Licencia



© Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

## Resumen

*El objetivo de este trabajo ha sido la creación de una aplicación web, donde se pueda disponer de un mapa de las Islas Canarias en el que se muestren los diferentes yacimientos paleontológicos de los que se tienen conocimientos en la región, así como un entorno de administración donde recoger información sobre ellos.*

*Para llevar a cabo esta tarea, se van a tener que hacer uso de conocimientos de desarrollo web, administración de sistemas y diseño de base de datos.*

*Todo el desarrollo se ha hecho en sistemas operativos Linux, utilizando como servidor Apache y como gestor de base de datos PostgreSQL.*

*La base de datos ha sido diseñada junto a la cotutora del proyecto, profesional del ámbito de la paleontología y que actualmente sigue investigando yacimientos en las islas.*

*Para el desarrollo del mapa, se ha utilizado la librería d3.js y muchas de sus características. En cuanto a la comunicación con el servidor para obtener datos de la base de datos, hemos utilizado el lenguaje PHP.*

*Por último, el diseño de la web se ha intentado hacer lo más sencilla posible, utilizando el framework de Bootstrap para facilitar las tareas de redimensionado.*

**Palabras clave:** Paleontología, yacimiento, web, base de datos, mapa, PostgreSQL.

## **Abstract**

*The objective of this work has been the creation of a web application, where a map of the Canary Islands can be found, showing the different palaeontological sites that are known in the region, as well as a management environment where to collect information about them.*

*To carry out this task, we will have to make use skills of web development, system administration and database design.*

*All the development has been done in Linux operating systems, using as Apache server and as a database manager PostgreSQL.*

*The database has been designed with the project coordinator, a professional in the field of palaeontology and who is still investigating deposits in the islands.*

*For the development of the map, we used the library d3.js and many of its characteristics. As for communicating with the server to obtain data from the database, we has used the PHP language.*

*Finally, the web design has been attempted to make it as simple as possible, using the Bootstrap framework to facilitate resizing tasks.*

**Keywords:** Palaeontology, deposits, web, databases, map, PostgreSQL.

# Índice general

<b>Capítulo 1 Introducción.....</b>	<b>1</b>
1.1 La paleontología.....	1
1.2 La paleontología en Canarias.....	2
<b>Capítulo 2 Antecedentes y estado actual del tema.....</b>	<b>5</b>
2.1 La paleontología canaria actual.....	5
2.2 Problemas existentes en la paleontología canaria.....	6
2.3 Paleobiodb.org.....	7
<b>Capítulo 3 Objetivos del trabajo.....</b>	<b>8</b>
3.1 Generación de un mapa geográfico de Canarias.....	8
3.2 Creación de la base de datos.....	8
3.3 Realización de un apartado de administración.....	9
3.4 Informe de usabilidad y accesibilidad.....	9
<b>Capítulo 4 Herramientas utilizadas.....</b>	<b>10</b>
4.1 Mapa geográfico.....	10
4.1.1 Servicio Web Instituto Geográfico Nacional.....	11
4.1.2 Aplicación QGIS.....	11
4.1.3 Librería d3.js.....	12
4.2 Base de datos.....	12
4.2.1 PostgreSQL.....	12
4.2.2 Pgadmin III y psql.....	13
4.2.3 DB Designer Fork.....	13
4.3 Alojamiento de la web.....	13
4.3.1 Apache.....	13
4.3.2 IAAS ULL.....	14
4.4 Diseño web.....	14

4.4.1 HTML 5. CSS3. JavaScript. JQuery.....	14
4.4.2 Framework Bootstrap.....	15
4.4.3 API de Google Maps.....	15
4.5 Análisis de usabilidad y accesibilidad.....	16
4.5.1 Pautas WCAG 2.0.....	16
4.5.2 WAI-ARIA.....	17
<b>Capítulo 5 Desarrollo de la aplicación.....</b>	<b>18</b>
5.1 Arquitectura del Sistema.....	18
5.2 Apache, PHP y PostgreSQL.....	19
5.3 Diseño de la base de datos.....	19
5.3.1 Tabla USUARIOS.....	20
5.3.2 Tabla YACIMIENTO.....	21
5.3.3 Tabla UBICACION.....	22
5.3.4 Tabla ESPECIE.....	23
5.3.5 Tabla DEPOSITO.....	23
5.3.6 Tabla EXCAVACION.....	24
5.3.7 Tabla PUBLICACION.....	25
5.3.8 Tabla VALORACION.....	25
5.3.9 Tabla VALORACION_CIENTIFICA.....	26
5.3.10 Tabla VALORACION_SOCIO_CULTURAL.....	27
5.3.11 Tabla VALORACION_SOCIO_ECONOMICO.....	28
5.3.12 Tabla RIESGO_DETERIORO.....	29
5.3.13 Tabla ESPECIE_HAS_DEPOSITO.....	31
5.3.14 Tabla YACIMIENTO_HAS_ESPECIE.....	31
5.3.15 Tabla YACIMIENTO_HAS_PUBLICACION.....	32
5.4 La web.....	32
5.4.1 Administración de la base de datos.....	32
5.4.2 Mapa geográfico.....	35
5.5 Manipulación de datos.....	37
5.6 Informe usabilidad y accesibilidad.....	39
5.6.1 Accesibilidad.....	39
5.6.2 Usabilidad.....	40

<b>Capítulo 6 Problemas encontrados.....</b>	<b>42</b>
6.1 Configuración Apache-PostgreSQL.....	42
6.2 Diseño de la base de datos.....	42
6.3 Diseño mapa geográfico.....	43
<b>Capítulo 7 Conclusiones y líneas futuras.....</b>	<b>45</b>
<b>Capítulo 8 Summary and Conclusions.....</b>	<b>47</b>
<b>Capítulo 9 Presupuesto.....</b>	<b>49</b>
9.1 Precio de materiales.....	49
9.2 Precio de tareas.....	50
9.3 Precio total.....	50
<b>Capítulo 10 Apéndice 1. Informe de accesibilidad.....</b>	<b>51</b>
10.1 Herramientas utilizadas.....	51
10.1.1 Sistemas operativos.....	51
10.1.2 Navegadores.....	51
10.1.3 Navegador de texto.....	51
10.1.4 Herramientas automáticas de evaluación de la accesibilidad web.....	51
10.1.5 Lectores de pantalla.....	51
10.2 Porcentaje de accesibilidad.....	51
<b>Capítulo 11 Apéndice 2: Informe usabilidad.....</b>	<b>53</b>
11.1 Test realizado.....	53

# Índice de figuras

Figura 1.1: Materiales del yacimiento paleontológico del Jorado, del Mesozoico de Fuerteventura.....	2
Figura 1.2: Esquema resumen del registro fósil de Canarias.....	4
Figura 2.1: Detalle de los sedimentos estratificados de fondo marino de mucha profundidad donde se encontraron restos de ammonoideos, cefalópodos que dominaban los mares del Jurásico y Cretácico, y se extinguieron al final del Cretácico, junto con los dinosaurios.....	6
Figura 4.1: Programa QGIS.....	12
Figura 4.2: Librería d3.js.....	12
Figura 4.3: PostgreSQL.....	13
Figura 4.4: Servidor Apache.....	14
Figura 4.5: HTML5, CSS3 y JavaScript.....	15
Figura 4.6: Bootstrap.....	15
Figura 4.7: Mapa de Google Maps utilizado.....	16
Figura 4.8: Logo de la W3C.....	17
Figura 5.1: Arquitectura del Sistema.....	18
Figura 5.2: Esquema Entidad-Relación de la base de datos.....	30
Figura 5.3: Caso de uso. Añadir.....	33
Figura 5.4: Caso de uso. Consultar.....	33
Figura 5.5: Página de inicio.....	34
Figura 5.6: Portal de administración.....	35
Figura 5.7: Caso de uso. Mapa.....	35
Figura 5.8: Mapa Geográfico de Canarias con yacimientos.....	36
Figura 5.9: Mapa Geográfico de Canarias con acercamiento.....	37

Figura 5.10: Formulario de inserción de yacimiento.....	38
Figura 5.11: Mapa mostrando información de un yacimiento.....	39
Figura 5.12: Ejemplo del mensaje viejo.....	41
Figura 5.13: Ejemplo del mensaje nuevo.....	41
Figura 10.1: Evaluación accesibilidad de la muestra.....	52

# Índice de tablas

Tabla 5.1: Tabla USUARIOS.....	20
Tabla 5.2: Tabla YACIMIENTO.....	21
Tabla 5.3: Tabla UBICACION.....	22
Tabla 5.4: Tabla ESPECIE.....	23
Tabla 5.5: Tabla DEPOSITO.....	23
Tabla 5.6: Tabla EXCAVACION.....	24
Tabla 5.7: Tabla PUBLICACION.....	25
Tabla 5.8: Tabla VALORACION.....	25
Tabla 5.9: Tabla VALORACION_CIENTIFICA.....	26
Tabla 5.10: Tabla VALORACION_SOCIO_CULTURAL.....	27
Tabla 5.11: Tabla VALORACION_SOCIO_ECONOMICO.....	28
Tabla 5.12: Tabla RIESGO_DETERIORO.....	29
Tabla 5.13: Tabla ESPECIE_HAS_DEPOSITO.....	31
Tabla 5.14: Tabla YACIMIENTO_HAS_ESPECIE.....	31
Tabla 5.15: Tabla YACIMIENTO_HAS_PUBLICACION.....	32
Tabla 9.1: Coste de hardware.....	49
Tabla 9.2: Coste de tareas.....	50
Tabla 9.3: Coste de tareas.....	50

# Capítulo 1

## Introducción

En este capítulo de introducción hablaremos sobre qué es la Paleontología y qué significado e importancia tiene en las Islas Canarias, con el fin de conocer un poco esta ciencia un tanto desconocida en la comunidad.

### 1.1 La paleontología

La Paleontología es la ciencia que estudia e interpreta el paso de los seres vivos que han existido en la antigüedad en nuestro planeta, es decir desde los primeros indicios de la vida hace aproximadamente 3.800 millones de años hasta el Holoceno o última etapa de la Historia de la Tierra. Se encarga de encontrar restos fósiles de organismos en diferentes yacimientos, analizarlos, recrearlos y realizar un estudio sobre su origen, su evolución o extinción, su relación con el entorno o sus migraciones.

Esta ciencia consigue descubrir datos paleobiológicos interesantes sobre el pasado de un territorio y de nuestro planeta, que “hoy en día se considera indispensable para conservar y proteger la biodiversidad actual” (Barnosky et al., 2017). De forma general, Benton y Harper (2013) exponen seis razones por las cuales los estudios paleontológicos son relevantes en la sociedad moderna: a) para dilucidar el origen de la vida donde se incluye el origen del hombre, b) por la curiosidad de como era el mundo en otros tiempos, ¿cómo era la Tierra en el Mesozoico?, c) Por conocer como ha cambiado el clima y la biodiversidad, así por ejemplo hace 250 Ma la Tierra sufrió un calentamiento global, cayeron los niveles de Oxígeno y lluvia ácida, y el 95% de las especies desapareció. Esto es relevante en los debates sobre el futuro de la Tierra y la humanidad inmersa en un calentamiento global, d) La forma de la evolución, con investigaciones acerca del concepto de “árbol de la vida”. ¿Cómo se diversificó la vida? ¿Cuáles han sido las tasas de diversificación y extinción? ¿Es imposible entender los modelos de evolución sólo con las especies actuales?, e) por conocer los organismos que se han extinguido; los fósiles nos muestran que la

extinción es un proceso normal. (todas las especies tienen una duración determinada), y f) por su utilidad en la datación relativa de las rocas; los fósiles permiten correlacionar temporalmente estratos a nivel mundial, regional o local.

Además los fósiles y yacimientos paleontológicos donde se encuentran en la naturaleza forman parte del patrimonio colectivo de la sociedad, por ello además del interés científico antes descrito, “los recursos paleontológicos también tienen un elevado valor sociocultural y socioeconómico” (Alcalá, 2011; Santucci et al., 2016) y por tanto contribuyen al desarrollo sostenible de un territorio. Son fuente de recursos culturales y contribuyen al desarrollo del turismo científico, a través de diferentes figuras como el establecimiento de geoparques o paleoparques (Lipp y Granier, 2009; Sookias et al., 2013). Para poder establecer estas figuras es necesario hacer una valoración patrimonial de los yacimientos que nos permita clasificarlos según su grado de relevancia científica, sociocultural o socioeconómica (Alcalá, 2002; Mampel et al., 2009).



Figura 1.1: Materiales del yacimiento paleontológico del Jorado, del Mesozoico de Fuerteventura.

## 1.2 La paleontología en Canarias

En las Islas Canarias existe una gran cantidad de yacimientos paleontológicos repartidos por todas las islas e islotes, donde se pueden descubrir muchos datos que dan información sobre el pasado de nuestras islas, y que sin duda alguna, ayudan a conocer mejor nuestra Tierra.

El registro fósil de Canarias constituye el único ejemplo a nivel

nacional por conservarse en un contexto de islas volcánicas y oceánicas activas; abarca de forma discontinua desde el Jurásico (el registro más antiguo en Canarias es de hace 145 millones de años) en el Mesozoico hasta el Holoceno, por lo que adquiere una gran relevancia científica, además de patrimonial al formar parte del Patrimonio Histórico y Natural de Canarias (Castillo et al., 1999; Castillo et al., 2017).

Las islas del Archipiélago canario que conservan un mayor número de yacimientos son las orientales, y en particular la isla de Fuerteventura. En ella se encuentran los fósiles del Mesozoico, en la zona conocida como el Jorado, los yacimientos del Oligoceno en el Barranco de La Fuente Blanca (con antelación a la emersión de la isla) y los afloramientos del Neógeno y Cuaternario repartidos por toda la isla; estos últimos son principalmente depósitos marinos costeros, paleodunas y restos fósiles en el interior de los tubos volcánicos. Todos los yacimientos de esta isla, a diferencia de las demás, están recogidos en la Carta Paleontológica realizada por el Cabildo de la isla, en cumplimiento de la norma legal sobre patrimonio histórico de Canarias (Ley 4/1999, de 15 de marzo, de Patrimonio Histórico de Canarias). En las demás islas, el registro fósil conocido pertenece al Neógeno y/o Cuaternario.

No se dispone de una base de datos con la totalidad de yacimientos fosilíferos de las Islas Canarias. En el año 1989 García-Talavera y colaboradores publicaron el catálogo de fósiles de la provincia de Tenerife. Más tarde Castillo y colaboradores (2001), siguiendo las directrices de la Sociedad Española de Paleontología, del conjunto de yacimientos conocidos en ese momento, proponen 41 puntos de interés paleontológico. De ellos solo unos pocos fueron declarados Bienes de Interés cultural como Zona Paleontológica (Martín González et al., 2009).

Es por ello que este patrimonio debe de tener una mayor dimensión y protección por parte de todos los organismos públicos y los ciudadanos canarios, con el fin de protegerlo y dar a conocer un tema muy importante para el desarrollo sostenible de Canarias. Esto justifica la importancia de disponer de una base de datos que permita tener en un único documento una información estandarizada de los recursos paleontológicos de Canarias que incluya además una valoración cuantitativa de su valor patrimonial.

## Registro fósil de Canarias

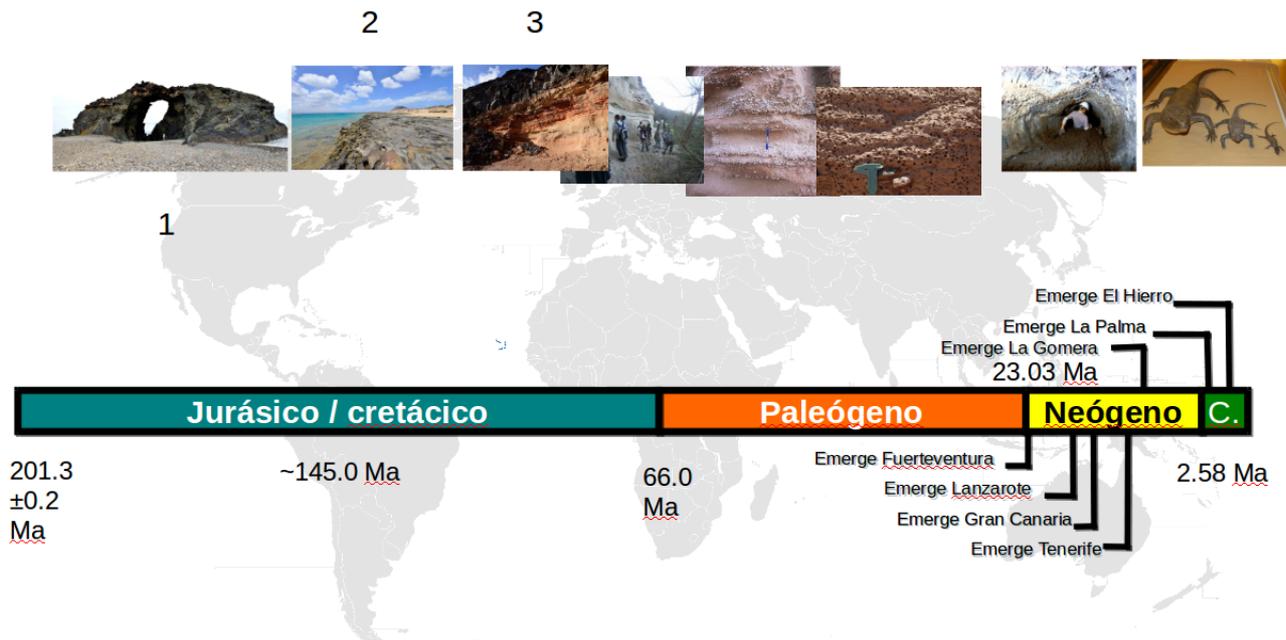


Figura 1.2: Esquema resumen del registro fósil de Canarias.

# **Capítulo 2**

## **Antecedentes y estado actual del tema**

En en este capítulo se presenta de forma resumida el estado de la paleontología canaria en la actualidad.

### **2.1 La paleontología canaria actual**

En las islas Canarias existen numerosos estudios paleontológicos que ayudan a descubrir qué especies habitaron estas tierras o la evolución de algunas actuales. No obstante, al disponer de una extensión de terreno considerablemente pequeña y sumado al creciente desarrollo del sector de la construcción, los yacimientos paleontológicos, tanto los que tienen fósiles marinos como terrestres, son cada vez más escasos, lo que dificulta la obtención de datos paleobiológicos, que como hemos visto es necesario conservarlos para ayudar a resolver problemas actuales como cambio climático actual (ver apartado 1.1).

También es importante destacar el desconocimiento de los propios ciudadanos canarios sobre este tema, pues no se percatan de la cantidad de yacimientos que existen ni de las expediciones científicas que se realizan en nuestro territorio.

Estas investigaciones se llevan realizando en las últimas décadas de forma más intensiva por diversos grupos de investigación nacionales e internacionales, que han aportado información sobre los tipos de fósiles marinos como los encontrados en los materiales del Mesozoico (p.e. Steiner et al., 1998) o del Neógeno (p.e. Martín González, 2015), o los fósiles terrestres de invertebrados, vertebrados y plantas (Ortiz et al., 2006; Pannel et al., 2011; La Roche et al.,. La actividad docente e investigadora del Área de Paleontología de la Universidad de La Laguna (coordinada por la Dra. Carolina Castillo Ruiz), especialmente relacionada con el desarrollo de proyectos de investigación de ámbito local (contratos de investigación), regional (Gobierno de Canarias) y estatal (Plan

nacional de I+D+I), así como la dirección de tesis, trabajos TFG y TFM desde que se implantan las nuevas titulaciones de Grado y Máster, han generado una gran cantidad de datos que está dispersa en diversos artículos y documentos científico- técnicos, que se hace necesario una catalogación de forma eficiente. La información recogida data de diferentes periodos históricos, que ayudan a realizar una representación del pasado de nuestra tierra o incluso predecir qué puede ocurrir en el futuro. Podemos descubrir la edad o el tipo de yacimiento, especies que lo habitaron, su relación con el entorno, desde cuándo existe vida en las islas o el estado de conservación en que se encuentra.



Figura 2.1: Detalle de los sedimentos estratificados de fondo marino de mucha profundidad donde se encontraron restos de ammonoideos, cefalópodos que dominaban los mares del Jurásico y Cretácico, y se extinguieron al final del Cretácico, junto con los dinosaurios.

## 2.2 Problemas existentes en la paleontología canaria

Actualmente se presentan muchas dificultades para la conservación de este tipo de patrimonio, sobre todo a la hora de guardar y mostrar la información que se obtiene. En la Universidad de La Laguna, las investigaciones que se llevan a cabo por el grupo de investigación “Estudio de la fauna Fósil y actual de Canarias” del área de Paleontología, recogen información que se guarda en un archivo Excel, sin tener definida una base de datos de calidad y un acceso a esa información de forma sencilla, clara y eficiente para los paleontólogos, estudiantes o interesados. Lógicamente, el

desarrollo tecnológico que existe en nuestros días podría facilitar esta tarea, por lo que hay que poner en marcha los mecanismos necesarios para llevarlo a cabo, como por ejemplo, un sistema de información geográfica.

Además, “el sistema de información geográfica se viene aplicando en otras regiones para la gestión de recursos paleontológicos” (Mampel et al., 2009; Stratton et al., 2014), por lo que el desarrollo de este proyecto contribuirá también a mejorar la gestión de los fósiles y yacimientos de Canarias al desarrollar una herramienta de la que ya se ha probado su utilidad.

## **2.3 Paleobiodb.org**

Una herramienta que se asemeja a lo que se intentará conseguir en este proyecto es el servicio web *paleobiodb.org*. En él nos encontramos con un mapa mundial donde se pueden localizar diferentes yacimientos de todo el mundo, mostrando información como su edad, tipo, publicaciones o especies. Es por ello que es un ejemplo a seguir en nuestro trabajo.

# Capítulo 3

## Objetivos del trabajo

A continuación, en este capítulo comentaremos los objetivos principales del trabajo, que han sido la guía a seguir para su desarrollo.

### 3.1 Generación de un mapa geográfico de Canarias

Uno de los objetivos principales, y clave en este proyecto, es poder generar un mapa de las Islas Canarias, delimitando sus municipios, donde se muestre de forma dinámica todos los yacimientos de los cuales se disponga de alguna información relevante en cuanto a paleontología se trate.

La idea es que, una vez mostrados los diferentes puntos relacionados con los yacimientos, el usuario pueda acceder a información sobre el yacimiento que seleccione.

Para la realización de este mapa, se ha propuesto utilizar una de las librerías más utilizadas para mapas y gráficos como es la librería de JavaScript *d3.js*.

Por último, toda la información que se muestre deberá estar recogida en una base datos, que comentaremos a continuación.

### 3.2 Creación de la base de datos

Sin duda alguna, nos encontramos con un proyecto en el cual disponemos de mucha información que no está recogida de forma correcta en términos técnicos, es decir, no existe una base de datos en la cual podamos consultar información.

Por lo tanto, se propone la realización de una base datos, teniendo en cuenta las pautas y consejos marcados por la profesora Carolina Castillo, la cual va a estar orientada para el gestor PostgreSQL, y

que intentará reflejar de la forma más precisa posible los datos paleontológicos, los yacimientos de los que se han extraído, las publicaciones, y las relaciones entre todos ellos.

### **3.3 Realización de un apartado de administración**

Otro objetivo será el de dotar de una interfaz de administración, donde los profesores y alumnos de paleontología de la Universidad de La Laguna puedan introducir, consultar, modificar y eliminar información sobre los yacimientos, especies, excavaciones, publicaciones y depósitos que estén relacionados con la paleontología de Canarias.

En el apartado técnico, utilizaremos el lenguaje del lado del servidor PHP, muy potente y optimizado para realizar consultas a bases de datos, del que podremos utilizar su capa de acceso a PostgreSQL.

Además de ser capaz de cumplir las funciones anteriormente comentadas, tendrá que hacerse mucho hincapié en la sencillez de diseño y su facilidad de manipulación.

### **3.4 Informe de usabilidad y accesibilidad**

Por último, se intentará obtener mediante un análisis en profundidad de la aplicación web, un alto grado de usabilidad y accesibilidad, siguiendo los estándares web, las pautas WGAC 2.0 y la tecnología WAI-ARIA, para poder llegar al mayor número de personas posibles y teniendo una mayor facilidad de acceso.

# Capítulo 4

## Herramientas utilizadas

En este capítulo comentaremos las diferentes herramientas y tecnologías utilizadas durante el desarrollo del trabajo.

### 4.1 Mapa geográfico

Para el desarrollo del mapa geográfico de Canarias hemos tenido la necesidad de utilizar una serie de herramientas, que van desde la obtención del archivo *json* hasta la interacción y consulta de los datos.

Cabe destacar que existen diferentes tipos de mapas como geográficos, climáticos, específicos o políticos entre otros muchos. En nuestro caso trataremos con un mapa político que distinga los diferentes municipios de todas las islas para representar información específica de paleontología . Hay que tener en cuenta otros conceptos que definen los mapas, como puede ser las escalas y coordenadas que jugarán una papel clave en el desarrollo del proyecto.

Un SIG es un Sistema de Información Geográfica que está formado por diferentes datos, eje fundamental de su funcionamiento. A estos datos se les pueda dar distintas interpretaciones con el fin de proporcionarnos cierta información. Si las interpretaciones cambian, la información que nos ofrecen los datos es totalmente diferente.

La información geográfica está compuesta por dos componentes. El componente espacial hace referencia a la posición dentro del sistema geográfico y nos permite obtener una localización. El componente temático se encarga de completar la información que nos ofrece el componente espacial, por lo que ambas forman una relación. Normalmente el espacial está en forma numérica por el contrario que el temático, que puede tener diferente naturaleza.

En un SIG debemos diferenciar la parte de los datos y la parte de la visualización. Esto quiere decir que los datos se emplean para crear un resultado visual pero en sí mismos no contienen valores relativos a esa visualización.

Nos encontramos entonces con una división geográfica entre horizontal (expansión del mapa en territorio) y vertical (diferente información a mostrar en el mapa), esta última referida a un elemento muy importante en los SIG, las capas. El trabajo que se realiza con capas consigue generar una mayor facilidad en la gestión de la información e integración de diferentes datos con los que poder realizar muchas operaciones. Una capa permite dividir la información espacial referida a una zona de estudio en varios niveles.

#### **4.1.1 Servicio Web Instituto Geográfico Nacional**

Para el desarrollo del proyecto se debe obtener un archivo *json* o *geojson* de las Islas Canarias. Para ello, se ha usado el servicio web del IGN (Instituto Geográfico Nacional), desde el que es posible descargar diferentes mapas con la información geográfica de toda España y los diferentes archipiélagos. Nos da la posibilidad de obtener mapas en formato imagen, vectorial, digitales de elevaciones o con información geográfica de referencia como en nuestro caso, concretamente los límites municipales.

#### **4.1.2 Aplicación QGIS**

QGIS es una herramienta para Sistemas de Información Geográfica (SIG) de código abierto y libre que es apropiado para trabajar con sistemas de información geográficos, y en nuestro caso, ha sido de gran utilidad para retocar los archivos obtenidos del servicio del IGN y conseguir el mapa de Canarias que necesitábamos para este proyecto.

Es una aplicación de escritorio en donde podemos cargar ficheros relacionados con sistemas geográficos y editar, gestionar y exportar (en diferentes formatos) la información que contienen a través de un gestor de datos y potentes herramientas de edición vectorial.

Tiene capacidad para generar o añadir capas en PostGIS o Microsoft SQL Server (MSSQL), para trabajar con ellas y crear capas geográficas muy completas, teniendo la posibilidad de publicarlos directamente desde el programa a la red.

Por otro lado, dispone de una consola en Python donde poder añadir paquetes creados por la comunidad de diferentes tipos que pueden ser instalados fácilmente.



Figura 4.1: Programa QGIS.

### 4.1.3 Librería d3.js

D3.js es una librería de JavaScript apropiada para el diseño de mapas y gráficos en entornos web, utilizando tecnologías como SVG, HTML5, CSS y JavaScript. Nos permite un control total de la visión final del gráfico, y además, la principal ventaja de esta librería es que está basada exclusivamente en estándares. Esta característica facilita un diseño responsive que garantice el redimensionado a la hora de adaptar el contenido a los diferentes tamaños de pantallas actuales.



Figura 4.2: Librería d3.js.

## 4.2 Base de datos

Para el desarrollo y manipulación de la base de datos, se optó por elegir un Sistema Gestor de Bases de Datos que permitiera agrupar correctamente la información necesaria, y además, que fuese óptimo para el uso de un SIG.

### 4.2.1 PostgreSQL

PostgreSQL cumple satisfactoriamente con los requisitos mencionados, además de soportar una tecnología como PostGIS, que podrá ser de gran utilidad para futuros proyectos que potencien el desarrollo realizado en este Trabajo de Fin de Grado.

PostgreSQL es un gestor de base de datos relacional totalmente

libre, que es soportado bajo SQL, por lo que su uso no se antoja demasiado complicado y además cuenta con una gran comunidad y cantidad de documentación.



Figura 4.3: PostgreSQL.

#### **4.2.2 Pgadmin III y psql**

Puesto que se ha utilizado PostgreSQL, se dispone de dos modalidades para la gestión de diferentes bases de datos: de forma gráfica con Pgadmin III y en entorno terminal a través de psql. Además, como el desarrollo se ha realizado en local, y se ha implantado en el servicio del IAAS de la Universidad de La Laguna, hemos tenido la oportunidad de utilizar ambos.

Tanto uno como otro, nos ofrecen las mismas características, podemos crear diferentes bases de datos, usuarios, crear tablas, insertar, borrar. Todo lo necesario en las tareas de gestión

#### **4.2.3 DB Designer Fork**

Este programa permite realizar esquemas Entidad-Relación de una base de datos y exportarlo en un fichero en diferentes formatos, según el gestor que se vaya a utilizar. Además de MySQL y otros gestores, DB Designer Fork ofrece la posibilidad de crear scripts SQL específicos para PostgreSQL, por lo que ha sido muy útil y ha facilitado la tarea de creación de la base de datos.

### **4.3 Alojamiento de la web**

El alojamiento de la web, se ha realizado tanto en local como en el servicio del IAAS de la ULL utilizando Apache como servidor.

#### **4.3.1 Apache**

Apache es un servidor web de código abierto, el cual se puede utilizar perfectamente en sistemas operativos Linux, además de otros como Windows o Macintosh. Es un proyecto que cuenta con una gran comunidad e información, y una gran capacidad y eficacia de alojar diferentes servicios web.

Está optimizado para el uso del lenguaje *PHP*, que utilizaremos durante el desarrollo del trabajo. Además es muy configurable, pero hace falta tener algunos conocimientos de administración de sistemas Linux.



Figura 4.4: Servidor Apache.

### **4.3.2 IAAS ULL**

Un IAAS (Infrastructure as a Service), es un servicio de infraestructura que nos permite acceso en la nube a diferentes recursos informáticos. En este caso, nos ofrece total libertad para gestionar los recursos de la máquina.

La Universidad de La Laguna tiene a disposición de sus usuarios un servicio como este, el cual se ha utilizado para alojar la web. Esto ha permitido acceder al despliegue del proyecto en cualquier momento para llevar a cabo un seguimiento del mismo. Por ello se solicitó la creación de una máquina virtual con Ubuntu 16.04.

## **4.4 Diseño web**

Como se trata de una aplicación web, se ha tenido que utilizar elementos básicos para este tipo de herramientas.

### **4.4.1 HTML 5. CSS3. JavaScript. JQuery**

Como es habitual, se ha utilizado HTML en su versión 5, para establecer la estructura de la información que contendrá el servicio. Además es un lenguaje coordinado por la W3C (World, Wide, Web Consortium), regulador de la navegación web. HTML 5 es un estándar de la web desde octubre de 2014.

Para el diseño de aspecto de la web, se ha utilizado el lenguaje CSS (Cascading Style Sheets) en su versión 3, muy potente y muy soportado por los navegadores más utilizados en la actualidad.

Por último, se ha tenido la necesidad de utilizar el lenguaje JavaScript, para mejorar la experiencia del usuario y facilitar la

muestra de los datos en la web. También se ha utilizado jQuery, librería de JavaScript para facilitar la gestión de los eventos de la interfaz, las animaciones y el árbol DOM.



Figura 4.5: HTML5, CSS3 y JavaScript.

#### 4.4.2 Framework Bootstrap

Aparte de las tecnología utilizadas anteriormente, se ha hecho uso del framework CSS de Bootstrap, muy potente y completo. Nos facilita la colocación de los elementos HTML mediante su cuadrícula de 12 columnas, el diseño responsive para lograr una adaptación correcta a diferentes dimensiones de pantalla mediante un diseño único y dispone de numerosos componentes para la interfaz como menús, barras de progreso, botones, etc.



Figura 4.6: Bootstrap.

#### 4.4.3 API de Google Maps

Para facilitar la tarea de inserción de las ubicaciones de los yacimientos se ha utilizado la API de Google Maps para obtener los puntos geográficos (latitud y longitud) de cada uno de los yacimientos. Con esta API podemos colocar un mapa satélite de una

zona que nosotros podemos especificar y realizar otras funciones como añadir marcadores u obtener datos.



Figura 4.7: Mapa de Google Maps utilizado.

## 4.5 Análisis de usabilidad y accesibilidad

Actualmente, para desarrollar páginas web accesibles, se siguen una serie de pautas y tecnologías para poder acercar la web al mayor número de personas.

### 4.5.1 Pautas WCAG 2.0

Las pautas WCAG 2.0, son una serie de recomendaciones para conseguir desarrollar una página web accesible. Con ellas, personas con discapacidad como ceguera, sordera o cualquier otra limitación, pueden disfrutar de la navegación web. En cuanto a la usabilidad, en los modelos de calidad de software constituye una de las características de la calidad del producto. La usabilidad se refiere a la medida en que un producto es fácil de utilizar, de aprender, de entender. Además mediante un producto usable el usuario podrá lograr sus metas con eficiencia y eficacia. Cabe destacar que existe una gran relación entre la accesibilidad y la usabilidad, garantizando una mayor usabilidad el hecho de cumplir con las

recomendaciones para la accesibilidad web.

En este trabajo se ha realizado un informe de usabilidad y accesibilidad siguiendo estas pautas.



Figura 4.8: Logo de la W3C.

#### 4.5.2 WAI-ARIA

WAI-ARIA (Web Accessibility Initiative - Accessible Rich Internet Applications), es una especificación técnica del W3C, en busca de hacer más accesible el contenido de la web, mediante una serie de etiquetas, roles y propiedades, que especifican la semántica de elementos HTML como elementos de interfaz.

Son atributos definidos sobre etiquetas HTML4, XHTML o HTML5, alguno de los que hemos llegado utilizar son el atributo `tabindex` para la navegación mediante el teclado o el role `contentinfo` para información de copyright.

Un ejemplo de etiquetado WAI-ARIA sería el siguiente:

```
<div class="navbar navbar-inverse navbar-fixed-bottom"
      role='contentinfo'>
  <div class="container">
    <p tabindex="1" class="navbar-text pull-left">© 2017
      Alexander Cole Mora
    <a tabindex="1" title='acceso a la página web de la
      Universidad de La Laguna' href="https://www ull.es/"
      target="_blank" >Universidad de La Laguna</a>
  </p>
</div>
</div>
```

# Capítulo 5

## Desarrollo de la aplicación

En cuanto al desarrollo de la aplicación se ha tenido que realizar diversos pasos para la consecución del mismo, desde la instalación de los recursos de alojamiento como Apache, hasta el análisis de accesibilidad. En este capítulo los describiremos uno a uno.

### 5.1 Arquitectura del Sistema

Nos encontramos ante un sistema web basado en un modelo de tres capas donde se entabla una comunicación cliente-servidor.

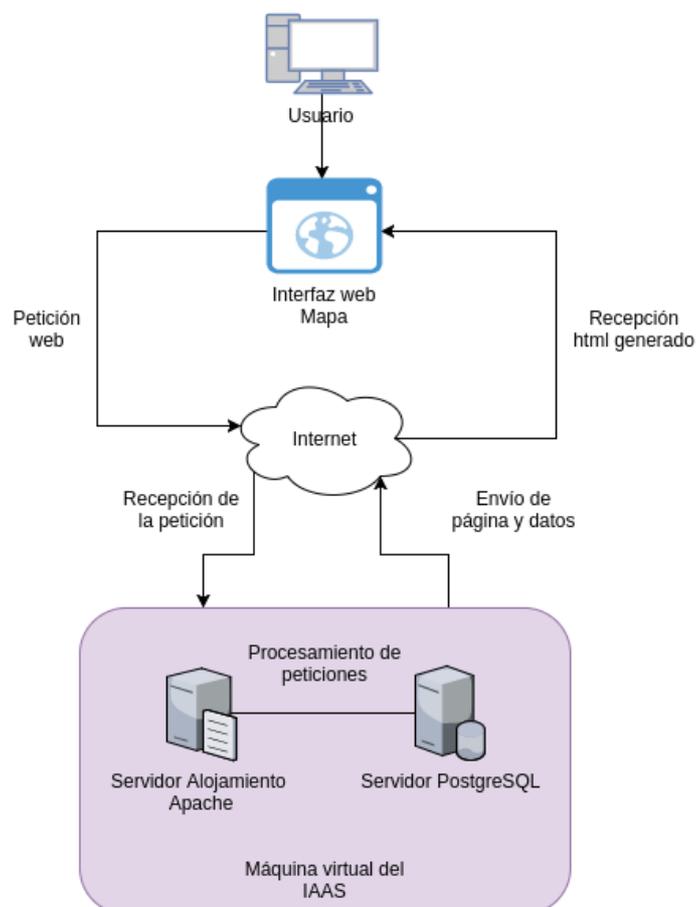


Figura 5.1: Arquitectura del Sistema.

Como podemos observar en la imagen anterior, intervienen principalmente tres elementos en nuestro sistema. Un cliente, un servidor de alojamiento y un servidor de base de datos.

En nuestro caso los servidores se encuentran en una máquina virtual en el servicio del IAAS de la Universidad de La Laguna. Una vez que el cliente haga una petición, a través de PHP se consultan los datos, los servidores se encargan de procesar esa información y generar según la petición una página en HTML con los resultados obtenidos para que el usuario pueda verlos.

## **5.2 Apache, PHP y PostgreSQL**

Para comenzar el proyecto era necesario establecer un servidor web que nos permitiera alojar la web y que pueda entablar comunicación con una base de datos realizada con PostgreSQL. Es por ello que se decidió utilizar uno de los servidores más utilizados actualmente, como es Apache, que además, es de licencia libre.

Apache es un servidor que funciona adecuadamente con el lenguaje PHP, por lo que se decidió utilizarlo como lenguaje del lado del servidor. PHP requiere una instalación en el equipo para que pueda utilizarse sin ningún inconveniente durante el funcionamiento de la web.

Por último, al elegir a PostgreSQL como gestor de base de datos, se requería su instalación para poder comunicar el servidor con la información que se iría introduciendo a lo largo del proyecto, así como su configuración para que la conexión se hiciera correctamente.

## **5.3 Diseño de la base de datos**

El diseño de la base de datos ha sido, sin lugar a duda, una tarea bastante importante a lo largo del desarrollo de la aplicación, pues prácticamente todo dependía de un buen trabajo en este componente del sistema. Por lo tanto, como nos encontramos con un ámbito profesional y técnico, se ha tenido que tener especial cuidado con las pautas marcadas por la experta en paleontología. Se ha conseguido crear una base de datos específica de ámbito profesional, donde poder recoger y manipular información de los diferentes yacimientos de las islas

Los primeros pasos consistieron en consultar algunos servicios web similares, y comenzar una serie de reuniones de asesoramiento de la cotutora. Gracias a esto, y como ya comentamos anteriormente,

al programa DB Designer Fork, conseguimos diseñar el modelo de datos en la imagen Figura 5.2.

En esta base de datos tendremos las siguientes tablas: usuarios, yacimiento, ubicacion, especie, deposito, excavacion, publicacion, valoración, valoracion\_científica, valoracion\_socio\_cultural, valoracion\_socio\_economica y riesgo\_deterioro

### 5.3.1 Tabla USUARIOS

<b>Entidad</b>
USUARIOS
<b>Descripción</b>
Contiene los usuarios que pueden acceder al servicio de administración.
<b>Atributos</b>
<i>nombre</i> (Primary Key) <i>pass</i>
<b>Restricciones</b>
Ninguna

**Tabla 5.1: Tabla USUARIOS**

### 5.3.2 Tabla YACIMIENTO

<b>Entidad</b>
YACIMIENTO
<b>Descripción</b>
Contiene la información que define a cada yacimiento.
<b>Atributos</b>
<i>idyacimiento</i> (Primary Key) <i>yacimiento</i> <i>edad</i> <i>altura</i> <i>tipo_yacimiento</i> <i>cant_publicaciones</i> <i>observacion_yacimiento</i>
<b>Restricciones</b>
Un yacimiento puede tener varias especies. Un yacimiento solo puede tener una ubicación. Un yacimiento puede tener varias publicaciones. Un yacimiento puede tener varias excavaciones. Un yacimiento solo puede tener una valoración.

**Tabla 5.2: Tabla YACIMIENTO**

### 5.3.3 Tabla UBICACION

<b>Entidad</b>
UBICACION
<b>Descripción</b>
Contiene la ubicación geográfica de cada yacimiento.
<b>Atributos</b>
<i>idubicacion</i> (Primary key) <i>idyacimiento</i> (Foreign Key) <i>isla</i> <i>municipio</i> <i>localidad</i> <i>latitud</i> <i>longitud</i>
<b>Restricciones</b>
Una ubicación corresponde a un solo yacimiento.

**Tabla 5.3: Tabla UBICACION**

### 5.3.4 Tabla ESPECIE

<b>Entidad</b>
ESPECIE
<b>Descripción</b>
Contiene las especies encontradas en yacimientos paleontológicos.
<b>Atributos</b>
<i>idespecie</i> (Primary key) <i>especie</i> <i>tipo_especie</i>
<b>Restricciones</b>
Una especie puede estar en varios yacimientos. Una especie puede estar en varios depósitos.

**Tabla 5.4: Tabla ESPECIE**

### 5.3.5 Tabla DEPOSITO

<b>Entidad</b>
DEPOSITO
<b>Descripción</b>
Contiene los depósitos donde se guardan especies.
<b>Atributos</b>
<i>iddeposito</i> (Primary key) <i>deposito</i> <i>pais</i>
<b>Restricciones</b>
Un depósito puede guardar varias especies.

**Tabla 5.5: Tabla DEPOSITO**

### 5.3.6 Tabla EXCAVACION

<b>Entidad</b>
EXCAVACION
<b>Descripción</b>
Contiene las excavaciones que se realizan a los yacimientos.
<b>Atributos</b>
<i>Idexcavaciones</i> (Primary key) <i>idyacimiento</i> (Foreign Key) <i>fecha_inicial</i> <i>fecha_final</i> <i>responsable</i> <i>financiacion</i> <i>deposito</i> <i>observacion_excavacion</i>
<b>Restricciones</b>
Un excavación solo corresponde a un yacimiento.

**Tabla 5.6: Tabla EXCAVACION**

### 5.3.7 Tabla PUBLICACION

<b>Entidad</b>
PUBLICACION
<b>Descripción</b>
Contiene las publicaciones que se realizan a los yacimientos.
<b>Atributos</b>
<i>idpublicaciones</i> (Primary key) <i>titulo</i> <i>fecha</i> <i>autor</i> <i>pdf</i>
<b>Restricciones</b>
Una publicación puede tratar sobre varios yacimientos.

**Tabla 5.7: Tabla PUBLICACION**

### 5.3.8 Tabla VALORACION

<b>Entidad</b>
VALORACION
<b>Descripción</b>
Contiene la valoración de un yacimiento.
<b>Atributos</b>
<i>idvaloracion</i> (Primary key) <i>idyacimiento</i> (Foreign Key) <i>valor</i> (se obtiene de las valoraciones específicas del yacimiento)
<b>Restricciones</b>
Una valoración corresponde a un solo yacimiento.

**Tabla 5.8: Tabla VALORACION**

### 5.3.9 Tabla VALORACION\_CIENTIFICA

<b>Entidad</b>
VALORACION_CIENTIFICA
<b>Descripción</b>
Contiene la valoración científica definida para cada yacimiento.
<b>Atributos</b>
<i>idvaloracion_cientifica</i> (Primary key) <i>idvaloracion</i> (Foreign Key) <i>idyacimiento</i> <i>tipo_fosiles</i> <i>diversidad_taxones</i> <i>edad_yacimiento</i> <i>localidad_tipo</i> <i>estado_conservacion_fosiles</i> <i>informacion_tafonomica</i> <i>informacion_bioestratigrafica</i> <i>interes_geologico</i> <i>interes_paleoclimatico</i> <i>valor_geomorfologico</i> <i>abundancia_yacimientos</i> <i>tipo_yacimientos</i> <i>tipo_datacion</i> <i>asociacion_restos_arqueologicos</i>
<b>Restricciones</b>
Un yacimiento solo tiene una valoración científica.

**Tabla 5.9: Tabla VALORACION\_CIENTIFICA**

### 5.3.10 Tabla VALORACION\_SOCIO\_CULTURAL

<b>Entidad</b>
VALORACION_SOCIO_CULTURAL
<b>Descripción</b>
Contiene la valoración sociocultural definida para cada yacimiento.
<b>Atributos</b>
<i>idvaloracion_socio_cultural</i> (Primary key) <i>idvaloracion</i> (Foreign Key) <i>idyacimiento</i> <i>interes_didactico</i> <i>situacion_geografica</i> <i>valor_historico</i> <i>nivel_conocimientos</i> <i>valor_complementario</i> <i>figura_proteccion</i>
<b>Restricciones</b>
Un yacimiento solo tiene una valoración sociocultural.

**Tabla 5.10: Tabla VALORACION\_SOCIO\_CULTURAL**

### 5.3.11 Tabla VALORACION\_SOCIO\_ECONOMICO

<b>Entidad</b>
VALORACION_SOCIO_ECONOMICO
<b>Descripción</b>
Contiene la valoración socioeconómica definida para cada yacimiento.
<b>Atributos</b>
<i>idvaloracion_socio_economica</i> (Primary key) <i>idvaloracion</i> (Foreign Key) <i>idyacimiento</i> <i>potencial_turistico</i>
<b>Restricciones</b>
Un yacimiento solo tiene una valoración socioeconómica.

**Tabla 5.11: Tabla VALORACION\_SOCIO\_ECONOMICO**

### 5.3.12 Tabla RIESGO\_DETERIORO

<b>Entidad</b>
RIESGO_DETERIORO
<b>Descripción</b>
Contiene la valoración relacionada con el riesgo de deterioro definida para cada yacimiento.
<b>Atributos</b>
<i>idriesgo_deterioro</i> (Primary key) <i>idvaloracion</i> (Foreign Key) <i>idyacimiento</i> <i>fragilidad_deposito</i> <i>situacion_geografica</i> <i>edificaciones</i> <i>valor_minero</i> <i>vias_comunicacion</i> <i>vertederos</i> <i>coleccionismo</i> <i>erosion_natural</i>
<b>Restricciones</b>
Un yacimiento solo tiene una valoración de riesgo de deterioro

**Tabla 5.12: Tabla RIESGO\_DETERIORO**

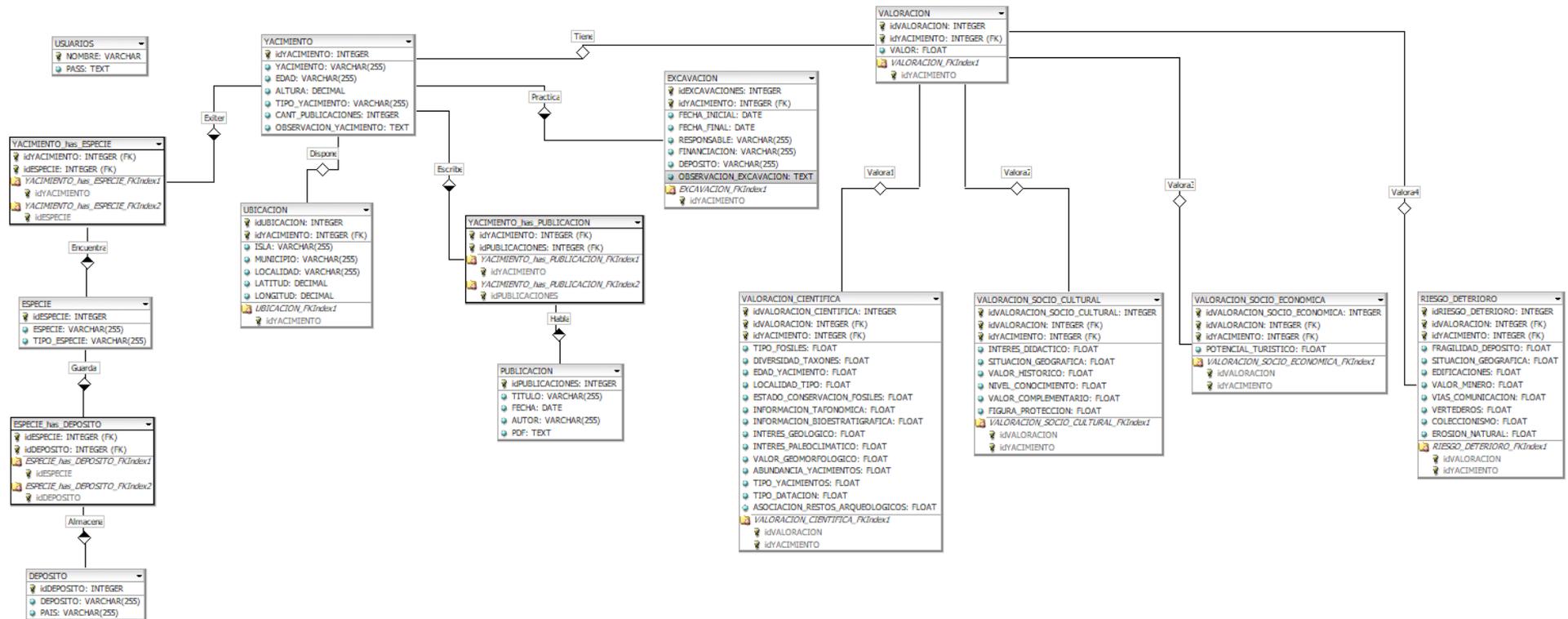


Figura 5.2: Esquema Entidad-Relación de la base de datos.

### 5.3.13 Tabla ESPECIE\_HAS\_DEPOSITO

<b>Relación</b>
ESPECIE_HAS_DEPOSITO
<b>Descripción</b>
Contiene la relación entre especies y depósitos
<b>Atributos</b>
<i>idespecie</i> (Primary Key, Foreign Key) <i>iddeposito</i> (Primary Key , Foreign Key)

**Tabla 5.13: Tabla ESPECIE\_HAS\_DEPOSITO**

### 5.3.14 Tabla YACIMIENTO\_HAS\_ESPECIE

<b>Relación</b>
YACIMIENTO_HAS_ESPECIE
<b>Descripción</b>
Contiene la relación entre yacimientos y especies
<b>Atributos</b>
<i>idyacimiento</i> (Primary Key, Foreign Key) <i>idespecie</i> (Primary Key , Foreign Key)

**Tabla 5.14: Tabla YACIMIENTO\_HAS\_ESPECIE**

### 5.3.15 Tabla YACIMIENTO\_HAS\_PUBLICACION

<b>Relación</b>
YACIMIENTO_PUBLICACION
<b>Descripción</b>
Contiene la relación entre yacimientos y publicaciones
<b>Atributos</b>
<i>idyacimiento</i> (Primary Key, Foreign Key) <i>idpublicaciones</i> (Primary Key , Foreign Key)

**Tabla 5.15: Tabla YACIMIENTO\_HAS\_PUBLICACION**

## 5.4 La web

En relación con el diseño de la web, se ha intentado que sea sencillo y que facilite el uso de sus componentes, pues no podemos asegurar que los usuarios que la utilicen estén familiarizados con las nuevas tecnologías. Para ello, como hemos comentado en secciones anteriores, hemos utilizado el framework *Bootstrap*. En este caso, tendremos que diferenciar el diseño de la administración de la base de datos y el mapa geográfico.

### 5.4.1 Administración de la base de datos

Para comenzar, el servicio cuenta con un control de inicio para poder acceder a la administración de la base de datos. El diseño de esta sección está orientado a la introducción y consulta de datos. Es por ello que se ha creado un menú lateral colocado en el lado izquierdo, y toda la información de cada apartado se mostrará en el lado derecho.

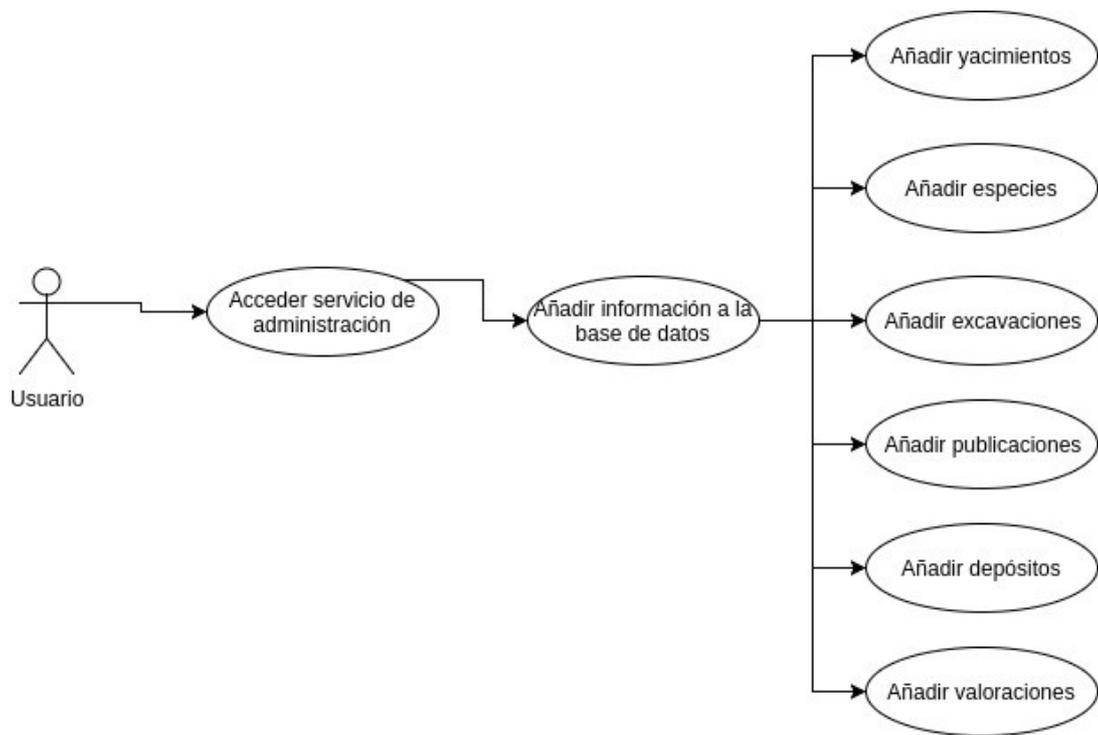


Figura 5.3: Caso de uso. Añadir.

Los apartados creados son los siguientes:

- Consulta y modificación de datos de la base de datos.
- Añadir y modificar valoraciones de los yacimientos.
- Introducción de datos de yacimientos, especies, excavaciones, publicaciones y depósitos.
- Gestión de usuarios (solo visible para el usuario *admin*).

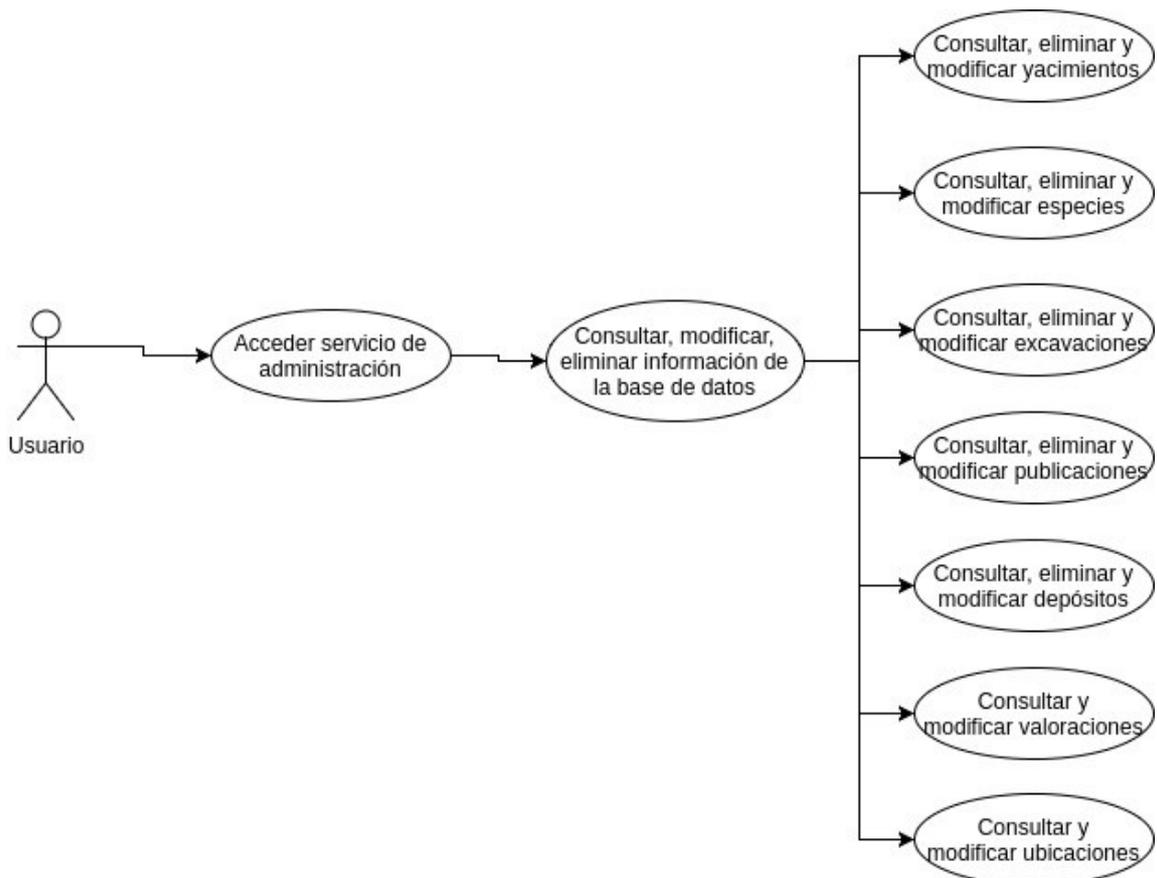


Figura 5.4: Caso de uso. Consultar.

Todos ellos recogen los requisitos mínimos para disponer de un servicio que pueda usarse para el propósito propuesto. Por otro lado, crear, modificar o eliminar usuarios, solo lo podrá hacer el administrador del servicio, sobre todo para procurar tener un mayor control sobre quien pueda manipular la información.

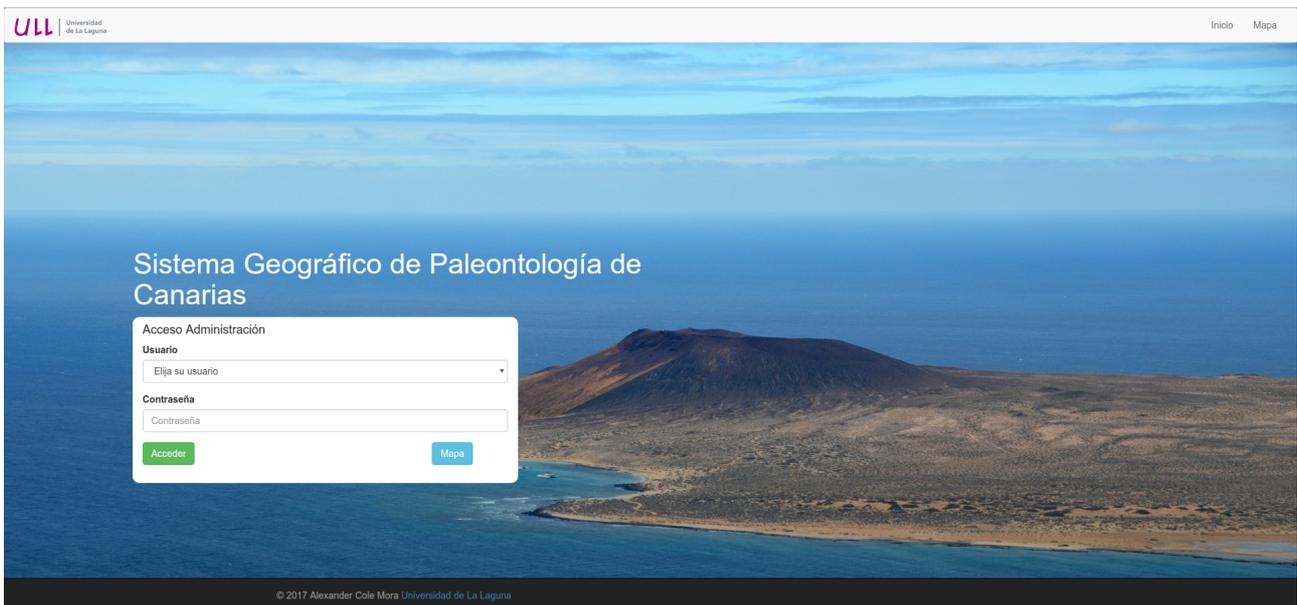


Figura 5.5: Página de inicio.



Figura 5.6: Portal de administración.

### 5.4.2 Mapa geográfico

El otro punto fuerte en cuanto a la interfaz está reservado para el mapa geográfico de las Islas Canarias. La disposición de este quedará en la lado izquierdo, mostrando en el derecho la información de cada yacimiento.

El mapa ha sido diseñado utilizando la librería d3.js. Es una librería especializada que nos permite, gracias al lenguaje JavaScript, mostrar mapas dinámicos como los requeridos en nuestro caso.

Se ha intentado diferenciar los diferentes municipios de cada una de las islas, resaltando sobre cuál estamos al pasar por encima el ratón. También se ha querido realizar un acercamiento al municipio una vez que se pinche en él, con el fin de facilitar la búsqueda de los diferentes yacimientos que contenga.

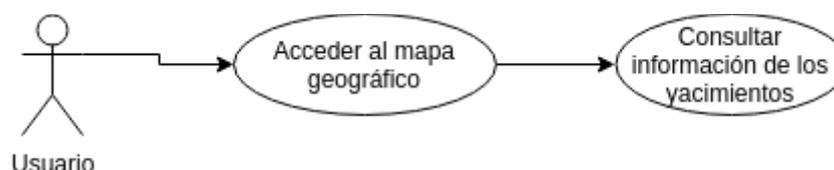


Figura 5.7: Caso de uso. Mapa.

Estos yacimientos se representan a través de puntos consultados a la base de datos, que previamente han tenido que ser insertados en la parte de administración. Las coordenadas geográficas se obtienen mediante la latitud y longitud del lugar.

Una de las características interesantes del mapa es su capacidad de redimensionado. Gracias a la librería d3.js y JavaScript, el mapa es

totalmente adaptable a los diferentes tamaños de pantalla, incluso si su tamaño varía sin refrescar el navegador, se adapta perfectamente.

El mapa que se muestra es un archivo *geojson* que se carga a través de *d3.js*, compuesto por coordenadas geográficas que limitan los territorios municipales e islas dibujando diferentes polígonos. Además como información incluye el nombre del municipio, país o código de identificación del municipio. Su color y características están realizadas a través de JavaScript y CSS.

Municipio: [Guía de Isora](#)

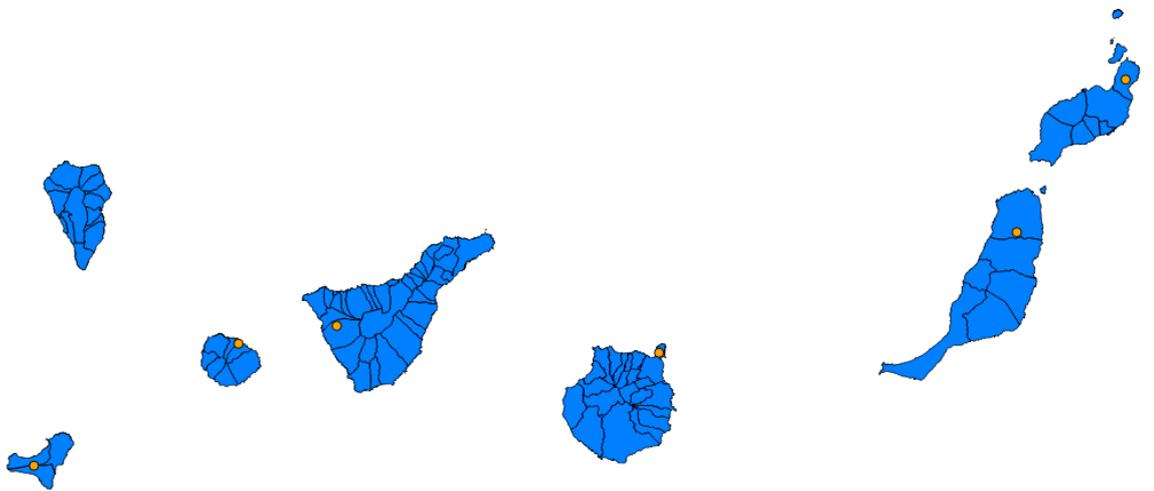


Figura 5.8: Mapa Geográfico de Canarias con yacimientos.

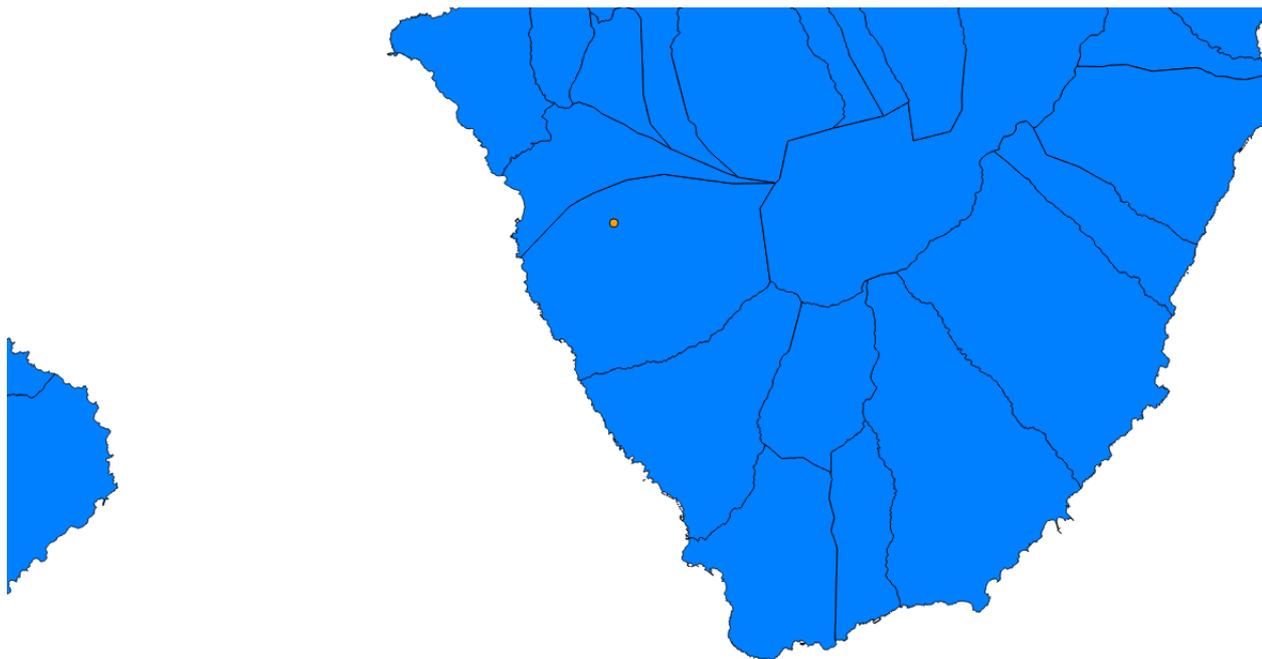


Figura 5.9: Mapa Geográfico de Canarias con acercamiento.

## 5.5 Manipulación de datos

Uno de los objetivos de la aplicación era la posibilidad de añadir, modificar y eliminar los datos relacionados con yacimientos, especies, excavaciones, publicaciones, depósitos y valoraciones. En definitiva, que usuarios autorizados puedan actualizar la base de datos de yacimientos mediante la aplicación web. Es por ello que se tenía que elegir un lenguaje que diera soporte a las inserciones, actualizaciones y eliminaciones de datos y tablas en una base de datos PostgreSQL.

Un lenguaje que nos permitía cumplir con estas características, era PHP, lenguaje muy usado en este tipo de aplicaciones. Tiene funciones específicas para hacer conexiones con una base de datos en PostgreSQL, y una documentación bastante amplia sobre ellas.

Para hacer las inserciones en la base de datos se implementó un formulario específico para cada uno de los campos, se consiguió cumplir con este objetivo pasando toda la información a diferentes ficheros mediante métodos POST. Como la introducción de las coordenadas geográficas podía suponer una dificultad para el usuario, se propuso colocar un mapa satélite a través de la API de Google Maps que permite realizar una selección visual de la ubicación de los yacimientos, lográndose un resultado satisfactorio.

Figura 5.10: Formulario de inserción de yacimiento.

Para consultar los datos, se ofrece la posibilidad de escoger una serie de parámetros que facilitan esta función. Para poder obtener los resultados que se desea, se ha tenido que realizar una combinación entre PHP y JavaScript, en el que este último, es el encargado de recoger los datos y crear cookies con ellos. La función de PHP, es captar los valores de las cookies y hacer consultas según los valores que contienen.

En el caso de los yacimientos, podemos buscar por isla, municipio, por edad, tipo, altura o seleccionar uno en concreto. En ubicación simplemente tenemos la posibilidad de seleccionar el yacimiento en concreto y consultar sus datos.

En cuanto a las especies, podemos realizar búsquedas según nombre, tipo o qué especies tiene un yacimiento o depósito. Las excavaciones por responsable, financiación, yacimiento y un intervalo de fechas. Las publicaciones por autor, título, yacimiento o intervalo de fechas. Los depósitos pueden consultarse según un nombre o un país. Por último, las valoraciones también se pueden modificar, escogiendo el yacimiento y cambiando los valores que se muestran.

Cabe destacar que cada vez que se muestran las consultas, se podrán modificar o eliminar según convenga al usuario cada una de las filas, que corresponden a diferentes componentes.

En un último caso de consultas, nos encontramos con el mapa. Aquí había que trasladar un vector de los diferentes yacimientos consultados a través de PHP, y pasarlo en formato *json* a JavaScript, puesto que estábamos usando *d3.js*. PHP contiene funciones implementadas que nos permiten lograr este objetivo, y

simplemente había que pintar círculos en las ubicaciones correspondientes.

Para facilitar su uso, cuando se pasa por encima de un punto, cambia su tamaño y color, y se muestra el nombre del yacimiento al que corresponde. Una vez que se pincha en él, se muestra en la parte lateral la información del yacimiento.



Figura 5.11: Mapa mostrando información de un yacimiento.

## 5.6 Informe usabilidad y accesibilidad

### 5.6.1 Accesibilidad

Se ha realizado una evaluación automática de accesibilidad de la aplicación web Sistema de Información Geográfica para la difusión del patrimonio paleontológico de Canarias. El alcance de la evaluación establecido corresponde a un nivel de accesibilidad AA según las pautas de accesibilidad WCAG 2.0 del W3C, que satisface la legislación española en materia de accesibilidad para cualquier web pública o generada con dinero público. Para realizar este análisis, se ha escogido una muestra de cuatro páginas: inicio, mapa, consultar a la base de datos y añadir yacimientos. Esta selección contiene todos los elementos usados en las demás páginas, por lo que podemos declararla como correcta

Tras observar punto por punto si las páginas cumplen o no con los requisitos, el porcentaje total del servicio es de un 92,05%. Los problemas de accesibilidad que se han encontrado, se refieren a la

incapacidad de poder aumentar el tamaño de las letras sin una herramienta externa y no ofrecer una entrada para buscar contenido. Por otro lado en la página del mapa se efectúan cambios al interaccionar con él que afectan a su contenido.

### **5.6.2 Usabilidad**

Tras realizar el test de usabilidad a cinco usuarios de los cuales solo uno era conocedora y experta en el área de paleontología, abarcando una edad de entre 22 y 60 años con diversos conocimientos de informática, hemos podido obtener algunas conclusiones.

- La aplicación web es sencilla de utilizar, agradable, se entiende cuál es su finalidad y las acciones que se pueden hacer en las páginas. Todos opinan que es un sitio web que con muy poco tiempo resultaría muy sencillo de usar. Además, la recomendarían para uso e interés educativo. Se ve claramente que es un servicio de la Universidad de La Laguna.
- En relación con el mapa les ha resultado claro y ha sido bastante fácil que los usuarios muestren la información de los yacimientos.
- Por otro lado, también ha resultado satisfactorio el acceso al servicio de administración, así como añadir datos y consultarlos.
- Las sugerencias obtenidas se refieren a los formularios, en concreto a la hora de actualizar datos, pues en ningún momento se muestra un mensaje en donde se informe si se ha insertado, modificado o eliminado correctamente.
- Por otra parte, también sería interesante añadir más detalle a los mensajes que se muestran cuando se va a modificar o eliminar algún contenido y un apartado de cómo usar la aplicación.

Por lo tanto, se podría concluir que los resultados han sido satisfactorios.



Figura 5.12: Ejemplo del mensaje viejo

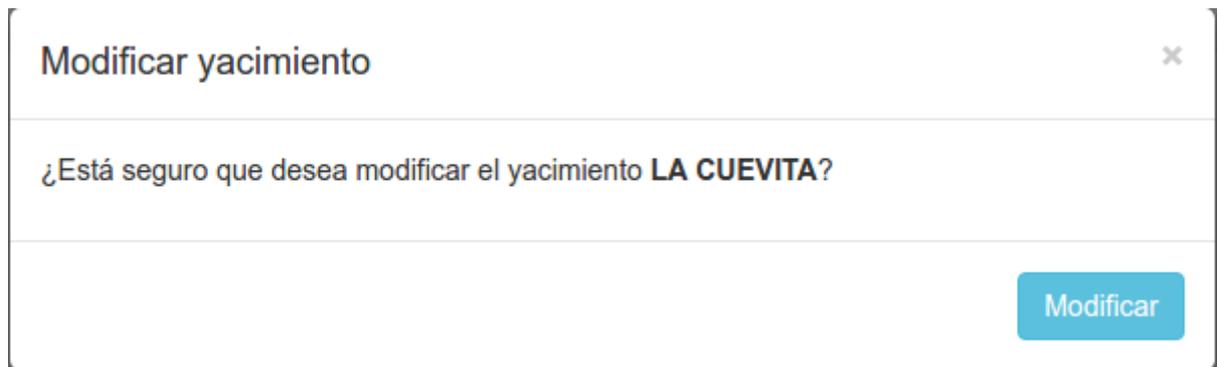


Figura 5.13: Ejemplo del mensaje nuevo

# Capítulo 6

## Problemas encontrados

A lo largo del desarrollo del proyecto, nos hemos encontrado con diferentes problemas. Cabe añadir que se van a hacer referencia a aquellos que han tenido una especial dificultad, pero no hay que olvidar que han existido otros, como desconocimiento del lenguaje PHP o el hecho de trabajar conjuntamente con JavaScript para las consultas de la base de datos.

Por lo tanto, los problemas más significativos han sido la configuración de Apache y PostgreSQL y el diseño de la base de datos y del mapa geográfico.

### 6.1 Configuración Apache-PostgreSQL

El primer gran inconveniente fue el comenzar a configurar el alojamiento de la aplicación. En un principio, se intentó usar un servicio LAPP (Linux, Apache, PostgreSQL y PHP), pero todos los intentos para comunicar Apache con PostgreSQL fueron imposibles.

Estos servicios suelen instalar por completo las herramientas mencionadas anteriormente, e incluso en nuestro caso, una plataforma web como *phpadmin*, que es similar a la herramienta de escritorio *Pgadmin III*. Sin embargo, este portal traía consigo sus propios usuarios, por lo que las bases de datos creadas en él no se podían ver a través de *psql*.

Tras muchos intentos, incluso modificando configuraciones internas de Apache y PostgreSQL, se optó por instalar los componentes individualmente como se ha explicado anteriormente, y utilizar *psql* y *Pgadmin III* para la administración de la base de datos, consiguiendo así solucionar un gran problema.

### 6.2 Diseño de la base de datos

Aquí nos encontramos con otro gran inconveniente. Puesto que estábamos trabajando para un campo prácticamente desconocido para nosotros como es la paleontología, había que tener mucho

cuidado con el diseño de la base de datos.

Es por ello, que se han tenido que realizar varias consultas y seguir pautas marcadas por ambas tutoras, tanto en la parte técnica como en la estructura relacionada con paleontología. Aparte de esto, se ha tenido que hacer algún estudio sobre el campo, para poder tener una idea más aproximada y conseguir realizar un buen trabajo.

Para facilitar esta tarea había que desarrollar un modelo de datos y se buscó un programa que nos permitiera crear un script para PostgreSQL una vez terminado. Tras hacer una búsqueda se encontró DB Designer Fork, comentado anteriormente. Este programa nos permitía construir las diferentes relaciones de la base de datos. Como resultado se ha conseguido hacer una base de datos bastante útil que servirá al área de paleontología para divulgar y controlar la información que adquieren de los yacimientos paleontológicos de Canarias

### **6.3 Diseño mapa geográfico**

Por último, nos encontramos con el diseño del mapa geográfico. En un primer lugar, había que familiarizarse con la sintaxis de *d3.js*, aunque es una evolución de JavaScript, la forma de crear los atributos del mapa, puntos u obtener coordenadas, son diferentes a lo estudiado durante el grado, por lo que tuvo que existir un proceso de aprendizaje.

Por otro lado, había que entender el sistema de coordenadas, puesto que nuestro mapa estaba con latitudes y longitudes y teníamos que trabajar con estos campos. Otra de las grandes dificultades en este apartado, fue sin duda alguna, el redimensionado del mapa, así como su acercamiento al hacer clic en un determinado punto. Para resolverlos, se tuvieron que realizar unas funciones, donde se recarga el mapa en el contenedor que lo delimita, usando la etiqueta *article*, importante pues si no el mapa no se ajustaba correctamente a las dimensiones de su contenedor padre.

Una de las grandes dificultades en este apartado, fue sin duda alguna, el redimensionado del mapa, así como su acercamiento al hacer clic en un determinado punto. Para resolverlos, se tuvieron que realizar unas funciones, donde se recarga el mapa en el contenedor que lo delimita, usando la etiqueta *article*, importante pues si no el mapa no se ajustaba correctamente a las dimensiones de su contenedor padre.

Hay que destacar, que al inyectar puntos(yacimientos) en el mapa, cuando se hacía zoom, era importante darse cuenta que la escala es la que debe de transformarse, pues si no lo puntos iban a quedar

siempre fijos en los sitios donde se pinten por primera vez.

Conociendo estos conceptos y aprendiendo a usar *d3.js*, se consiguió elaborar un mapa totalmente redimensionable, donde poder conocer datos sobre los yacimientos de las islas.

# Capítulo 7

## Conclusiones y líneas futuras

Por último, en este capítulo final se comentan las conclusiones que podemos recoger del desarrollo del proyecto y qué posibilidad de futuro puede ofrecer para mejorar la aplicación.

Al finalizar el proyecto podemos decir que se han cumplido la mayoría de los objetivos propuestos. Se ha conseguido plasmar un mapa de las Islas Canarias mostrando todos los municipios donde se puede localizar los diferentes yacimientos de todas las islas e islotes. También se ha conseguido mostrar la información existente en una base de datos, con el fin de poder divulgar todos los datos registrados de cada yacimiento.

Por otro lado, se ha puesto en práctica muchos de los conocimientos de diseño web aprendidos durante el grado, como HTML, CSS3, JavaScript, jQuery, uso de frameworks, conexiones con base de datos y métodos de seguridad. Además, se ha aprendido un lenguaje nuevo como es PHP, respecto al cual ha sido satisfactorio su aprendizaje y uso. Todo ello para poder ofrecer un servicio de administración, donde poder tratar con datos relacionados con la paleontología canaria.

En la parte de la base de datos se han aplicado conocimientos impartidos durante el grado relacionado con base de datos relacionales y comprobar la importancia de un buen diseño para facilitar la implantación y uso en entornos web.

En cuanto a la usabilidad y accesibilidad, hemos conseguido obtener altos porcentajes de ambos, pues se proponía como un punto interesante a cumplir para poder acercar la paleontología al mayor número de personas.

Para finalizar, no hemos conseguido realizar algunas de las propuesta que se iban produciendo a lo largo del desarrollo. En este caso, nos encontramos con el hecho de no poder mostrar imágenes de especies y yacimientos, por lo que podría ser un camino a seguir en el futuro. También sería interesante ofrecer un apartado a la ciudadanía orientado a las especies de las que se dispone algún

conocimientos en nuestras islas, pues se podría aprender muchos datos curiosos sobre ellos.

Todo esto implicaría consigo una actualización de la base de datos, más especializada incluso que la actual, con el fin de mejorar y mantener el servicio web desarrollado.

Cabe destacar que el proyecto está preparado para una posible integración de PostGIS y completarlo con una información geográfica más detallada que podría conseguir generar una capa fácilmente integrable en la IDE canaria, pero dadas las limitaciones de tiempo se decidió centrar los esfuerzos en la parte divulgativa.

# Capítulo 8

## Summary and Conclusions

Finally, this last chapter discusses the conclusions that can be drawn from the development of the project and the future possibilities that it can offer to improve the application.

At the end of the project we can say that most of the objectives have been fulfilled. It has managed to capture a map of the Canary Islands showing all the municipalities where the different palaeontological sites of all the islands and islets can be located. It has also been possible to display the existing information in a database, in order to be able to disclose all the data recorded from each field.

On the other hand, many of the web design skills learned during the degree, such as HTML, CSS3, JavaScript, jQuery, use of frameworks, database connections and security methods have been implemented. In addition, a new language has been learned, such as PHP, for which its learning and use have been satisfactory. All this to be able to offer a service of administration, where to deal with data related to the palaeontology of the Canary Islands.

In the part of the database have been applied knowledge imparted during the degree related to relational database and to verify the importance of a good design to facilitate the implantation and use in web environments.

As for usability and accessibility, we managed to obtain high percentages of both, as it was proposed as an interesting point to meet in order to bring paleontology to the largest number of people.

To conclude, we have not been able to carry out some of the proposals that were taking place during development. In this case, we find the fact of not being able to show images of species and deposits, so it could be a way forward in the future. It would also be interesting to offer a section to the citizenship oriented to the species of which some knowledge is available in our islands, because one could learn many curious data about them.

All this would involve an update of the database, more specialized than the current one, in order to improve and maintain the web service developed.

It should be noted that the project is prepared for a possible integration of PostGIS and complete it with more detailed geographic information that could manage to generate an easily integrable layer in the Canary Islands IDE, but given the time constraints, it was decided to focus the efforts on the informative part.

# Capítulo 9

## Presupuesto

A continuación se recogen de forma detallada los materiales y tareas desarrolladas, para definir un presupuesto total. Los precios de los componentes puede variar en función de las capacidades que se busquen, pero como orientativo rondaría los precios expuestos.

### 9.1 Precio de materiales

Material	Cantidad	Precio/unidad	Precio total
Ordenador	1	300,00€	300,00€
Ratón	1	20,00€	20,00€
Teclado	1	40,00€	40,00€
Servidor alojamiento y FTP	1	650,00€	650,00€
<b>TOTAL</b>			1010,00€

**Tabla 9.1: Coste de hardware**

## 9.2 Precio de tareas

Tarea	Horas	Precio/Hora	Total
Análisis y documentación.	40	20,00€	800,00€
Configuración del servidor	5	20,00€	100,00€
Diseño base de datos	10	25,00€	250,00€
Implantación de la base de datos	5	20,00€	100,00€
Programación de la web	160	25,00€	4000,00€
Pruebas	8	15,00€	120,00€
Documentación	20	20,00€	400,00
<b>TOTAL</b>			<b>5770,00€</b>

Tabla 9.2: Coste de tareas

## 9.3 Precio total

Costes	Total
Materiales	1010,00€
Tareas	5770,00€
<b>TOTAL</b>	<b>6780,00€</b>

Tabla 9.3: Coste de tareas

# Capítulo 10

## Apéndice 1. Informe de accesibilidad

### 10.1 Herramientas utilizadas

#### 10.1.1 Sistemas operativos

- Ubuntu 16.04

#### 10.1.2 Navegadores

- Google Chrome Versión 59.0.3071.86 (Build oficial) (64 bits)
- Mozilla Firefox 54.0 (64 bits)

#### 10.1.3 Navegador de texto

- Lynx

#### 10.1.4 Herramientas automáticas de evaluación de la accesibilidad web

- Achecker
- W3C validator
- Web Developer

#### 10.1.5 Lectores de pantalla

- Google Chromebox

### 10.2 Porcentaje de accesibilidad

A continuación se exponen los valores obtenidos al realizar el

análisis en una muestra fiable de las páginas teniendo en cuenta cada uno de los criterios de conformidad expuestos en las pautas de nivel A y AA.

Criterio (Pauta)	Inicio	Mapa	Consultar	Añadir Yacimiento
<b>Principio 1: Perceptible</b>				
1.1.1 Contenido no textual	1	1	1	1
1.2.1 Sólo audio y sólo vídeo (grabado)	-	-	-	-
1.2.2 Subtítulos (grabados)	-	-	-	-
1.2.3 Audiodescripción o Medio Alternativo (grabado)	-	-	-	-
1.2.4 Subtítulos (en directo)	-	-	-	-
1.2.5 Audiodescripción (grabado)	-	-	-	-
1.3.1 Información y relaciones	1	1	1	1
1.3.2 Secuencia significativa	1	1	1	1
1.3.3 Características sensoriales	1	1	1	1
1.4.1 Uso del color	1	1	1	1
1.4.2 Control del audio	-	-	-	-
1.4.3 Contraste (mínimo)	1	1	1	1
1.4.4 Cambio de tamaño del texto	0	0	0	0
1.4.5 Imágenes de texto	1	1	1	1
<b>Principio 2: Operable</b>				
2.1.1 Teclado	1	1	1	1
2.1.2 Sin trampas para el foco del teclado	1	1	1	1
2.2.1 Tiempo ajustable	1	1	1	1
2.2.2 Poner en pausa, detener, ocultar	-	-	-	-
2.3.1 Umbral de tres destellos o menos	1	1	1	1
2.4.1 Evitar bloques	1	1	1	1
2.4.2 Titulado de páginas	1	1	1	1
2.4.3 Orden del foco	1	1	1	1
2.4.4 Propósito de los enlaces (en contexto)	1	1	1	1
2.4.5 Múltiples vías	1	1	1	1
2.4.6 Encabezados y etiquetas	1	1	1	1
2.4.7 Foco visible	1	1	1	1
<b>Principio 3: Comprensible</b>				
3.1.1 Idioma de la página	1	1	1	1
3.1.2 Idioma de las partes	-	-	-	-
3.2.1 Al recibir el foco	1	1	1	1
3.2.2 Al recibir entradas	1	0	1	1
3.2.3 Navegación coherente	1	1	1	1
3.2.4 Identificación coherente	1	1	1	1
3.3.1 Identificación de errores	1	-	1	1
3.3.2 Etiquetas o instrucciones	0	0	0	0
3.3.3 Sugerencias ante errores	1	-	1	1
3.3.4 Prevención de errores (legales, financieros, datos)	-	-	-	-
<b>Principio 4: Robusto</b>				
4.1.1 Procesamiento	1	1	1	1
4.1.2 Nombre, función, valor	1	1	1	1
<b>Nivel de accesibilidad</b>	<b>93,10%</b>	<b>88,89%</b>	<b>93,10%</b>	<b>93,10%</b>
<b>Nivel de accesibilidad total</b>		<b>92,05%</b>		

Especificaciones para el entendimiento del documento:

0	No cumple el criterio
1	Cumple el criterio
-	No aplicable

Figura 10.1: Evaluación accesibilidad de la muestra

# Capítulo 11

## Apéndice 2: Informe usabilidad

### 11.1 Test realizado

A continuación se recogen las preguntas realizadas a los usuarios.

#### Pretest

Sexo

Edad

Ocupación(estudiante, desempleado, mecánico,..)

Hábito de uso de internet (mucho, medio, poco, nada)

Conocimiento de paleontología (mucho, medio, poco, nada)

#### Test

¿Entiende la finalidad de esta página?

¿Sabe lo que puede hacer en la página?

¿La primera impresión de la página le ha parecido agradable?

¿Le resulta complicado acceder al mapa?

¿Le parece claro el mapa?

Imagina que quieres ver información de un yacimiento, ¿sabrías cómo hacerlo?

¿La información que se muestra es entendible?

Ahora imagine que quiere acceder al servicio de administración, ¿podría hacerlo?

Ahora imagine que quiere añadir un yacimiento a la base de datos,

¿le resulta complicado?

Póngase en la situación que se ha equivocado al introducir los datos del yacimiento y desea cambiarlos, ¿le resulta complicado?

¿Podría añadir una valoración al yacimiento y posteriormente modificar su valor modificarlo?

¿Detecta fácilmente a quién pertenece el servicio?

¿Es fácil moverte por la página?

¿Qué es lo que más te ha gustado de la web?

¿Qué cambiarías de la página?

¿Crees que necesitarías el apoyo de alguien con conocimientos para navegar por la web?

¿Ves la página como una posibilidad educativa?

¿Alguna vez se ha encontrado perdido y no ha sabido en qué página se encontraba?

¿Le despierta interés el contenido?

¿Crees que la mayoría de la gente aprendería a hacer uso del sistema rápidamente?

¿Recomendaría la página web?

# Bibliografía

1. Apache, <https://httpd.apache.org/>
2. PostgreSQL, <https://www.postgresql.org/>
3. API Google Maps, <https://developers.google.com/maps/?hl=es-419>
4. D3.js, <https://d3js.org/>
5. Mapstarter, <http://mapstarter.com/>
6. PHP, <http://php.net/manual/es/index.php>
7. PHP PostgreSQL, <http://php.net/manual/es/book.pgsql.php>
8. W3schools, <https://www.w3schools.com/>
9. PHP y JavaScript, <http://phpyjavascript.com/pasar-datos-de-php-a-javascript-y-viceversa/>
10. jQuery, <https://jquery.com/>
11. Bootstrap, <http://getbootstrap.com/>
12. QGIS, <https://www.qgis.org/es/site/about/index.html>
13. Pgadmin, <https://www.pgadmin.org/>
14. La paleontología, <https://es.wikipedia.org/wiki/Paleontolog%C3%ADa>
15. Paleobiodb, <https://paleobiodb.org/navigator/>
16. <http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/11035897.2013.776100?scroll=top&needAccess=true&>
17. Benton, M., & Harper, D. A. (2013). Introduction to paleobiology and the fossil record. John Wiley & Sons.
18. Alcalá, L. 2011. Un modelo de desarrollo regional fundamentado en recursos paleontológicos (Dinópolis-Teruel. España). Paleontología y dinosaurios desde América Latina, Editorial de la Universidad Nacional de Cuyo. Documentos y Testimonios, 24, 253-260.
19. Barnosky, A. D., Hadly, E. A., Gonzalez, P., Head, J., Polly, P. D., Lawing, A. M., ... & Blois, J. (2017). Merging paleobiology with conservation biology to guide the future of terrestrial ecosystems. Science, 355(6325), 1-10
20. Mampel, L., Cobos, A., Alcalá, L., Luque, L., & Royo-Torres, R.

2009. An integrated system of heritage management applied to dinosaur sites in Teruel (Aragón, Spain). *Geoheritage*, 1(2-4), 53-73.

21. Santucci, V. L., Newman, P. & Taff, B. D. 2016. Toward a conceptual framework for assessing the human dimensions of paleontological resources. In: *Fossil Record 5*. Sullivan, R.M. and Lucas, S.G.(eds.). New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin 74. Albuquerque, 239-248.

22. Stratton, A. E., Tapanila, L., & Stratton, J. H. (2014). Collecting history of vertebrate fossils at American Falls, Idaho: A reservoir of data to inform land-use policy. *Palaios*, 29(8), 393-400.

23. Steiner, C., Hobson, A., Favre, P., Stampfli, G. M. y Hernandez, J. (1998). Mesozoic sequence of Fuerteventura (Canary Islands): Witness of Early Jurassic sea-floor spreading in the central Atlantic. *Geological Society of America Bulletin*, 110(10), 1304-1317.