



Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales.
Universidad de León.

Uso y Gestión del Patrimonio Paleontológico Insular: Paleoparque de Anaga

Use and Management of the Insular Paleontological Heritage: Anaga Paleopark

Autor: Pedro González Bobes

Tutora: Esperanza Fernández Martínez

Cotutora: Penélope Cruzado Caballero

Grado en Ciencias Ambientales

Julio de 2023

Índice

Introducción	1
¿Qué es el Patrimonio Paleontológico?	1
Gestión y Marco Legislativo del Patrimonio Paleontológico en España	2
Lugares de Interés Geológico, Geoparques y Paleoparques.....	5
Paleoparque de Santa María, un ejemplo de Paleoparque.....	6
Objetivos	6
Material y métodos.....	7
Área de estudio	7
Yacimientos paleontológicos de estudio	8
Resultados y discusión	10
Análisis del cálculo de la susceptibilidad de degradación en el Documento Metodológico para la elaboración del IELIG	10
Propuesta de modificaciones para el cálculo de la susceptibilidad de degradación natural en Documento Metodológico para la elaboración del IELIG	13
Propuesta de modificaciones para el cálculo de la susceptibilidad de degradación antrópica en Documento Metodológico para la elaboración del IELIG.....	17
Aplicación de la metodología propuesta a los yacimientos del estudio	19
Propuestas de actuaciones hipotéticas sobre los yacimientos	23
Conclusiones.....	26
Referencias Bibliográficas.....	27

Resumen

El presente Trabajo Fin de Grado tiene como objetivos plantear mejoras en los parámetros de valoración de la susceptibilidad de degradación del Patrimonio Paleontológico a través del estudio de una serie de yacimientos del propuesto Paleoparque de Anaga, para los que se pretende identificar las amenazas naturales y antrópicas que más les afectan. Las modificaciones se proponen particularmente para el cálculo de las susceptibilidades de degradación natural y antrópica del Documento Metodológico para la elaboración del IELIG (Inventario Español de Lugares de Interés Geológico), tratando de ampliar las variables antrópicas y de incluir amenazas naturales específicas. Por último, se quiere proponer actuaciones sobre dichos yacimientos para ejemplificar la implantación de la figura del Paleoparque. Estas actuaciones a implementar en los yacimientos estudiados se enfocan hacia la integración de estos en la red de espacios visitables y de uso turístico, para así acercarlos también a la sociedad isleña.

Palabras clave

Amenazas naturales, degradación antrópica, Lugar de Interés Geológico, Paleoparque de Anaga, Patrimonio Paleontológico

Abstract

The present Final Degree Project aims to propose improvements in the parameters for assessing the susceptibility to degradation of the Paleontological Heritage through the study of a series of sites of the proposed Anaga Paleopark, for which it is intended to identify natural and anthropic threats. The modifications are proposed particularly for the calculation of the susceptibilities of natural and anthropic degradation of the Methodological Document for the elaboration of the IELIG (Spanish Inventory of Places of Geological Interest), trying to broaden the anthropic variables and to include specific natural threats. Finally, we want to propose actions on these sites to exemplify the implementation of the figure of the Paleopark. These actions to be implemented in the studied sites are focused on integrating them into the network of spaces that can be visited and used by tourists, in order to bring them closer to the island society too.

Key words

Natural threats, anthropogenic degradation, Place of Geological Interest, Anaga Paleopark, Paleontological Heritage

Introducción

¿Qué es el Patrimonio Paleontológico?

El patrimonio, como término general, puede definirse como un conjunto de bienes o elementos naturales o culturales, tanto materiales como inmateriales, en lo que se incluyen los elementos o manifestaciones que constituyen al acervo de las sociedades. Más allá de esta definición genérica, muchos autores conciben el concepto de patrimonio como una síntesis de la identidad y la cultura en forma de legado que se transmite de una generación a otra (Troncoso y Almirón, 2005). Dentro de esto, es posible establecer una diferencia entre el Patrimonio Cultural, generalmente un conjunto de elementos elaborados por la sociedad, y el Patrimonio Natural, que, de acuerdo con el Instituto Geográfico Nacional, es aquel cuya existencia o rasgos fundamentales son independientes de la intervención humana.

Para clasificar estos bienes, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO), organización que tiene la potestad para declarar un bien como Patrimonio Mundial, distingue entre bienes patrimoniales culturales, bienes naturales (en los que se podrían incluir los fósiles y los yacimientos paleontológicos) y bienes mixtos, siendo estos últimos aquellos que poseen valores tanto culturales como naturales, como se puede encontrar en la web oficial del Ministerio de Cultura y Deporte del Gobierno de España.

Este trabajo se centra en el Patrimonio Paleontológico, que es un Patrimonio Natural, de tipo geológico, conformado por elementos inmuebles (los yacimientos) y muebles (los fósiles). Desde el punto de vista de la normativa, el Patrimonio Paleontológico está legislado en nuestro país por dos leyes diferentes: la Ley 7/2018, de 20 de julio, que viene a modificar la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, donde se incluyen los fósiles, y la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, donde se habla por primera vez de Patrimonio Paleontológico como tal. Hay derivaciones autonómicas con respecto a estas leyes y, en el caso de la comunidad que nos ocupa, la Comunidad Autónoma de Canarias, se añade la Ley 4/1999, de 15 de marzo, de Patrimonio Histórico de Canarias, que incluye los aspectos paleoambientales de la cultura como parte del Patrimonio Histórico de Canarias, la Ley 42/2017, del 13 de julio, del Suelo y los Espacios Naturales protegidos en Canarias, que habla del Patrimonio Paleontológico en varios puntos para la correcta protección y ordenación del suelo, y la Ley 11/2019, de 25 de abril, del Patrimonio Cultural de Canarias, donde se designa una legislación específica para el Patrimonio Paleontológico de Canarias.

De esta forma vemos que con respecto a la legislación española existen dos grandes conjuntos patrimoniales a comparar para establecer la pertenencia a una u otra del Patrimonio Paleontológico: el Patrimonio Natural y el Patrimonio Histórico. Por un lado, atendiendo exclusivamente al origen y naturaleza de los objetos paleontológicos, parece lógico pensar que deberían ser tratados como pertenecientes al Patrimonio Natural, pues no tienen ninguna relación con la acción del hombre al ser objetos de origen estrictamente natural. Por otro lado, atendiendo ahora a la dimensión histórica de tales objetos y a la pertenencia de éstos y de la ciencia que los estudia a un periodo concreto de la Historia, no es algo insensato que se hayan incluido dentro de la legislación dedicada al Patrimonio Histórico Español (Castillo *et al.*, 1999). Más adelante se analizará detenidamente la legislación española y canaria relacionada con la gestión de los bienes paleontológicos.

Gestión y Marco Legislativo del Patrimonio Paleontológico en España

La gestión del Patrimonio Paleontológico contempla dos objetivos básicos: preservar los bienes paleontológicos y favorecer el que sean utilizados con fines culturales diversos (Fernández Martínez y García-Ortiz de Landaluce, 2018).

Para una gestión eficiente del Patrimonio Paleontológico que garantice la protección de los yacimientos es necesario aplicar una serie de criterios no solo científicos, sino también socio-culturales y socio-económicos que permitan que se establezcan niveles de protección de una manera objetiva (Morales Romero *et al.*, 1999). Con base en esto, se establece el siguiente esquema general para la gestión de recursos paleontológicos:



Figura 1. Esquema de la Gestión del Patrimonio Paleontológico modificado de Morales Romero *et al.*, (1999).

Los elementos que componen el Patrimonio Paleontológico se pueden acoger bajo las figuras legales de protección Bien de Interés Cultural (BIC) y Monumento Natural (MN), aunque las dificultades para incluir a los fósiles y yacimientos en una u otra hicieron que apareciera la figura de Puntos de Especial Interés Paleontológico (PEIP) (Castillo *et al.*, 1999).

Además, los bienes patrimoniales paleontológicos son recogidos en las Cartas Paleontológicas. Para aclarar un poco estos términos, un BIC es un bien mueble o inmueble registrado en una base de datos al que se le aplica una protección especial (ver web oficial del Ministerio de Cultura y Deporte del Gobierno de España), un MN es un espacio o elemento de la naturaleza constituido por formaciones que merecen ser objeto de una protección especial (ver web oficial del Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico del Gobierno de España), un PEIP es una figura de carácter paleontológico sin estatus legal con la misión de señalar los yacimientos de mayor interés como puntos objeto de una protección especial (ver web oficial del Ministerio de Cultura y Deporte del Gobierno de España) y las Cartas Paleontológicas son catálogos regionales que sirven como herramienta para conseguir un diagnóstico real y actualizado de los yacimientos y de los factores que inciden sobre ellos o puedan afectarles en un futuro (Romero, 2005).

Los Bienes Paleontológicos aparecieron en la legislación española en la Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, donde en el apartado 2 del artículo primero se expresa que *“integran el Patrimonio Histórico Español los inmuebles y objetos muebles de interés artístico, histórico, paleontológico, arqueológico, etnográfico, científico o técnico”*. Sabiendo que, de acuerdo con la Ley 7/2018, de 20 de julio, que viene a modificar la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, se define el Patrimonio Geológico como *“el conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar el origen y evolución de la Tierra, los procesos que la han modelado, los climas y paisajes del pasado y presente y el origen y evolución de la vida”*, se puede incluir el Patrimonio Paleontológico como un subtipo dentro del Patrimonio Geológico a la hora de establecer una metodología para su uso y gestión.

Dentro de nuestro contexto, el Patrimonio Paleontológico viene legalmente definido en la Ley 4/1999, de 15 de marzo, de Patrimonio Histórico de Canarias como *“los bienes muebles e inmuebles que contienen elementos representativos de la evolución de los seres vivos, así como con los componentes geológicos y paleoambientales de la cultura”*. Es importante destacar que el Estatuto de Autonomía de Canarias otorga a la Comunidad Autónoma de Canarias en su Artículo 137.1 *“la competencia exclusiva sobre el patrimonio cultural [...], que en todo caso incluye la regulación del régimen jurídico de los bienes, actividades y demás manifestaciones que lo integran por sus valores históricos, arquitectónicos, artísticos,*

arqueológicos, etnográficos, paleontológicos, científicos o técnicos, así como los bienes inmateriales de la cultura popular canaria y las particularidades lingüísticas del español hablado en Canarias”.

A la hora de plantear actuaciones para la preservación y protección del Patrimonio Paleontológico en Canarias hay que acudir también a la Ley 42/2017, del 13 de julio, del Suelo y los Espacios Naturales protegidos en Canarias. Esta ley fue diseñada para regular la protección, ordenación y uso del suelo insular de una forma racional y sostenible y establece en su Artículo 34 las categorías y subcategorías de suelo rústico, donde se menciona de nuevo el Patrimonio Paleontológico en su Apartado 3, donde define los suelo rústicos de protección cultural (SRPCU) *“para la preservación de yacimientos arqueológicos y de edificios, conjuntos o infraestructuras de valor histórico, artístico, etnográfico o paleontológico, así como su entorno inmediato”*. Se menciona nuevamente el Patrimonio Paleontológico en el Capítulo IV: Régimen jurídico de los espacios naturales protegidos, en el Artículo 176 de la Sección 1ª, donde se regula la protección de espacios naturales y la declaración como tales y se establece en su Apartado 2.i que *“la valoración de un espacio natural, a efectos de su consideración como protegido, tendrá en cuenta uno o varios de los siguientes requisitos: [...] contener yacimientos paleontológicos de interés científico”*. Por último, en el Apartado 11 de esa misma sección, se dice que *“en especial, se declararán monumentos naturales las formaciones geológicas, los yacimientos paleontológicos y demás elementos de la gea que reúnan un interés especial por la singularidad o importancia de sus valores científicos, culturales o paisajísticos”*.

Finalmente, en el preámbulo de la Ley 11/2019, de 25 de abril, del Patrimonio Cultural de Canarias se expone que *“la importancia del patrimonio cultural de Canarias –que está constituido por los bienes muebles, inmuebles, las manifestaciones inmateriales de la cultura popular y tradicional, con valor histórico, artístico, arquitectónico, arqueológico, etnográfico, bibliográfico, documental, lingüístico, paisajístico, industrial, científico o técnico o de cualquier otra naturaleza cultural–, merece un marco regulatorio que garantice su conservación y su trasmisión a futuras generaciones”*. En este contexto, la ley establece en su Disposición adicional cuarta que *“el Patrimonio Paleontológico de Canarias, formado por los bienes muebles e inmuebles que contienen elementos representativos de la evolución de los seres vivos, así como los componentes geológicos y paleoambientales de la cultura, se registrará por la normativa sobre espacios naturales protegidos de Canarias”*.

Dado que los bienes paleontológicos pueden incluirse legalmente dentro del patrimonio geológico para su gestión, se ha tomado la decisión de realizar la metodología objeto de este estudio de una forma orientada hacia la declaración como Lugares de Interés Geológico (LIG) de los yacimientos implicados, al ser un procedimiento más estandarizado y regulado que facilita la aplicación de figuras de protección sobre los bienes que son declarados como tal.

Lugares de Interés Geológico, Geoparques y Paleoparques

De acuerdo con la Ley 42/2007, la sección del Patrimonio Natural que engloba al Patrimonio Geológico se gestiona mediante la figura del Lugar de Interés Geológico (LIG). Los LIGs se tratan de lugares considerados como de interés, por su carácter único y/o representativo, para el estudio e interpretación del origen y evolución de los grandes dominios geológicos españoles, en lo que se incluyen los procesos que los han modelado, los climas del pasado y su evolución paleobiológica. Es la concentración de estos LIGs en un territorio concreto lo que puede dar lugar a otro tipo de figuras con características diferentes que favorezcan la conservación de estos lugares, tales como Parque Natural, Parque Geológico o Geoparque.

Dentro de estas figuras nos interesa particularmente la de Geoparque, un espacio con continuidad geográfica donde lugares y paisajes de relevancia geológica se gestionan de acuerdo a un concepto holístico de protección, educación y desarrollo socioeconómico sostenible. Un Geoparque necesita pues de la existencia de un Patrimonio Geológico que actúe como eje conductor para poner en marcha iniciativas de conservación y divulgación que favorezcan el desarrollo socioeconómico y cultural a escala local (Instituto Geológico y Minero de España, 2018). Puesto que, como se indica en el apartado dedicado a la legislación, es posible considerar legalmente el Patrimonio Paleontológico como un subtipo de Patrimonio Geológico y que, como se comentará para el caso del Paleoparque de Santa María, no es incompatible implementar un Paleoparque bajo la protección de un Geoparque o Reserva de la Biosfera, se toma esto como modelo para el estudio al ser más práctico y eficaz a la hora de proteger el Patrimonio gracias al alto desarrollo científico y legislativo con el que ya cuentan estas figuras.

Finalmente, la iniciativa “Paleoparque” apareció de la mano de la Asociación Paleontológica Internacional (IPA) durante el 30º Congreso Geológico Internacional (IGC) en Pekín en 1996 con el fin de identificar y proteger yacimientos paleontológicos de cierta importancia en situaciones de riesgo. Posteriormente, el concepto de “Paleoparque” se amplió para incluir en la protección a todos los yacimientos paleontológicos, sin importar si ya tuvieran algún tipo de protección o estuvieran incluidos dentro de otros parques o reservas. Así, se

distinguen 15 puntos que justifican y desarrollan la creación de la figura de Paleoparque, entre los que destacan (Lipps, 2009):

- Favorecer el desarrollo de la comunicación y de las herramientas necesarias para la preservación y protección de yacimientos a nivel mundial.
- Identificar los diferentes recursos paleontológicos en el campo y establecer su valor científico, histórico y turístico a nivel privado, local, estatal, provincial, nacional o internacional. Es en este momento cuando se aclara que estos recursos identificados pueden estar ya bajo alguna figura de protección previa al hipotético paleoparque o bien estar amenazados y desprotegidos.

Paleoparque de Santa María, un ejemplo de Paleoparque

El 28 de agosto de 2018 se publicaba en el Diário da República, publicación oficial del Gobierno de Portugal, el Decreto Legislativo Regional n.o 11/2018/A, por el que se creaba oficialmente el Paleoparque de Santa María. En esta publicación se detalla que el objetivo de la creación de este paleoparque es la protección y el mantenimiento de la paleodiversidad y la integridad de los valores geológicos y de los recursos y valores naturales y culturales asociados a ello. Para lograr esto, explica que se servirán de la preservación de elementos paleontológicos y geológicos notables, así como de la divulgación del rico patrimonio existente en la isla, donde se incluye el mayor depósito multiespecífico de fósiles a cielo abierto del Atlántico Norte, promoviendo así la diversificación de la oferta del turismo de naturaleza del archipiélago de Azores. Es importante destacar que actualmente el Paleoparque de Santa María se integra dentro del Geoparque de Açores (Ávila *et al.*, 2015).

Se elige este paleoparque como referente para el desarrollo de las metodologías que se proponen en el estudio para el Paleoparque de Anaga, no solo por su naturaleza y su historial de desarrollo, sino también por su ubicación en una isla volcánica de otro archipiélago macaronésico. Las similitudes y paralelismos con este paleoparque lo convierten en ejemplo a seguir para los proyectos que se plantean desarrollar en la isla de Tenerife, y también para los posibles que puedan desarrollarse en el resto de islas del archipiélago canario.

Objetivos

Considerando todo lo expuesto anteriormente, se pretende que el presente Trabajo de Fin de Grado cumpla el objetivo general de elaborar y proponer una metodología específica para

evaluar el riesgo de degradación natural de los yacimientos paleontológicos incluidos en la propuesta del Paleoparque de Anaga, así como el derivado de eventuales intervenciones antrópicas sobre ellos; bien sean con fines turísticos, educativos, científicos, de conservación física o digital y de cualquier otra índole. Se utilizan estos yacimientos como referentes para la implementación de esta metodología en otros contextos ce, en particular en islas volcánicas activas. Para lograrlo, se presenta una serie de objetivos más específicos:

- Identificar las diferentes variables ambientales y antrópicas que afectan en la actualidad a los diferentes yacimientos que se incluyen en el Paleoparque de Anaga o que les afectarían al efectuar actuaciones sobre ellos.
- Plantear mejoras en los parámetros de valoración de la susceptibilidad de degradación del Patrimonio Paleontológico, tanto de la susceptibilidad de degradación natural como por las amenazas antrópicas, propuestos en el documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG).
- Proponer actuaciones sobre los yacimientos para ejemplificar el uso de la metodología elaborada tras la creación del Paleoparque de Anaga y sus intervenciones asociadas.

Material y métodos

Área de estudio

Los yacimientos sobre los que se sostiene este estudio están dentro de la Reserva de la Biosfera del Macizo de Anaga declarada en 2015 por la UNESCO, en la que se incluyen territorios de los municipios de San Cristóbal de La Laguna, Santa Cruz de Tenerife y Tegueste. El Macizo de Anaga, con una extensión de 15.489,01 ha terrestres y una altitud máxima de 1.024 msnm en el Roque Cruz de Taborno, se encuentra ubicado en la zona nordeste de la isla de Tenerife, siendo con unos 3-6 M.a. una de sus zonas más antiguas junto con los Macizos de Teno y Adeje. Esta isla pertenece a las Islas Canarias, un archipiélago volcánico español situado en el océano Atlántico a aproximadamente 95 km de la costa noroccidental de África (Castillo *et al.*, 2019).

El Macizo en el que se encuentran los yacimientos es un sistema montañoso que forma una península en el norte de la isla que está constituido por dos ciclos de erupciones. El primero de ellos constituye la Unidad Inferior de edad Mio-Plioceno y en él predominan piroclastos basálticos, densas intrusiones de diques, tapones basálticos y fonolíticos. El segundo de estos ciclos es de la edad Plioceno y forma crestas montañosas mediante flujos de lavas basálticas y fonolíticas (Casillas *et al.*, 2019), siendo estas últimas las que tapizan las crestas y laterales del

volcán de Anaga constituyendo una zona afectada por erosión y deslizamientos gravitacionales (Guillou *et al.*, 2004).

Yacimientos paleontológicos de estudio

En la propuesta para el desarrollo de un Paleoparque en la Reserva de la Biosfera de Anaga desarrollada por Castillo *et al.* (2019) se consideraba necesario aplicar todas las figuras de protección posibles para conservar y revalorizar el Patrimonio Paleontológico de las Islas Canarias y, en concreto, de aquellos yacimientos localizados dentro de la Reserva de la Biosfera del Macizo de Anaga, incluyendo las paleodunas de Milán y Jóver.

A día de hoy, se pueden considerar como yacimientos de interés siete enclaves en la costa norte (Jóver, Milán, Mancha de La Laja, Punta del Hidalgo, Tachero, El Draguillo y Las Palmas de Anaga) y dos enclaves en la costa sur de Anaga (Antequera e Igueste de San Andrés). Dado el elevado número de lugares de interés, se ha decidido seleccionar cuatro que sean claramente representativos de las características y condiciones generales de la totalidad de los yacimientos para llevar a cabo este trabajo. Los enclaves seleccionados han sido los de Jóver, Punta del Hidalgo, Milán e Igueste de San Andrés.

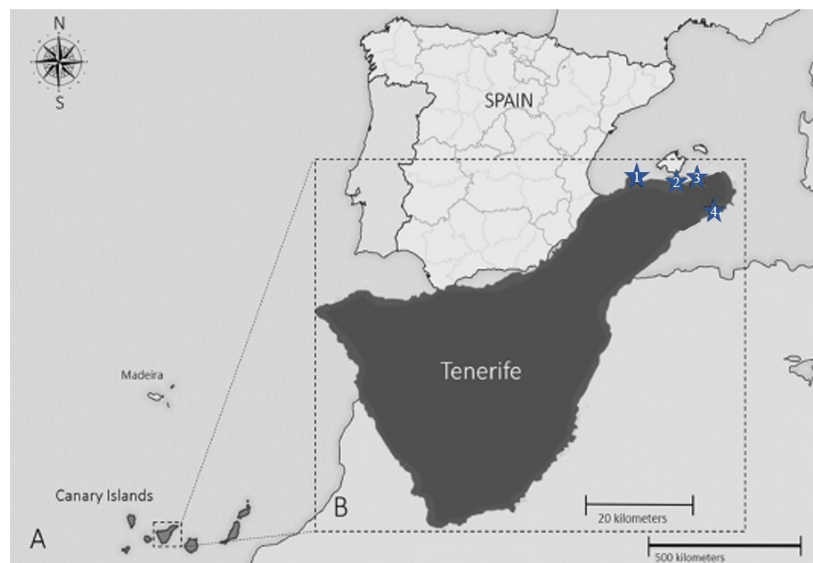


Figura 2. Ubicación de los yacimientos incluidos en el Paleoparque de Anaga seleccionados para este estudio (1: Jóver, 2: Milán, 3: Punta del Hidalgo, 4: Igueste de San Andrés). Modificado de Jimenez-Gómis *et al.* (2019).

El yacimiento de **Jóver** se trata de una duna fósil constituida por materiales organógenos que presenta materiales terrígenos en su parte superior. A este yacimiento están asociados, entre otros, moluscos del género *Hemicycla*. También han sido encontrados aquí huesos del género *Canaryomys* y de otros vertebrados (Talavera *et al.*, 1989).



Figura 3. Imagen del Yacimiento de Jöver.

El yacimiento de **Milán** se trata de un sistema dunar fosilizado entre coladas de lava. Como ocurre en el caso de Jöver, presenta arenas organógenas que evidencian condiciones de formación muy diferentes a las que se presentan en la actualidad (Talavera *et al.*, 1989).

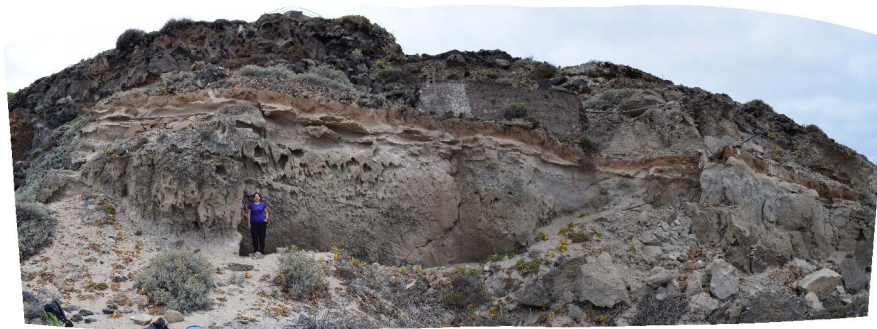


Figura 4. Imagen general del Yacimiento de Milán.

El yacimiento de **Punta del Hidalgo** es un yacimiento de derrubios de ladera con restos óseos de *Gallotia goliath* (Mertens, 1942) ubicados en el talud costero sin consolidar. Además, presenta un nivel marino del Pleistoceno superior con evidencias de fauna cálida. En la plataforma, expuesta a la continua erosión del oleaje, se pueden encontrar fósiles de gasterópodos aún existentes en la actualidad (Jiménez-Gomis *et al.*, 2019).



Figura 5. Imagen general del Yacimiento de Punta del Hidalgo.

El yacimiento de **Iguste de San Andrés** es un yacimiento de depósitos tanto marinos como continentales, con una alta diversidad de taxones que lo convierten en el único enclave de la isla de Tenerife con un depósito terrestre intercalado entre dos niveles marinos. Destacan en este yacimiento las especies marinas de *Persististrombus latus* y *Patella candei* (Cruzado-Caballero *et al.*, 2019).



Figura 6. Imagen general del Yacimiento de Iguste de San Andrés.

Resultados y discusión

Análisis del cálculo de la susceptibilidad de degradación en el Documento Metodológico para la elaboración del IELIG

El Documento Metodológico para la elaboración del IELIG presenta el cálculo de la **susceptibilidad de degradación** como un paso necesario para establecer la prioridad de protección de los LIGs, una vez hayan sido calculados sus valores científicos, didácticos o turístico/recreativos. El objetivo directo de este cálculo es la atribución de una puntuación objetiva a cada lugar para poder establecer un orden en función de dichas puntuaciones. Para obtener esta susceptibilidad de degradación, que define como la facilidad de un LIG para degradarse, el Documento Metodológico se sirve de tres factores: el tamaño, la fragilidad y la vulnerabilidad natural y antrópica. Es en este último factor, la vulnerabilidad, donde se centrarán las propuestas de modificaciones y adiciones de este estudio.

Para aclarar estos términos, es importante indicar que la **fragilidad** se corresponde con el riesgo de degradación de un lugar debido a sus rasgos intrínsecos, algo que se mantiene inalterado independientemente del lugar en el que se encuentre el yacimiento (debido a su litología o su grado de tectonización y/o meteorización, por ejemplo), mientras que la **vulnerabilidad** es el riesgo de degradación de ese lugar por causas externas, bien sean de carácter natural o antrópico (García-Ortiz *et al.*, 2014). De hecho, el Documento Metodológico diferencia entre la **vulnerabilidad natural** (posibilidad de alteración del LIG frente a amenazas naturales), la **vulnerabilidad por causas antrópicas** (posibilidad de alteración del LIG frente

a amenazas de origen humano) y la **vulnerabilidad intrínseca** (presente cuando los procesos naturales que generaron el LIG son los mismos que lo destruyen), aunque este estudio no se centra en esta última. Conociendo estas definiciones, parece cuestionable que se pueda incluir el factor de fragilidad dentro del de vulnerabilidad por ser estas dos cosas independientes la una de la otra, sin embargo, al estar en este caso relacionado con el factor de amenazas naturales, si se puede aproximar un poco más a la definición de vulnerabilidad.

Antes de presentar las modificaciones y añadidos que se proponen, conviene explicar cómo se obtiene en el Documento Metodológico para la elaboración del IELIG los valores de susceptibilidad de degradación por causas naturales (S_{DN}) y de susceptibilidad de degradación antrópica (S_{DA}).

En primer lugar, para el cálculo de la **susceptibilidad de degradación por causas naturales**, se realiza el producto de dos factores distintos; el tamaño (E_F) y la vulnerabilidad natural (V_{uN}), que a su vez viene dada por el producto de los factores de fragilidad (F) y amenazas naturales (A_N). De este modo, se puede representar a través de la fórmula siguiente:

$$S_{DN} = E_F \times V_{uN} = E_F \times F \times A_N$$

En la siguiente tabla se describen los factores necesarios para obtener la susceptibilidad de degradación por causas naturales y se detallan los valores que se les puede aplicar para ajustarlos a las fórmulas:

Tabla 1. Tabla de los factores para el cálculo de la susceptibilidad de degradación por causas naturales, tal cual se presenta en el Documento Metodológico para la elaboración del IELIG.

Factor tamaño del LIG (E_F)	Valor
Rasgos métricos (vulnerables por la mera visita, como espeleotemas, estructuras geológicas poco consolidadas, etc.).	10/400
Rasgos decamétricos (no vulnerables por las visitas pero sensibles a actividades antrópicas más agresivas, como secciones estratigráficas, etc.)	6/400
Rasgos hectométricos (podrían sufrir cierto deterioro por actividades humanas)	3/400
Rasgos kilométricos (difícilmente deteriorables por actividades humanas)	1/400
Fragilidad (F)	Valor
Litologías muy resistentes (cuarcitas o similares), con escasa fracturación y sin meteorización	1
Litologías resistentes o muy resistentes pero con elevada fracturación y/o meteorización	5
Litologías blandas consolidadas, con escasa fracturación y/o meteorización	10
Litologías no consolidadas, o consolidadas pero blandas y muy fracturadas y/o meteorizadas	20
Amenazas naturales (A_N)	Valor

LIG no significativamente afectado por procesos naturales (geológicos o biológicos)	1
LIG afectado por procesos naturales (geológicos o biológicos) de escasa relevancia	5
LIG afectado por procesos naturales (geológicos o biológicos) de relevancia moderada	10
LIG afectado por procesos naturales (geológicos o biológicos) de gran intensidad	20

El cálculo de la **susceptibilidad de degradación por causas antrópicas** es un poco más complejo. El producto es ahora entre el tamaño (E_F) y la vulnerabilidad por causas antrópicas (V_{uA}), que viene dada por la suma de distintos tipos de vulnerabilidad: vulnerabilidad por el interés minero o hídrico de los materiales que lo constituyen (V_{uM}), vulnerabilidad por su interés para colecciones y posibilidad de expolio (V_{uEX}), vulnerabilidad por la cercanía a infraestructuras (V_{uI}) y una denominada vulnerabilidad antrópica general (V_{uAG}), debida a la mera presencia del ser humano. La fórmula para obtener esta susceptibilidad es la siguiente:

$$S_{DA} = E_F \times V_A = E_F \times (V_{uM} + V_{uEX} + V_{uI} + V_{uAG})$$

En la siguiente tabla se describen los factores necesarios para obtener la susceptibilidad de degradación por causas antrópicas, los tres que representan vulnerabilidades por sí mismos y los seis que representan la vulnerabilidad antrópica general, junto con los puntos (especificados en el Apéndice IV) que se les puede asignar a cada uno junto y el peso que representan respecto del total:

Tabla 2. Tabla de los factores para el cálculo de la susceptibilidad de degradación antrópica, tal cual se presenta en el Documento Metodológico para la elaboración del IELIG añadiendo los puntos que figuran en el Apéndice IV.

Parámetro de valoración	Descripción	Puntos	Peso
Interés para la explotación minera o hídrica (V_{uM})	Vulnerabilidad del lugar por el interés que pueden tener para la explotación minera o hídrica	0	x25
		1	
		2	
		4	
Vulnerabilidad al expolio (V_{uEX})	Vulnerabilidad del lugar, por su naturaleza de yacimiento paleontológico o mineralógico y su valor patrimonial	0	x25
		1	
		2	
		4	
Proximidad a actividades o infraestructuras (V_{uI})	Vulnerabilidad ante amenazas antrópicas sobre los elementos clave del LIG por la cercanía de infraestructuras en general	0	x15
		1	
		2	
		4	

Accesibilidad (Ac)	Ligado a que los actos de vandalismo o daños no intencionados tienen una probabilidad de ocurrencia mayor en aquellos LIG que tienen una mayor accesibilidad	0	x10
		1	
		2	
		4	
Régimen de protección (P)	Informa de la posible protección del lugar en función de su ubicación dentro o fuera de un área protegida	1	x5
		2	
		4	
Protección física o indirecta (P_F)	Informa de las dificultades físicas de acceso al lugar	0	x5
		1	
		2	
		4	
Titularidad del suelo y régimen de acceso (T_S)	Informa sobre el régimen de propiedad del lugar (privado o público) y el acceso libre o restringido	1	x5
		2	
		4	
Densidad de población (D_P)	Ligado a que la densidad de población aumenta la probabilidad de que ocurran actos vandálicos o daños no intencionados	0	x5
		1	
		2	
		4	
Cercanía a zonas recreativas (Z_R)	Indica la presencia de zonas de recreo o turísticas cerca del lugar. Ligado a la necesidad de protección (mayor posibilidad de actos de vandalismo)	0	x5
		1	
		2	
		4	
			100

Aplicando ahora los pesos de esta tabla a la fórmula anterior, esta sería la fórmula final para la obtención de la susceptibilidad de degradación antrópica:

$$S_{DA} = E_F \times [25 \times (V_{uM} + V_{uEX}) + 15 \times V_{uI} + 10 \times Ac + 5 \times (P + P_F + T_S + D_P + Z_R)]$$

De este modo ya quedaría calculada la susceptibilidad de degradación de cada LIG, que será tratada junto con el valor del LIG (**V**) para obtener su riesgo de degradación (**R_D**). En este trabajo nos centramos exclusivamente en tratar de mejorar los métodos para el cálculo de las susceptibilidades de degradación, por lo que no trabajaremos con los datos **V** y **R_D**, ni será necesario obtener el valor de cada susceptibilidad en específico, porque no se seguiría trabajando con esos valores.

Propuesta de modificaciones para el cálculo de la susceptibilidad de degradación natural en Documento Metodológico para la elaboración del IELIG

La primera observación que hacemos es que las consideraciones que se tienen en cuenta para el cálculo de la susceptibilidad de degradación natural son muy superficiales en comparación con el cálculo de la susceptibilidad de degradación antrópica. A nuestro criterio,

es necesario identificar y evaluar cada amenaza natural a la que está expuesto un potencial LIG para realizar un análisis realista y efectivo de su vulnerabilidad. Para esto, y a través de salidas al campo para visitar los yacimientos expuestos anteriormente, se han identificado las diferentes amenazas que se proponen para incluir dentro de los parámetros del Documento Metodológico.

Los parámetros propuestos ascienden a diez en total, siendo siete de estos aplicables a yacimientos ubicados en cualquier tipo de zona, dos en zonas litorales y uno exclusivo para enclaves en contextos volcánicos activos. Gracias a esto, la metodología que se propone se adecua más para su aplicación en nuestro contexto de estudio, al encontrarse todos los yacimientos próximos al litoral de una isla volcánica activa. A continuación, se describe brevemente cada una de las amenazas propuestas.

Según el proyecto internacional Global Assessment of the Status of Human-induced Soil Degradation (GLASOD), la **erosión eólica** es la pérdida selectiva, recurrente y progresiva de la capa superficial del suelo por la acción del aire con vientos superiores a los 20 km/h. Este es un aspecto muy importante en los yacimientos terrestres canarios, ya que son especialmente vulnerables al estar conformados por arenas y piroclastos de tipo ceniza o lapilli, muy fácilmente erosionables. En este trabajo se propone analizar concretamente la **erosión eólica en días normales**.

A través del **desplome**, la gravedad es también un agente destructivo en pendientes pronunciadas. La magnitud y velocidad de la degradación provocada por estos desplomes depende de fracturas activas, como grietas que pueden ensancharse por fenómenos de hielo-deshielo y raíces de plantas. Esto resulta en la pérdida de superficie del suelo y, con ello, de los restos fósiles que allí se encuentren. Además, pueden generarse montones de rocas en la base de la pendiente que cubran el enclave o que, directamente, destrocen los fósiles al impactar contra ellos (García-Ortiz *et al.*, 2014).

Una **amplitud térmica diaria** superior a los 30°C y la incidencia directa del sol sobre la roca conducen a procesos termoplásticos, es decir, la expansión y contracción de las rocas. Este proceso da como resultado la aparición de nuevas fisuras que pueden afectar a los restos fósiles (García-Ortiz *et al.*, 2014).

La **vegetación** coloniza en primer lugar las grietas y fisuras presentes. Los musgos y los líquenes actúan por meteorización química desintegrando la superficie de la roca subyacente y facilitan la colonización de plantas vasculares. Estas plantas afectan a la roca a través de

interacciones químicas y de la meteorización mecánica, provocando nuevas grietas y fisuras y, con ello, desprendimientos (García-Ortiz *et al.*, 2014).

Los **animales silvestres** pueden causar el deterioro de elementos geológicos por el cruce repetido de animales, como ciervos o jabalíes, o por la colonización de animales pequeños, como reptiles y artrópodos, que hacen nidos en huecos y grietas llegando a poner allí huevos, como algunos insectos (García-Ortiz *et al.*, 2014).

Se considera como la **vulnerabilidad de la litología del yacimiento a la meteorización** como la sensibilidad que esta tiene ante el daño o la destrucción por factores externos (García-Ortiz *et al.*, 2014). Este factor representa la vulnerabilidad que tienen de por sí los yacimientos al resto de amenazas que se proponen.

Como es lógico, la actividad sísmica puede afectar de manera directa, por destrucción, o indirecta, por desplomes o hundimiento, a los yacimientos paleontológicos al igual que pasa con las edificaciones (Díez-Herrero *et al.*, 2011). Es especialmente importante evaluar la **frecuencia de fenómenos sísmicos** en un contexto volcánico activo como el del área de estudio de este trabajo.

Es relevante evaluar la afectación del **spray marino** en los yacimientos costeros por la meteorización que genera la salinidad propia del agua marina en los yacimientos (García-Ortiz *et al.*, 2014). Este factor es de especial importancia en yacimientos que se encuentran tan próximos a la línea de costa como son los de este estudio.

La frecuencia de **grandes tormentas** en el área es importante porque, debido a la violencia de estos eventos, contribuyen a aumentar la infiltración de aguas o los desplomes en zonas de acantilados y ladera, que ya se han explicado anteriormente (García-Ortiz *et al.*, 2014).

Es esencial evaluar el **riesgo de erupciones volcánicas a corto-medio plazo** para ajustarse a contextos insulares volcánicos activos, como es el archipiélago canario, y estudiar directamente la afectación que estos eventos tienen sobre el Patrimonio (Medina *et al.*, 2021).

Tabla 3. Leyenda para las zonas de aplicación de cada amenaza natural.

Color	Lugares de aplicación de las amenazas naturales
	Yacimientos en cualquier tipo de zona
	Yacimientos en zonas ubicadas en el litoral
	Yacimientos en zonas volcánicas activas

Tabla 4. Propuesta de variables para calcular los puntos de la Tabla 1 cuando se trate de yacimientos paleontológicos.

Amenazas naturales				Valoración	Puntos	Peso
Erosión eólica en días normales				Ninguna	0	x5
				Baja	1	
				Media	2	
				Alta	4	
Desplome	2A	Acantilado		Ninguno	0	x15
				Bajo	1	
	2B	Ladera		Medio	2	
				Alto	4	
Amplitud térmica en un día				Ninguna	0	x15
				Baja	1	
				Media	2	
				Alta	4	
Degradación por vegetación				Ninguna	0	x5
				Baja	1	
				Media	2	
				Alta	4	
Degradación por animales no domésticos				Ninguna	0	x5
				Baja	1	
				Media	2	
				Alta	4	
Vulnerabilidad de la litología del yacimiento a la meteorización				Ninguna	0	x15
				Baja	1	
				Media	2	
				Alta	4	
Frecuencia de fenómenos sísmicos				Ninguna	0	x5
				Baja	1	
				Media	2	
				Alta	4	
Afectación del spray marino				Ninguna	0	x5
				Baja	1	
				Media	2	
				Alta	4	
Frecuencia de grandes tormentas				Ninguna	0	x10
				Baja	1	
				Media	2	
				Alta	4	
Riesgo de erupciones volcánicas a corto-medio plazo				Ninguna	0	x10
				Baja	1	
				Media	2	
				Alta	4	
						100

Son dos las modificaciones que se proponen para el cálculo de la susceptibilidad de la degradación antrópica. Por un lado, se plantea la adición de tres nuevas amenazas deducidas tras las salidas al campo a los yacimientos de estudio (Riesgo de infiltración de aguas, Magnitud de vertederos ilegales en el entorno del yacimiento y Degradación por animales domésticos), que se sumarían a las ocho ya presentes en el Documento Metodológico para la elaboración del IELIG. Además, se propone la modificación de los criterios para puntuar una de las amenazas ya presentes, en concreto la de “Régimen de protección del lugar”. A continuación, se describe brevemente cada una de las amenazas propuestas.

El **riesgo de infiltración de aguas negras u otras aguas** se evalúa por los diferentes problemas que esto conlleva. Las aguas superficiales estancadas generan problemas de meteorización química, como hidrólisis, oxidación, carbonatación o acidificación, entre otros. Por otro lado, los cursos de agua contribuyen al transporte, desgaste mecánico por abrasión y nuevamente meteorización química por disolución u oxidación, entre otros (García-Ortiz *et al.*, 2014).

Se evalúa también la **magnitud de vertederos ilegales en el entorno del yacimiento** porque, dado el carácter incontrolado de estos, pueden favorecer un incremento de la actividad biológica en la zona, contribuir nuevamente a la infiltración de aguas o, directamente, ocultar o romper partes del yacimiento (García-Ortiz *et al.*, 2014).

La presencia de **animales domésticos** en el área de los yacimientos genera problemas de meteorización mecánica por astillado, agrietamiento o creación de fisuras, entre otros. Además, puede hacer que también se produzca meteorización química a través de alteraciones cromáticas o depósitos superficiales, por ejemplo, por la presencia de heces de los animales (García-Ortiz *et al.*, 2014).

Para poder incluir las modificaciones propuestas a continuación habría que hacer un replanteamiento de los pesos de los parámetros presentes en el Documento Metodológico para la elaboración del IELIG, lo cual se llevaría a cabo en una segunda fase tras la aceptación de las modificaciones propuestas por la comunidad científica.

Tabla 5. Propuesta de variables para incluir en la tabla "Vulnerabilidad por amenazas antrópicas".

Amenazas antrópicas			Valoración	Puntos
Riesgo de infiltración de aguas	1A	Aguas negras	Ninguno	0
			Bajo	1
	1B	Otras aguas	Medio	2
			Alto	4
Magnitud de vertederos ilegales en el entorno del yacimiento			Ninguna	0
			Baja	1
			Media	2
			Alta	4
Degradación por animales domésticos			Ninguna	0
			Baja	1
			Media	2
			Alta	4

Junto a estas amenazas añadidas, se propone la modificación en los criterios que se utilizan para puntuar el **Régimen de protección del lugar** para ajustarse más a las condiciones reales. Según la propuesta, se otorga la mayor puntuación exclusivamente a las zonas que no estén amparadas por ninguna figura de protección, dejando una puntuación nula a aquellas que ya se encuentran protegidas por figuras con algún plan de ordenación y guardería. A continuación, se presentan los parámetros de puntuación para esta variable tal y como aparecen en la tabla del Documento Metodológico, seguidos de los parámetros propuestos:

Tabla 6. Parámetros para la puntuación de la variable "Régimen de protección de lugar" presente en el Documento Metodológico.

Régimen de protección del lugar	Puntos
Lugar situado en parques nacionales o naturales, reservas naturales u otra figura con plan de ordenación y guardería.	1
Lugar con figura de protección, pero no sujeta a plan de ordenación y sin guardería. También bienes de interés cultural en razón a su contenido paleontológico / arqueológico.	2
Lugar situado en suelo rural preservado de su transformación mediante la urbanización, por la ordenación territorial y urbanística, o lugar carente de protección alguna.	4

Tabla 7. Propuesta de modificación en los parámetros para la puntuación de la variable "Régimen de protección de lugar" en el Documento Metodológico.

Régimen de protección del lugar	Puntos
Lugar situado en parques nacionales o naturales, reservas naturales u otra figura con plan de ordenación y guardería.	0
Lugar con figura de protección, pero no sujeta a plan de ordenación y sin guardería. También bienes de interés cultural en razón a su contenido paleontológico / arqueológico.	1
Lugar situado en suelo rural preservado de su transformación mediante la urbanización, por la ordenación territorial y urbanística.	2
Lugar carente de figura alguna de protección.	4

Aplicación de la metodología propuesta a los yacimientos del estudio

Para cada una de las amenazas propuestas habría que indicar, en una siguiente fase, los criterios de evaluación aplicados para establecer una valoración objetiva. A continuación, se presenta una propuesta de valoración provisional, para ejemplificar cómo serían los resultados tras el diseño de los criterios y su aplicación.

Tabla 8. Leyenda para las amenazas antrópicas ya existentes en el Documento Metodológico y propuestas.

Color	Amenazas antrópicas
	Presentes en el Documento para la elaboración del IELIG
	Propuestas

Tabla 9. Aplicación de la metodología propuesta para el Yacimiento de JÓVER.

Yacimiento de JÓVER			
Amenazas naturales			
Nº	Amenazas	Valoración	Puntos
1	Erosión eólica en días normales	Media	2
2	Desplome	Alta	4
3	Amplitud térmica en un día	Baja	1
4	Degradación por vegetación	Alta	4
5	Degradación por animales no domésticos	Baja	1
6	Vulnerabilidad de la litología del yacimiento a la meteorización	Alta	4
7	Frecuencia de fenómenos sísmicos	Baja	1
8	Afectación del spray marino	Alta	4
9	Frecuencia de grandes tormentas	Baja	1
10	Riesgo de erupciones volcánicas a corto-medio plazo	Nula	0
Amenazas antrópicas			
Nº	Amenazas	Valoración	Puntos
1	Riesgo de infiltración de aguas	Media	2
2	Magnitud de vertederos ilegales en el entorno del yacimiento	Media	2
3	Degradación por animales silvestres	Nula	0
4	Proximidad a infraestructuras	Nula	0
5	Interés para la explotación minera	Baja	1
6	Régimen de protección del lugar	Nula*	0
7	Protección indirecta	Media	2
8	Accesibilidad (agresión potencial)	Nula	0
9	Régimen de propiedad del lugar	Alta*	4
10	Densidad de población (agresión potencial)	Media	2
11	Cercanía a zonas recreativas (agresión potencial)	Media	2



Figura 7. Escombrera incipiente en el entorno del Yacimiento de Jóver.

Tabla 10. Aplicación de la metodología propuesta para el Yacimiento de Punta del Hidalgo.

Yacimiento de PUNTA DEL HIDALGO			
Amenazas naturales			
Nº	Amenazas	Valoración	Puntos
1	Erosión eólica en días normales	Nula	0
2	Desplome	Nula	0
3	Amplitud térmica en un día	Baja	1
4	Degradación por vegetación	Baja	1
5	Degradación por animales no domésticos	Baja	1
6	Vulnerabilidad de la litología del yacimiento a la meteorización	Baja	1
7	Frecuencia de fenómenos sísmicos	Baja	1
8	Afectación del spray marino	Media	2
9	Frecuencia de grandes tormentas	Media	2
10	Riesgo de erupciones volcánicas a corto-medio plazo	Nula	0
Amenazas antrópicas			
Nº	Amenazas	Valoración	Puntos
1	Riesgo de infiltración de aguas	Nula	0
2	Magnitud de vertederos ilegales en el entorno del yacimiento	Nula	0
3	Degradación por animales silvestres	Nula	0
4	Proximidad a infraestructuras	Nula	0
5	Interés para la explotación minera	Nula	0
6	Régimen de protección del lugar	Nula*	0
7	Protección indirecta	Alta*	4
8	Accesibilidad (agresión potencial)	Baja	1
9	Régimen de propiedad del lugar	Alta*	4
10	Densidad de población (agresión potencial)	Media	2
11	Cercanía a zonas recreativas (agresión potencial)	Alta	4



Figura 8. Pista de acceso al entorno del Yacimiento de Punta del Hidalgo.

Tabla 11. Aplicación de la metodología propuesta para el Yacimiento de Milán.

Yacimiento de MILÁN			
Amenazas naturales			
Nº	Amenazas	Valoración	Puntos
1	Erosión eólica en días normales	Media	2
2	Desplome	Alta	4
3	Amplitud térmica en un día	Baja	1
4	Degradación por vegetación	Alta	4
5	Degradación por animales no domésticos	Baja	1
6	Vulnerabilidad de la litología del yacimiento a la meteorización	Alta	4
7	Frecuencia de fenómenos sísmicos	Baja	1
8	Afectación del spray marino	Alta	4
9	Frecuencia de grandes tormentas	Baja	1
10	Riesgo de erupciones volcánicas a corto-medio plazo	Nula	0
Amenazas antrópicas			
Nº	Amenazas	Valoración	Puntos
1	Riesgo de infiltración de aguas	Media	2
2	Magnitud de vertederos ilegales en el entorno del yacimiento	Baja	1
3	Degradación por animales silvestres	Nula	0
4	Proximidad a infraestructuras	Nula	0
5	Interés para la explotación minera	Nula	0
6	Régimen de protección del lugar	Nula*	0
7	Protección indirecta	Alta*	4
8	Accesibilidad (agresión potencial)	Baja	1
9	Régimen de propiedad del lugar	Alta*	4
10	Densidad de población (agresión potencial)	Media	2
11	Cercanía a zonas recreativas (agresión potencial)	Media	2



Figura 9. Vehículo estacionado a pocos metros de un muro ubicado sobre el Yacimiento de Milán.

Tabla 12. Aplicación de la metodología propuesta para el Yacimiento de Iguste de San Andrés.

Yacimiento de IGUESTE DE SAN ANDRÉS			
Amenazas naturales			
Nº	Amenazas	Valoración	Puntos
1	Erosión eólica en días normales	Nula	0
2	Desplome	Nula	0
3	Amplitud térmica en un día	Baja	1
4	Degradación por vegetación	Baja	1
5	Degradación por animales no domésticos	Baja	1
6	Vulnerabilidad de la litología del yacimiento a la meteorización	Baja	1
7	Frecuencia de fenómenos sísmicos	Baja	1
8	Afectación del spray marino	Media	2
9	Frecuencia de grandes tormentas	Media	2
10	Riesgo de erupciones volcánicas a corto-medio plazo	Nula	0
Amenazas antrópicas			
Nº	Amenazas	Valoración	Puntos
1	Riesgo de infiltración de aguas	Nula	0
2	Magnitud de vertederos ilegales en el entorno del yacimiento	Nula	0
3	Degradación por animales silvestres	Nula	0
4	Proximidad a infraestructuras	Baja	1
5	Interés para la explotación minera	Nula	0
6	Régimen de protección del lugar	Nula	0
7	Protección indirecta	Alta*	4
8	Accesibilidad (agresión potencial)	Nula	0
9	Régimen de propiedad del lugar	Alta*	4
10	Densidad de población (agresión potencial)	Media	2
11	Cercanía a zonas recreativas (agresión potencial)	Alta	4



Figura 10. Ubicación del Yacimiento de Igueste de San Andrés en la línea de costa.

* Se corresponde con el nivel de Valoración que se le da a cada parámetro, no al nivel de éste. Por ejemplo, una valoración “nula” para el parámetro “Régimen de protección del lugar” no indica que no esté protegido, sino que la valoración es nula según este criterio dado su alto nivel de protección.

Propuestas de actuaciones hipotéticas sobre los yacimientos

Las propuestas de actuaciones sobre los yacimientos paleontológicos del estudio se han ideado de manera independiente a los posibles resultados de sus correspondientes susceptibilidades de degradación. El objetivo de estas propuestas no es tanto la protección de los yacimientos como sí la ejemplificación de posibles actuaciones dentro del proyecto del Paleoparque de Anaga. En definitiva, con estas propuestas se pretende mostrar cómo podría cambiar la imagen visible del Patrimonio Paleontológico insular una vez se hayan puesto en marcha las acciones de protección pertinentes y se haya implementado la figura del Paleoparque. Con esto se intenta contribuir a fomentar una forma de turismo más respetuoso con el entorno y a acercar a la población residente en la isla a su Patrimonio Paleontológico. Afortunadamente se dispone de modelos 3D de los yacimientos del estudio y de algunos de los fósiles que se pueden encontrar, algo que se pretende que esté muy presente dentro de las actuaciones que se lleven a cabo para preservar y promocionar estos lugares de interés.

El yacimiento sobre el que recae una mayor relevancia en este estudio a la hora de plantear actuaciones es el **Yacimiento de Jóver**, ya que presenta unas condiciones que lo hacen el más indicado para convertirlo en visitable y hacer de él la cara visible del Patrimonio Paleontológico en la isla.

En primer lugar, es sin lugar a dudas el más impresionante y visualmente llamativo de los cuatro. Siendo una duna fósil de cerca de 100 metros de extensión y varios metros de potencia (altura) conservada bajo un nivel de coladas de lava, constituye una imagen característica e icónica del Patrimonio Paleontológico de Tenerife. Además, las condiciones de su entorno lo hacen prácticamente idóneo para su “musealización”, ya que tiene un acceso de fácil acondicionamiento y muy buena visibilidad. Para este yacimiento se propone la adaptación de un pequeño espacio al borde de la carretera (Figura 11) como estacionamiento para los autobuses que desplacen a los visitantes hasta allí. Desde este estacionamiento hasta el yacimiento habría que cruzar una carretera (a la que habría que añadir una señalización para facilitar el cruce por parte de los visitantes) y desplazarse unos metros a pie por una especie de “túnel” entre la vegetación (Figura 12), sobre el que sería posible realizar también acciones de acondicionamiento y limpieza para adaptarlo a las necesidades de, por ejemplo, personas con movilidad reducida. Tras este túnel, se llega directamente al lugar en el que se encuentra el yacimiento, donde se propone la instalación de un vallado longitudinal en el borde del camino (Figura 13) que salvaguarde la duna para su observación desde la distancia. Junto a este vallado, sería posible instalar también paneles de información y réplicas de los modelos 3D de los fósiles presentes en la duna. Dada la amplitud y belleza del lugar, se puede plantear perfectamente la instalación de zonas verdes, alumbrado, miradores hacia el litoral o zonas de descanso que hagan más atractivo el lugar, entre otras. De hecho, por todo lo anteriormente indicado, este sería probablemente el lugar indicado para ubicar un posible centro de interpretación o un pequeño aula-museo del Paleoparque en el que encontrar los modelos 3D de todos los yacimientos. De llevarse a cabo todo esto, sería conveniente llevar a análisis la posibilidad de instalar verjas en los accesos para limitar el acceso durante la noche y evitar así situaciones potenciales de riesgo para el entorno y para el yacimiento en sí.

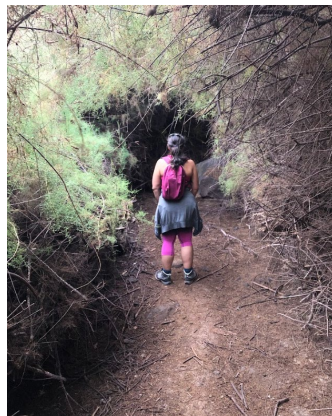


Figura 11. Lugar que se propone como posible estacionamiento de autobuses en el Yacimiento de Jöver.

Figura 12. Túnel de vegetación de acceso al Yacimiento de Jöver.

Figura 13. Camino que rodea la duna fósil del Yacimiento de Jöver.

Para el **Yacimiento de Milán** las propuestas son algo similares, aunque a mucha menor escala dado el tamaño más reducido del entorno. Un punto favorable para este yacimiento es que ya existe una pequeña zona de estacionamiento muy cerca, por lo que solo habría que acondicionar el camino de acceso. Se plantea de igual modo un vallado junto al camino que discurre al borde del yacimiento (Figura 14) para proteger el lugar y la instalación de paneles informativos con réplicas de los modelos 3D de los fósiles que allí se encuentran.



Figura 14. Vista del Yacimiento de Milán y del borde del camino que pasa junto a él.

Para las propuestas de actuación sobre el **Yacimiento de Punta del Hidalgo** hay bastantes más limitaciones. Si bien se encuentra al borde de una senda muy accesible por la que es habitual que ya transiten paseantes, se encuentra en una zona sobre la que en ocasiones se instalan los bañistas e incluso llega a ser totalmente cubierto por la marea. En este caso, la conservación 3D realizada es esencial y podría plantearse la posibilidad de extraer los fósiles para su preservación en un museo. Para aprovechar la facilidad del entorno, se propone entrar nuevamente con una réplica de los modelos 3D del yacimiento y de los fósiles en estructuras similares a unas ya existentes para el avistamiento de aves (Figura 15), ayudando así a crear una zona de visita cultural para un turismo interesado en la ciencia y la naturaleza, en una localidad con un turismo enfocado al sol y el mar.



Figura 15. Vista de una de las estructuras informativas para el avistamiento de aves presentes en el entorno del Yacimiento de Punta del Hidalgo.

Finalmente, en el **Yacimiento de Igueste de San Andrés**, se propone únicamente la instalación de un panel informativo con las réplicas de los modelos 3D del yacimiento y de los fósiles al final de la carretera que conduce a la playa, ya que el acceso hasta la zona donde se ubica el yacimiento es muy complicado y sin posibilidad de acondicionamiento (Figura 16). Nuevamente, al ser una zona de uso recreativo por pesca y baño y al llegar a ser totalmente cubierto por las mareas, podría estudiarse la posibilidad de extraer los fósiles para su preservación en un museo.



Figura 16. Entorno en el que se ubica el Yacimiento de Igueste de San Andrés.

Conclusiones

En el presente Trabajo de Fin de Grado se ha elaborado la propuesta de una metodología específica para la evaluación de la susceptibilidad de degradación natural que sufren los yacimientos paleontológicos. En concreto, se ha realizado para los localizados en zonas de litoral en un contexto volcánico activo. Para ello se han empleado cuatro yacimientos (dos con fauna terrestre y dos con fauna marina) del Paleoparque de Anaga localizado en la Reserva de la Biosfera del Macizo de Anaga (Tenerife, Islas Canarias) para testar dicha metodología. Como resultado se ha mejorado la sección de Amenazas Naturales recogida en el Documento Metodológico para la elaboración del IELIG, añadiendo diez parámetros a tener en cuenta, de los cuales siete son aplicables a yacimientos ubicados en cualquier tipo de zona, dos en zonas litorales y uno exclusivo para enclaves en contextos volcánicos activos. Junto con esto se han especificado las definiciones de dichos parámetros para facilitar la interpretación y se ha creado una tabla en la que se han propuestos las puntuaciones y pesos de cada una de ellos. Por otro lado, la sección de Amenazas Antrópicas del Documento Metodológico para la elaboración del IELIG ha sido ampliada con tres nuevos parámetros, los cuales como en el caso anterior van acompañados de sus definiciones. En este caso se ha decidido que el replanteamiento de los pesos de todos los parámetros (existentes y propuestos) se debería realizar en una segunda fase

tras a aceptación de las modificaciones planteadas por la comunidad científica. Por último, en la sección de Régimen de protección del lugar del Documento Metodológico para la elaboración del IELIG se ha realizado una modificación de los criterios que se utilizan para puntuar este parámetro. De esta forma, se ha otorgado la mayor puntuación a las zonas no amparadas por ninguna figura de protección, y en contraposición se ha puntuado con un cero a aquellas ya protegidas por figuras con algún plan de ordenación y guardería. Con esto se ha pretendido ajustarse más a las condiciones reales de los yacimientos.

Una vez realizadas las propuestas y modificaciones del Documento Metodológico para la elaboración del IELIG se ha llevado a cabo una ejemplificación de cómo serían las puntuaciones tras el diseño de los criterios y su aplicación para de cuatro yacimientos del Paleoparque de Anaga: Jöver, Punta del Hidalgo, Milán y Igueste de San Andrés. No se ha obtenido el valor de cada susceptibilidad en específico, porque no se seguirá trabajando con esos valores. Junto con esto también se ha realizado una propuesta de actuaciones hipotéticas sobre los yacimientos estudiados.

Referencias Bibliográficas

- Ávila, S. P., Cachão, M., Ramalho, R. S., Botelho, A. Z. *et al.* (2015) “The Palaeontological Heritage of Santa Maria Island (Azores: NE Atlantic): a Re-evaluation of Geosites in GeoPark Azores and Their Use in Geotourism”. *Geoheritage*, 8, pp. 155-171.
- Casillas Ruiz, R., Martín Luis, M. C., Coello Bravo, J. J., Balcells Herrera, R., *et al.* (2019). “El delta de lava de Igueste de San Andrés (Anaga, Tenerife, Islas Canarias)”. *Geogaceta*, 66, pp. 99-102.
- Castillo, C., Castillo, J., Coello, J., Martín, E. *et al.* (1999) “La tutela del Patrimonio Paleontológico en Canarias. Valoración general”. *Coloquios de Paleontología*, 50, pp. 9-21.
- Castillo, C., Cruzado-Caballero, P., Jimenez-Gomis, C., Núñez, J. *et al.* (2019) “Propuesta de desarrollo de un paleoparque en la Reserva de la Biosfera de Anaga (Tenerife, Islas Canarias)”, *Cuadernos del Museo Geominero*, 30, pp. 161-166.
- Castillo, C., Martín González, E., Martín Oval, M. (2001) “Valoración del Patrimonio Paleontológico de Canarias: propuesta de Puntos de Especial Interés Paleontológico”, *Revista Española de Paleontología*, pp. 105-115.

Cruzado-Caballero, P., Jiménez-Gomis, C. y Castillo, C. (2019) “Implementación de la fotogrametría para la salvaguarda del patrimonio paleontológico canario”, *Geogaceta*, 66, pp. 59-62.

Díez-Herrero, A., Ortega, J. A., Pérez-López, R., y Rodríguez Pascua, M. A. (2011). “Patrimonio geológico efímero: singularidades de su estudio y gestión.” *Avances y retos en la conservación del Patrimonio Geológico en España*. Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España). Universidad de León, pp. 97-103.

España (1985) “Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español”, *Boletín Oficial del Estado*, 29 de junio de 1985, (155).

España (1999) “Ley 4/1999, de 15 de marzo, de Patrimonio Histórico de Canarias”, *Boletín Oficial del Estado*, 9 de abril de 1999 (85).

España (2007) “Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad”, *Boletín Oficial del Estado*, 14 de diciembre de 2007, (299).

España (2017) “Ley 4/2017, de 13 de julio, del Suelo y de los Espacios Naturales Protegidos de Canarias”, *Boletín Oficial del Estado*, 19 de julio de 2017, (138).

España (2018) “Ley Orgánica 1/2018, de 5 de noviembre, de reforma del Estatuto de Autonomía de Canarias”, *Boletín Oficial del Estado*, 6 de noviembre de 2018, (268).

España (2018) “Ley 7/2018, de 20 de julio, de modificación de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad”, *Boletín Oficial del Estado*, 21 de julio de 2018, (176).

España (2019) “Ley 11/2019, de 25 de abril, de Patrimonio Cultural de Canarias”, *Boletín Oficial del Estado*, 12 de junio de 2019, (140).

Fernández Martínez, E., García-Ortiz de Landaluce, E. (2018) “Algunas consideraciones sobre la gestión del Patrimonio Paleontológico”, *Revista PH*, 94, pp. 273-275.

García-Ortiz, E., Fuertes-Gutiérrez, I. y Fernández-Martínez, E. (2014) “Concepts and terminology for the risk of degradation of geological heritage sites: fragility and natural vulnerability, a case study”, *Proceedings of the Geologists’ Association*, 124, pp. 463-479

García-Talavera, F., Paredes, R. y Martín, M. (1989) “Catálogo-Inventario Yacimientos Paleontológicos. Provincia de Santa Cruz de Tenerife”, ed. Tenerife: Instituto de Estudios Canarios (C.E.C.E.L.) de España.

Global Assessment of the Status of Human-induced Soil Degradation (GLASOD) (1992). Disponible en: <https://www.isric.org/projects/global-assessment-human-induced-soil-degradation-glasod>. (Accedido: 30 de Mayo de 2023).

Guillou, H., Carracedo, J. C., Paris, R., Torrado, F. J. P. (2004). “Implications for the early shield-stage evolution of Tenerife from K/Ar ages and magnetic stratigraphy”. *Earth and Planetary Science Letters*, 222(2), pp. 599-614.

Instituto Geográfico Nacional (sin fecha) *Patrimonio Natural y Cultural*. Disponible en: https://www.ign.es/espmap/patri_bach.htm (Accedido: 25 de Mayo de 2023).

Instituto Geológico y Minero de España (2018) *Documento Metodológico para la elaboración del IELIG*. Disponible en: <https://www.igme.es/patrimonio/descargas/METODOLOGIA%20IELIG%20V16%20actualizaci%C3%B3n%202018.pdf> (Accedido: 20 de Mayo de 2023).

Instituto Geológico y Minero de España (2018) *Geoparques Mundiales de la UNESCO*. Disponible en: <https://www.igme.es/patrimonio/geoparques.htm#:~:text=Los%20geoparques%20mundiales%20de%20la,educaci%C3%B3n%20y%20desarrollo%20socioecon%C3%B3mico%20sostenible> (Accedido: 17 de Junio de 2023).

Jiménez-Gomis, C., García, A., Sarmiento, G. y Castillo, C. (2019) “Conservation Status of the Listed Marine Fossil Sites in the Macizo de Anaga Biosphere Reserve (Tenerife, Canary Islands, Spain)”, *Geoheritage*, 11, pp. 1757-1769.

Lipps, J. H. (2009) “PaleoParks: Our paleontological heritage protected and conserved in the field worldwide”, en Lipps, J. H. y Granier B. R. C. (eds.) *PaleoParks - The protection and conservation of fossil sites worldwide*, Book 2009/03 Carnets de Géologie / Notebooks on Geology, Brest, pp. 1-10.

Manuel Medina, F., Acevedo-Rodríguez, A. y Nogales, M. (2021) “Notas preliminares sobre la afección del volcán a la flora y vegetación de La Palma”, *Conservación Vegetal*, 25, pp. 54-55.

- Mertens, R. (1942). “*Lacerta goliath* n. sp., eine ausgestorbene Rieseneidechse von den Kanaren”. *Senckenberg*, 25(4/6), pp. 330-339.
- Morales Romero, J., Azanza Asensio, B., Gómez Ruiz, E. (1999) “El Patrimonio Paleontológico Español”, *Coloquios de Paleontología*, 50, pp. 53-62.
- Ministerio de Cultura y Deporte (sin fecha) *Definición de bienes culturales protegidos*. Disponible en: <https://www.culturaydeporte.gob.es/cultura/patrimonio/bienes-culturales-protegidos/definicion.html> (Accedido: 26 de Mayo de 2023).
- Ministerio de Cultura y Deporte (sin fecha) *Unesco Patrimonio Mundial*. Disponible en: <https://www.culturaydeporte.gob.es/cultura/areas/patrimonio/mc/patrimoniomundial/unesco-patrimoniomundial.html> (Accedido: 26 de Mayo de 2023).
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (sin fecha) *Espacios Naturales Protegidos – Categorías*. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/espacios-protegidos/espacios-naturales-protegidos/enp_categorias.aspx (Accedido: 29 de Mayo de 2023).
- Portugal (2018) “Decreto Legislativo Regional n.o 11/2018/A. Cria o Paleoparque de Santa Maria”, *Diário da República*, 28 de agosto de 2018, (165).
- Romero, G. (2005) “La protección del Patrimonio Paleontológico en la Región de Murcia: experiencias e iniciativas”, *De Re Metallica*, 5, pp. 21-30.
- Troncoso, C., Almirón, A. (2005) “Turismo y Patrimonio. Hacia una relectura de sus relaciones”, *Aportes y transferencias*, 9(1), pp. 56-74.
- Vegas, J., Delvene, G., Menéndez, S., Rábano, I. *et al.* (2018) “El Patrimonio Paleontológico en España: una necesidad de consenso sobre su gestión y marco legal”, *Revista PH*, 94, pp. 326-329.