

## Guía práctica para entender el patrimonio geológico

### *A practical guide to understanding the geological heritage*

**LUIS CARCAVILLA URQUÍ**

*Instituto Geológico y Minero de España. C/Ríos Rosas 23, 28003, Madrid. E-mail: l.carcavilla@igme.es*

**Resumen** El patrimonio geológico figura entre las materias más recientemente incorporadas a la geología. En los últimos años ha experimentado un notable impulso, debido a la cada vez mayor conciencia conservacionista de la sociedad, que ha facilitado el desarrollo de un marco legal muy favorable para su protección. Aunque el concepto de patrimonio geológico es fácilmente entendible de manera intuitiva, la realidad es que su aplicación no es tan sencilla, y es habitual que surjan preguntas acerca de su contenido real y la forma de trabajar para conocerlo y protegerlo. El presente artículo desarrolla, en forma de diez preguntas, algunas de las claves que se podría plantear una persona que se acercara a este tema por primera vez. Puesto que el patrimonio geológico constituye un poderoso recurso educativo y de concienciación social, la última pregunta plantea sus posibilidades de uso en educación secundaria.

**Palabras clave:** Geoconservación, didáctica, patrimonio geológico, ciencias de la Tierra, divulgación.

**Abstract** *The geological heritage is one of the topics most recently incorporated into geology. It has experienced a significant boost in recent years due to the increasing conservation awareness of society, which has enabled the development of a legal framework favourable to conservation. However, although the concept of geological heritage is easily understood intuitively, its application is not as simple and questions can arise concerning its actual content and how to work on its protection. This article provides some of the keys, framed in ten questions thought useful for people who approach this issue for the first time. The geological heritage is a powerful resource for education, so the last question looks at its potential for field and classroom activities.*

**Keywords:** *Geoconservation, teaching, geoheritage, Earth sciences, science popularization.*

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años ha ido ganando protagonismo en las Ciencias de la Tierra el término patrimonio geológico que, a pesar de que fue definido hace ya más de cuatro décadas, había pasado casi desapercibido para los científicos. La idea básica es que los elementos geológicos forman parte del patrimonio natural (Fig. 1) y deben ser gestionados para asegurar su conservación y promover su aprovechamiento, porque constituyen un recurso en sí mismos. Pero a partir de esta sencilla idea central, surgen diversidad de enfoques y metodologías para gestionar este recurso, en su mayoría no renovable y, por lo tanto, complejo de conservar. Es más, la experiencia muestra que existe una importante confusión en relación con muchos conceptos vinculados al patrimonio geológico, en su mayoría debidos a la falta de conocimiento de los trabajos metodológicos pioneros. La importancia de esos trabajos queda re-

flejada en que, en realidad, en los últimos años sólo se han refinado y adaptado a la situación actual los instrumentos metodológicos diseñados hace ya muchos años.

A continuación se muestran algunas ideas clave para entender cómo se trabaja en este emergente campo de investigación y los principales resultados alcanzados. Esta información se estructura a través de diez preguntas que podrían surgir a cualquier persona que se interesara en el patrimonio geológico. Pero hay muchas publicaciones que pueden complementar esta información, ya sean porque la estructuran de manera más sistemática (Brilha, 2005; Carcavilla *et al.*, 2007; Gray, 2013), porque se centran más en los conceptos (Brock y Semeniuk, 2007; Carcavilla *et al.*, 2012; Cendrero, 2000; Henriques, 2011), o porque incluyen ejemplos prácticos ilustrativos (Carcavilla 2012; Gray, 2013). Valga por tanto este artículo como una mera introducción para animar a profundizar más en el tema.



Fig. 1. Algunos paisajes aúnan belleza e interés geológico, como el Barranco de la Hoz (Guadalajara), que alberga una importante serie del Permo-Trías en las espectaculares paredes del cañón.

## DIEZ PREGUNTAS CLAVES SOBRE EL PATRIMONIO GEOLÓGICO

### 1-¿A qué llamamos patrimonio geológico?

El patrimonio geológico está formado por elementos geológicos que presentan una especial singularidad debido, fundamentalmente, a su interés científico o didáctico. Constituye una parte importante del patrimonio natural e incluye formas, elementos y estructuras originadas por cualquier proceso geológico. Así que está formado por todos aquellos enclaves relevantes para cualquier disciplina de la geología, como la geomorfología, estratigrafía, tectónica, petrología, mineralogía, paleontología, tectónica, hidrogeología, geología ambiental, etc.

La definición formal de patrimonio geológico ha sido proporcionada por la Ley 42/2007 de 13 de diciembre, de Patrimonio Natural y Biodiversidad, que lo define 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: a) el origen y evolución de la Tierra, b) los procesos que la han modelado, c) los climas y paisajes del pasado y presente y d) el origen y evolución de la vida” (art. 3.38 de la Ley 42/2007).

Pero a partir de esta idea esencial, hay muchos aspectos que pueden matizarse. La palabra patrimonio proviene del latín *patri* (‘padre’) y *onium* (‘recibido’), que significa “lo recibido por línea paterna”. Al margen de su significado jurídico, el término patrimonio se utiliza para designar la herencia del pasado de una comunidad, con la que ésta vive en la actualidad y que tiene obligación de transmitir a las generaciones futuras. Por lo tanto, una definición simple de patrimonio sería un conjunto de elementos a los que se asigna un valor como para ser conservados y transmitidos a nuestros descendientes. Así que consta de dos componentes: los elementos y su valoración.

Con respecto a los primeros, hay diversos tipos de patrimonio en función del elemento del que se esté tratando. De esta manera, según su contenido podrá ser patrimonio cultural, natural, industrial, artístico y así un largo etcétera. En función de su carácter podrá ser material o inmaterial (también llamados tangible e intangible); según su propiedad podrá ser individual (privado) o colectivo (público); dependiendo de su naturaleza podrá ser mueble (objetos) o inmueble (lugares); según su accesibilidad podrá ser visitable o de acceso restringido; entre otras muchas variaciones. Los elementos constituyen la parte objetiva del patrimonio, que no cambia con el tiempo y que define el tipo de patrimonio del que estamos tratando (Díaz Martínez *et al.*, 2013).

El segundo componente es el valor que se asigna a esos elementos. A diferencia de los elementos, esta parte es subjetiva y puede cambiar con el tiempo. Fundamentalmente porque pueden realizarse nuevos descubrimientos, o incluso porque sobre afloramientos ya conocidos pueden descubrirse nuevos aspectos que hagan que aumente su interés. Además, las motivaciones culturales también marcan diferencias a lo largo del tiempo con respecto a la valoración y percepción de determinados paisajes o elementos del medio natural, que también tiene sus modas (Fig. 2). Sin embargo, el valor científico, aunque también en parte subjetivo, puede considerarse más estable, ya que pueden definirse criterios que sirvan para estimar la importancia geológica de un lugar.

En la siguiente pregunta se discutirán esos criterios científicos que hacen que un lugar presente interés geológico, pero antes es muy importante insistir en un aspecto: el patrimonio geológico está constituido exclusivamente por elementos geológicos. Esta idea parece obvia, pero suele causar mucha confusión, porque el patrimonio geológico se enmarca en un contexto complejo como resultado de su estrecha relación con otras disciplinas, y por las implicaciones científicas, técnicas, culturales, sociales y económicas que posee. Además, en muchas otras ocasiones, determinados elementos o enclaves geológicos también guardan una estre-



Fig. 2. La Pedriza del Manzanares, ejemplo paradigmático de un lugar antiguamente despreciado por sus características paisajísticas y hoy considerado uno de los enclaves naturales más valiosos de la comunidad de Madrid, recientemente incorporado en el Parque Nacional de la Sierra de Guadarrama.

## ¿QUÉ ES PATRIMONIO GEOLÓGICO?

Siempre que tengan un valor destacado en función de su singularidad o representatividad, son elementos del patrimonio geológico, entre otros:

- yacimientos mineralógicos, localidades-tipo, minerales y colecciones de minerales
- estructuras tectónicas como pliegues, fallas y cabalgamientos
- yacimientos paleontológicos, secciones fosilíferas, fósiles y colecciones de fósiles
- afloramientos de diferentes tipos de rocas, incluyendo los meteoritos
- secciones estratigráficas, estratotipos y estructuras sedimentarias
- suelos y perfiles edáficos
- afloramientos que muestren el dinamismo terrestre y procesos geológicos activos, como depósitos de inundaciones, de tsunamis, actividad geotérmica o volcánica, deslizamientos, etc.
- elementos geomorfológicos, incluyendo todo tipo de formas del relieve, como formas y depósitos fluviales (ríos, cañones, cascadas, etc.), eólicos (dunas, mantos eólicos, etc.), de ladera (como cárcavas, coluviones y otros tipos de derrubios), lacustres (lagos, zonas endorreicas, etc.), de origen glaciar (como glaciares, morrenas, drumlins, artesas, etc.), periglacial (como suelos poligonales o grèzes litées), kárstico (dolinas, simas, cuevas, tobas calcáreas, cañones, poljés, lapiazes, etc.) o volcánico (calderas, pitones, coladas, etc.).

## ¿QUÉ NO ES PATRIMONIO GEOLÓGICO?

El patrimonio geológico está formado exclusivamente por elementos naturales debidos a la acción de procesos geológicos. Así que no forman parte del patrimonio geológico:

- minas o instalaciones mineras (castilletes, galerías, escombreras, hornos, etc.)
- norias, molinos, acequias, fuentes, presas o cualquier otra instalación aunque sirva para aprovechar recursos geológicos
- mapas, planos de labores, libros, documentos, instrumentos de estudio
- dibujos, cuadros, edificios, esculturas y cualquier otra manifestación artística
- arte rupestre (pinturas o grabados) o yacimientos arqueológicos
- ermitas, castillos o cualquier otra construcción, aunque utilice piedra natural como material principal

cha relación con el patrimonio histórico-artístico o cultural, con las tradiciones, creencias y folklore de algunos lugares, e incluso puede tener una importante significación religiosa o convertirse en signo de identidad local. Sin embargo, no debe confundirse el patrimonio geológico con sus implicaciones culturales.

### 2- ¿Qué es lo que hace que un lugar presente un interés especial?

En función de lo mencionado en la pregunta anterior, ¿cuáles son esos criterios que se utilizan para identificar un lugar de interés geológico o, mejor dicho, qué es lo que hace que un lugar geológico sea especial? Es lo que habitualmente se denominan lugares de interés geológico (LIG), aunque anteriormente recibieron también otros nombres tales como puntos de interés geológico (PIG), o a veces se utilizan otros, que generalmente son el resultado de malas traducciones de términos anglosajones, como geotopos, geositios o geolugares. Las principales tipologías son (Carcavilla, 2012):

1) Lugares modélicos (*best sites*): son aquellos enclaves donde puede verse el mejor ejemplo de un determinado aspecto, proceso o elemento geológico, es decir, que es representativo como modelo y se usa como referencia. Un ejemplo sería el gran cañón del Colorado, quizá el mejor ejemplo de cañón fluvial del mundo. Se incluyen en este grupo las singularidades geomorfológicas, los “favoritos” del gran público, como cuevas, cascadas, glaciares, etc. Pero no sólo pertenecen a este grupo ejemplos espectaculares por su belleza (Fig. 3), sino también otros ejemplos modélicos cuyo verdadero significado quizá sólo esté al alcance de especialistas y que

no tengan nada de “bonitos”.

2) Patrones (*pattem sites*): la historia de la Tierra se reconstruye gracias al registro geológico conservado en algunos lugares excepcionales. Esos lugares constituyen la referencia para un determinado periodo de tiempo geológico, por poseer el registro más completo y continuo de la sedimentación y registro de la vida en esa época. Estos estratotipos son de diferente categoría, en función de si son representativos de un proceso local, regional o incluso global.

3) Lugares que muestren procesos únicos (*unique sites*): uno de los principios que rigen la geología es el actualismo. Pero también se asume que el registro geológico está salpicado de interrupciones

Fig. 3. Algunos de los más bellos paisajes de la Tierra están formados por elementos geológicos. Delicate Arch. Parque Nacional de Arches (EEUU).



Fig. 4. Ejemplo de un lugar que muestra un proceso único: Capa negra en Caravaca de la Cruz (Murcia), que contiene algunas de las claves para entender la extinción registrada en el límite Cretácico/Paleógeno, la cual ha sido asociada a un impacto meteorítico.



en forma de discontinuidades espaciales y temporales de todas las escalas, en muchos casos producidos por procesos geológicos que a escala humana pueden parecer “raros”. Se trata de sucesos de alta intensidad o magnitud (eventos extremos) y, por ello, de muy baja frecuencia (o tiempo de recurrencia muy alto), y en muchos casos con consecuencias catastróficas (Fig. 4). Se consideran, por tanto, procesos únicos, como impactos meteoríticos, súbitos calentamientos terrestres, excepcionales emisiones volcánicas, etc. Los lugares que muestran las evidencias de este tipo de sucesos anómalos en la dinámica habitual del planeta también son considerados de interés geológico.

4) Lugares originales (*first sites*): son lugares en los que se definió o reconoció por primera vez un aspecto geológico, aunque con posterioridad se hayan hecho modificaciones a la definición o se hayan encontrado mejores ejemplos. Son lugares que presentan interés pero, sobre todo, cuyo estudio permitió que la geología avanzara como ciencia. Son utilizados especialmente en mineralogía y en paleontología y se denominan localidades-tipo. De hecho, los minerales y los fósiles a menudo se bautizan en función del lugar donde se recolectaron los ejemplares utilizados para su descripción científica. En España se localizan alrededor de una veintena de localidades-tipo de minerales como por ejemplo Molina de Aragón (Guadalajara), que es la localidad tipo del aragonito.

5) Lugares relacionados con la geología ambiental y procesos geológicos activos que hayan tenido lugar en tiempos históricos o épocas recientes: se consideran de interés porque muestran la dinámica actual del planeta y ayudan a entender la relación entre el ser humano y los procesos geológicos. Países situados en contextos geológicos muy dinámicos como Islandia, Nueva Zelanda o Chile, sólo por poner unos ejemplos, poseen un alto potencial en este tipo de lugares de interés geológico vinculados a la dinámica activa del planeta (Fig. 5). En el caso de España son muy interesantes los afloramientos que reflejan procesos activos recientemente acontecidos, algunos de ellos, incluso en época histórica, lo que puede servir para reconstruir, por ejemplo,



Fig. 5. También se incluyen en el patrimonio geológico procesos geológicos activos que muestran la dinámica terrestre. Colada activa (Hawaii, EEUU).

riadas o inundaciones, tsunamis, terremotos, erupciones volcánicas, etc.

6) Lugares representativos: de lo expuesto hasta ahora podría parecer que sólo son objeto del patrimonio geológico lugares raros, anómalos o excepcionales. Pero tan importantes como estos son los lugares representativos de la geología de una región, que muestren lo más característico de la misma y que mejor sirvan para definirla, como afloramientos con estructuras o materiales que afloran con frecuencia, se repiten en el paisaje o lo condicionan.

Por último, hay que tener en cuenta que los elementos del patrimonio geológico pueden tener un origen extraterrestre (por ejemplo, los meteoritos, Fig. 6) y que también hay lugares de interés geológico en entornos urbanos. Y es que aunque parezca que son pocos los lugares de interés geológico que podría esperarse encontrar en las ciudades, la realidad nos muestra que hay poblaciones muy geológicas. Ciudades como Segovia (Díez-Herrero *et al.*, 2001, 2012), Toledo (Alonso y Díez, 2007), Burgos (Fernández-Martínez *et al.*, 2012), León (Castaño de Luis *et al.*, 2011), Barcelona (Cronella, 2012) o Curitiba (Brasil, Liccardi *et al.*, 2008) cuentan incluso con guías geológicas urbanas, y muchas más cuentan con propuestas de itinerarios geológico-paleontológicos por la ciudad.



Fig. 6. No todos los elementos geológicos de interés tienen por qué tener un origen terrestre. Los meteoritos son ejemplo de ello. Ejemplar depositado en el Museo Geominero (Madrid).



Fig. 7. No todo el patrimonio geológico es de naturaleza no renovable. Las surgencias de aguas minerales y las fuentes geotérmicas son ejemplos de lo contrario. Rotorua (Nueva Zelanda).

### 3-¿Por qué es importante conocer el patrimonio geológico? ¿Qué peculiaridades tiene?

El patrimonio geológico forma parte del patrimonio natural y por lo tanto de nuestro medio ambiente, por lo que, según la Constitución Española, es un deber y un derecho de los ciudadanos y de las administraciones públicas asegurar su conservación, uso sostenible, mejora y restauración (art. 45, Constitución Española 1978). Esta conservación se debe apoyar en el profundo conocimiento de las características que definen a este tipo de patrimonio, el cual guarda similitudes con el patrimonio biótico.

Pero por otro lado, el patrimonio geológico tiene unas particularidades propias que condicionan su gestión y conservación como parte del patrimonio natural y, por eso, es importante conocerlo y estudiarlo, porque las reglas habituales no son del todo útiles. Quizá la más distintiva sea que en muchos casos constituye un importante registro del pasado y la evolución de la Tierra, otorgando al patrimonio natural una cuarta dimensión: el tiempo. Este registro del pasado no es igual en todos los lugares, sino que en algunos de ellos se manifiesta de una manera excepcional, lo que les hace especiales. Nos informan de cómo era la Tierra en un momento dado o de los organismos que la habitaban, entre otras muchas cosas. Pero los procesos y las condiciones que los generaron o están inactivas o no se parecen en nada a las actuales. Es decir, su importancia no es tanto por lo que son, como por lo que fueron. Aunque no debemos olvidar que en muchos otros casos se trata de lugares que muestran procesos activos en la actualidad.

Una peculiaridad notable del patrimonio geológico es que, en ocasiones, a simple vista y para los ojos de un no experto, nada hace presagiar que un determinado lugar pueda tener un interés geológico especial. Y es que belleza o espectacularidad e interés científico no siempre van unidos.

Otra característica típica del patrimonio geológico es que presenta gran heterogeneidad, fundamentalmente con respecto a su naturaleza, fragilidad y dimensiones. Desde elementos microscópicos hasta grandes estructuras, elementos activos frente a inactivos e incluso fósiles, rasgos *in situ* frente a otros extraídos de su lugar de origen, elementos tan

frágiles que sabemos que durarán un breve periodo de tiempo frente a rasgos geológicos formados hace cientos o miles de millones de años. Es difícil definir pautas o patrones fijos para gestionar un recurso constituido por elementos tan dispares.

Por otro lado, al ser elementos creados por procesos del pasado, la mayoría del patrimonio geológico es de naturaleza no renovable (Fig. 7). Este hecho condiciona que la destrucción del patrimonio geológico sea casi siempre irreversible. Por ello, la prevención es la herramienta más útil para la geoconservación.

Finalmente, hay que tener en cuenta que hay afloramientos que, siendo de origen natural, han quedado expuestos o son visibles gracias a la acción del hombre. Aunque parezca raro, estos son muy abundantes y pueden tener una gran relevancia. Por ejemplo, un corte estratigráfico en el talud de una carretera o una estructura tectónica visible en el frente de explotación en una cantera (Fig. 8). Existen numerosos ejemplos de interesantes estructuras sedimentarias, petrológicas, tectónicas y/o de otro tipo que han sido descubiertas o han quedado magníficamente expuestas por la acción antrópica. Pero debe quedar claro que no siempre la apertura de una infraestructura lineal o una explotación a cielo abierto son positivas para la geoconservación, al revés, estas actividades pueden destruir elementos muy importantes del patrimonio geológico y, por este motivo, deben contemplarse en la gestión relacionada con su conservación.

Por último, otra característica muy habitual en el patrimonio geológico es que la distribución territorial de los LIG suele mostrar una localización irregular y en muchos casos una marcada diseminación (espacios dispersos y de pequeña extensión), o por el contrario, una alta concentración de varios puntos en un mismo sector y muy pocos en el resto del área.

### 4-¿A qué llamamos geodiversidad y qué es la geoconservación?

Como se comentó en la introducción, en los últimos años el término patrimonio geológico ha ido ganando popularidad y, junto a él, otros términos relacionados con los que a veces hay confusión. Han sido denominados de manera informal como



Fig. 8. A veces las transformaciones antrópicas dejan al descubierto increíbles afloramientos geológicos. Valverde del Júcar (Cuenca).

las nuevas 5 G de la geología, y son: patrimonio geológico (geopatrimonio sería la traducción literal de su acepción en inglés, pero en español no se utiliza este término que es una mala traducción), geodiversidad, geoconservación, geoturismo y geoparques.

El patrimonio geológico estaría formado por el conjunto de lugares de interés geológico de un territorio, al que habría que sumar el patrimonio geológico mueble, es decir, el que está extraído de su lugar original y o bien se custodia en algún museo o centro de investigación públicos, o bien ha pasado a formar parte de colecciones privadas. Con el término patrimonio geológico hay bastante uniformidad en las definiciones existentes, si exceptuamos el hecho de que en ocasiones se introducen en él aspectos históricos o culturales, gestionados desde otros ámbitos y bajo otras normas legales.

Sin embargo, con el término geodiversidad existe más diversidad de opiniones. Fundamentalmente hay dos enfoques: los que consideran que la geodiversidad es la variedad de elementos geológicos existentes como producto y registro de la evolución de la Tierra (Gray, 2004, 2008, 2013) en equivalencia al sentido más generalista del término biodiversidad; y los que consideran que es el análisis de la variedad geológica de un territorio (Semeniuk, 1997; Carcavilla *et al.*, 2008; Nieto, 2001). La diferencia entre ambas concepciones radica en que para los primeros la geodiversidad es una propiedad global, mientras que para los segundos es una propiedad de un territorio en concreto y se expresa generalmente en términos estadísticos.

El problema de la primera acepción es que en la mayoría de los casos en los que se usa podría sustituirse por la palabra geología, es decir, es un término quizá no necesario, pero de claro éxito por su equivalencia con el de biodiversidad, que tiene los mismos problemas conceptuales. El problema del segundo enfoque es que resulta complejo realizar un análisis de diversidad de elementos cuando estos tienen una naturaleza muy variada.

Al margen, hay otras definiciones centradas en aspectos edafológicos (Ibáñez, 1990, primera referencia de un autor español al respecto), esencialmente geográficos incluyendo aspectos como el clima o los usos del suelo (Serrano y Ruiz Flaño, 2007a,

b) o basadas en el análisis de la heterogeneidad del relieve de un territorio (Benito-Calvo, 2009). Incluso esto ha llevado a definir el término geomorfodiversidad, para evitar confusiones (Panizza, 2009). Lo que queda claro es que diversos autores reúnen bajo el término geodiversidad distintos elementos, así que sin querer entrar en discusión, recomendamos aquí utilizar la definición de geodiversidad aprobada por la legislación española, que la considera sinónimo de diversidad geológica (art. 3.18 de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre).

Como ya se ha anticipado, la palabra geoconservación (Fig. 9) tiene dos acepciones. Una, que sería la geoconservación en sentido estricto, considerada como el conjunto de acciones, técnicas y medidas encaminadas a asegurar la conservación (incluyendo la rehabilitación) del patrimonio geológico, basándose para ello en el análisis de sus valores intrínsecos, su vulnerabilidad y su riesgo de degradación (Carcavilla *et al.*, 2012). La segunda acepción es la que considera que la geoconservación es la disciplina científica que aborda todos los aspectos relacionados con el patrimonio geológico (Henriques *et al.*, 2011).

Por su parte, han surgido también dos nuevos términos referidos a las aplicaciones turísticas del patrimonio geológico (Fig. 10). Por un lado, la palabra geoturismo se refiere a la estrategia de promoción turística basada en ofrecer recursos que permitan al visitante conocer aspectos relacionados con la geología de un territorio, más allá de su disfrute visual o estético (Carcavilla *et al.*, 2012). Numerosos trabajos profundizan en este tema (Hose, 2006, 2008, 2012; Dowling y Newsome, 2008; Carcavilla *et al.*, 2011). Este concepto también ha sido objeto de diferentes interpretaciones, ya que aunque ha sido utilizado desde hace décadas por especialistas en Ciencias de la Tierra para referirse al turismo geológico (se han organizado incluso congresos internacionales al respecto), no todo el mundo acepta dicho significado. Por ejemplo, la empresa *National Geographic* empezó a utilizarlo como nombre para un producto turístico basado en las características geográficas y que “sostiene o enriquece el carácter geográfico de un lugar y su ambiente, patrimonio, estética, cultura y el bienestar de sus habitantes” (Tourtellot, 2011). El problema es que, para muchos,

Fig. 9. La geoconservación abarca también el seguimiento del estado de conservación de los LIG, lo que a veces implica la instalación de sensores e instrumentos para su monitorización. El recuadro rojo marca el lugar de la foto de detalle (derecha). Parque Nacional de Cabañeros.





Fig. 10. Algunos elementos geológicos constituyen reclamos turísticos de primer orden, famosos en el mundo entero. Cataratas de Iguazú (Argentina-Brasil).

esta definición carece totalmente de sentido, ya que todo lo que dice está implícito en la propia definición de turismo o incluso en la de ecoturismo (o turismo de naturaleza). Sea como sea, el caso es que queda claro que los elementos geológicos pueden constituir un importante reclamo turístico, ya sea en áreas en las que ese patrimonio sea su principal valor, como en otras donde complementen a otro tipo de recursos, como en áreas protegidas (Gutiérrez-Marco, *et al.*, 2013).

Por último, los geoparques o parques geológicos (Fig. 11) han surgido en la última década como iniciativas para promover el desarrollo local utilizando el patrimonio geológico como eje fundamental, relacionándolo con otro tipo de recursos naturales y geológicos y basándose sobre todo en el geoturismo (Eder y Patzak, 2004; ver también artículo de Fernández-Martínez *et al.*, en este mismo monográfico). Actualmente, el programa Geoparques está auspiciado por la UNESCO y se extiende por todo el mundo, aunque de momento alcanza su mayor desarrollo en Europa (60 geoparques) y en China (31 geoparques).

## 5- ¿Todos los tipos de patrimonio geológico son iguales?

A menudo se habla de patrimonio paleontológico, patrimonio geomorfológico, patrimonio mineralógico y así un largo etcétera. No es de extrañar,

ya que la geología es una ciencia que cubre un gran abanico de materias a tratar. Las ciencias de la Tierra han llegado a tal grado de especialización que difícilmente una misma persona puede dominar varios campos de investigación. En el caso del patrimonio geológico, esto se traduce en que a menudo se realicen estudios parciales enfocados a ciertas disciplinas. Los estudios de este tipo tienen su interés, pero no debe perderse de vista que forman parte del patrimonio geológico en conjunto y, por lo tanto, en su estudio deben adoptar la metodología general de investigación, adaptándola, eso sí, a las características de la disciplina a investigar. Entre todos estos estudios “parciales” del patrimonio geológico, hay dos que destacan por su problemática particular (el patrimonio paleontológico y el mineralógico) y uno por su desarrollo independiente (patrimonio geomorfológico).

El patrimonio paleontológico podría ser definido como el conjunto de restos directos e indirectos de organismos que se han conservado en el registro geológico y al cuál se le ha asignado un valor científico, didáctico o cultural (Carcavilla *et al.*, 2012; Morales, 1996, 2010). No se trata solo de huesos, moldes o rellenos de conchas y caparazones, sino que también se incluyen las muestras de actividad vital de los organismos (llamados icnofósiles) como huellas y marcas de movimiento y locomoción, madrigueras, nidos, puestas de huevos, señales de reptación y galerías de alimentación o incluso los excrementos, llamados coprolitos. El interés científico de los fósiles viene dado por muchos factores entre los que se encuentra el tipo de fosilización experimentado, la edad del yacimiento, el estado de conservación, la diversidad, la asociación con restos arqueológicos o el hecho de ser localidades-tipo (lugares donde primero se encontró una determinada especie fósil). También puede deberse a criterios geológicos (porque sirven para reconstruir la historia geológica del lugar), tafonómicos (porque sirven para entender los procesos de fosilización), bioestratigráficos (porque sirven para ordenar los estratos en función de su antigüedad deducida por su contenido en fósiles) o paleoecológicos (porque sirven para estudiar las relaciones entre los organismos y su ambiente), entre otros.

La particularidad del patrimonio paleontológico viene dada porque muchos de sus componentes no

Fig. 11. Los geoparques constituyen excelentes iniciativas para la conservación y divulgación del patrimonio geológico. En la actualidad existen 9 en España. Izquierda: panel anunciador de entrada en el geoparque de Sobrarbe (Huesca). Derecha: panel interpretativo en este mismo geoparque.



son lugares, sino ejemplares singulares (Fig. 12). Las técnicas de investigación paleontológica exigen, en la mayoría de los casos, extraer el fósil y estudiarlo en un laboratorio, lo cual supone una modificación irreversible. Es lo que se denomina patrimonio geológico mueble, es decir, extraído de su lugar original y que pasa a custodiarse o conservarse *ex situ* como parte de una colección de fósiles museística o científica. Por su parte, el patrimonio paleontológico inmueble estará formado por yacimientos y secciones con un interés especial desde el punto de vista de su registro fósil, ya sea por su especial conservación, singularidad, abundancia, diversidad o importancia científica (edad del yacimiento, origen histórico, material o localidad tipo, etc.). Es evidente que la gestión de un fósil perteneciente a la colección custodiada en un museo no se parece en nada a la de un yacimiento situado en un contexto natural. La problemática de conservación es totalmente diferente, las posibilidades de investigación y divulgación también lo son, y las normativas legales que rigen su gestión son así mismo distintas. Por eso es tan importante la distinción entre patrimonio geológico (en general, incluyendo el paleontológico) mueble e inmueble. Por último, y como más adelante se comentará, la protección del patrimonio paleontológico en España está amparada bajo una doble legislación: la medioambiental (conservación del patrimonio natural) y la cultural (conservación del patrimonio histórico-artístico).

Por su parte, el patrimonio mineralógico también posee particularidades singulares, muchas de ellas comunes a las del patrimonio paleontológico. La mayoría de sus ejemplares singulares han sido extraídos de su lugar de origen. Y también, una vez extraídos, su gestión posee particularidades especiales que lo diferencian de la gestión de un elemento geológico *in situ*, como pueda ser una serie estratigráfica o una cascada. Pero también hay patrimonio mineralógico inmueble, constituido por los yacimientos minerales, que pueden poseer interés geológico por sí mismos, al margen del valor o calidad de los ejemplares extraídos de ellos.

Por último, el patrimonio geomorfológico ha experimentado en los últimos años un notable impulso, especialmente en el panorama internacional (p. je. Reynard *et al.*, 2009) lo cual es siempre grato. Sin embargo, es preocupante que ese impulso, en algunos casos, haya sido al margen del resto del patrimonio geológico, obviando trabajos metodológicos de referencia imprescindibles. Incluso ha

desarrollado su propia nomenclatura, con términos y traducciones poco afortunadas como “geomorfositos”. Posiblemente este hecho sea consecuencia del estrecho vínculo que guardan los rasgos geomorfológicos del territorio con el recurso paisaje, un elemento fundamental y altamente valorado del patrimonio natural, pues además de definir sus rasgos más característicos, las formas del relieve o *landforms*, la geomorfología controla directamente la distribución, calidad, espesor y humedad del suelo, la altitud, la pendiente, la orientación e insolación de las laderas y, en consecuencia, controla indirectamente otros elementos principales del paisaje como son las masas de agua, los usos del suelo y la vegetación natural. Además, la geomorfología facilita una visión holística y sintética del medio natural, lo que le confiere de un interés añadido como herramienta de análisis integrador del territorio. Pero hay que tener en cuenta que esas peculiaridades son, en cuanto a su relación con el paisaje, de carácter extrínseco a su propia naturaleza como patrimonio geológico y, en cuanto a su capacidad de síntesis y análisis, de carácter meramente instrumental. No implican por tanto que sean necesarios criterios de valoración y gestión diferenciados con respecto a los demás elementos del patrimonio geológico. Por todo ello, es de esperar que, en breve, haya una mayor confluencia entre ambas líneas de trabajo, ya que no tiene sentido diferenciarlas más que como resultado de un estudio temático, especialmente porque, a diferencia de los casos del patrimonio paleontológico y mineralógico, el geomorfológico no requiere de ningún tipo de valoración, protección o gestión especial que lo diferencie del resto del patrimonio geológico.

## 6- ¿Cómo se gestiona el patrimonio geológico?

Una vez identificados los lugares de interés geológico, se podría pretender garantizar su conservación a ultranza creando reservas integrales a las que nadie pudiera acceder. Pero el objetivo es que la población pueda disfrutarlos, emocionarse con la visita y crecer intelectualmente. Así que, como en todo patrimonio comunitario (el privado funciona de otra manera), la gestión del geológico tiene dos objetivos intrínsecos: (1) asegurar la preservación de los bienes que lo constituyen, permitiendo su legado a generaciones venideras y (2) aprovechar su potencial y utilizarlo para el disfrute de la población, incluyendo incluso la posibilidad de su utilización

Fig. 12. El patrimonio paleontológico posee particularidades que le hacen un caso especial dentro del patrimonio geológico, ya sea como yacimientos *in situ* (izquierda) o como elementos de tipo mueble (derecha).





para promover el desarrollo socioeconómico de un territorio (Carcavilla, 2012). Nunca se deben perder de vista estos dos objetivos cuando se trabaje en patrimonio geológico, cuya combinación no siempre es fácil y, si bien el primero de ellos debe invariablemente cumplirse, el segundo sólo lo será cuando no entra en conflicto con el anterior y si realmente tiene potencial para ello.

El conjunto de acciones a realizar para cumplir estos dos objetivos puede resumirse en un puzle de cuatro piezas (Fig. 13) que reflejan los ejes fundamentales de actuación que parten de un imprescindible buen conocimiento geológico del territorio (Carcavilla, 2012). La primera de estas piezas se refiere a la realización de inventarios. Es lógico que sea el primer paso, imprescindible, porque es imposible gestionar un recurso si no sabemos cómo es, dónde está y qué importancia tiene. La segunda pieza se refiere a la legislación. Contar con un marco legal que apoye y garantice la geoconservación es imprescindible, porque la educación y las buenas intenciones no valen, sino que si se quiere garantizar la conservación de un lugar lo mejor es establecer una normativa que regule su protección y gestión (para más información sobre legislación e inventarios se recomienda ver el artículo de Díaz-Martínez *et al.*, en este mismo volumen de la revista).

La tercera pieza es la que podríamos llamar geoconservación *sensu stricto*, ya que se refiere a las acciones concretas de actuación. Es decir, una vez que conocemos nuestro patrimonio geológico y contamos con herramientas legales para su protección, el tercer paso se centra en aplicar ese marco legal y en trabajar para hacer efectivas todas las acciones que aseguren la conservación del lugar. Y la cuarta y última pieza se refiere a las acciones referidas a la utilización del patrimonio geológico para el disfrute y beneficio de la sociedad, como la investigación, la didáctica, la divulgación, y el turismo.

Para que la gestión sea realmente sea eficaz, este puzle de cuatro piezas debe completarse en el orden descrito. Buscar atajos o saltarse alguno de

estos pasos puede generar beneficios a corto plazo, pero casi con toda seguridad el proyecto carecerá de la solidez necesaria e incluso podría poner en peligro el recurso geológico en cuestión. Por ejemplo, divulgar antes de garantizar la protección casi seguro pondrá en peligro el propio lugar; legislar sin un inventario previo puede provocar que las leyes no se ajusten a la naturaleza y necesidades del recurso a gestionar; o proteger sin un inventario previo puede provocar que no actuemos sobre los lugares más relevantes o amenazados, sino sobre los más populares o conocidos, perdiendo otros que pueden ser más valiosos.

### 7- ¿Qué leyes protegen el patrimonio geológico?

Son varias las normas legales que proporcionan cobertura legal al patrimonio geológico pero el entramado legal es relativamente complejo, por lo que a ello se dedica una pieza completa del puzle de la Fig. 13. Además en los últimos años este marco legal ha cambiado notablemente, al menos en España (Díaz-Martínez *et al.*, 2008, 2013).

Lo primero que debe tener un marco legal eficaz para la geoconservación es que debe estar adaptado para dar respuesta a los problemas de gestión del patrimonio geológico, y no al revés. Hasta que fue aprobada la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, la legislación de conservación de la naturaleza, prácticamente, obviaba el patrimonio geológico. Por suerte, dicha Ley ha cambiado bastante la situación. Ya se vio en el puzle que las dos primeras fichas eran inventarios y legislación. La Ley 42/2007 obliga a hacer inventarios y, al tiempo, dice que los lugares inventariados estarán protegidos. Es decir, “blinda” ambas fichas. No existe otro país con una legislación similar tan favorable para la geoconservación. Sin embargo, dada la juventud de la Ley 42/2007, la geoconservación sigue sin estar del todo implantada en las políticas de protección del medio natural de muchas comunidades autónomas (ver el artículo de Díaz-Martínez *et al.*, en este mismo volumen). Fundamentalmente porque es una normativa nacional de referencia muy ambiciosa y compleja, que requiere decretos que la desarrollen y especifiquen los mecanismos para ponerla en práctica. El futuro nos mostrará si esta nueva norma legislativa nacional es realmente tan eficaz como promete, pero de momento ha dado un paso de gigante.

La Ley 42/2007 no es la única normativa que regula la geoconservación. Hay otras que, sin hacer mención expresa, pueden tener cierta relación con ella: la Ley 5/2007, de 3 de abril, de la Red de Parques Nacionales, la Ley 45/2007, de 13 de diciembre, para el desarrollo sostenible del medio rural, la legislación de costas, la del agua o las normativas relativas a evaluación del impacto ambiental... Todas ellas tienen una relación más o menos directa con el patrimonio geológico, por lo que constituyen herramientas válidas para la geoconservación, aunque en muchos casos sean mejorables.

Todo este entramado legal sirve para establecer normas que velen por la geoconservación. Y el sistema más importante, extendido y eficaz para la conservación de la naturaleza es la declaración de

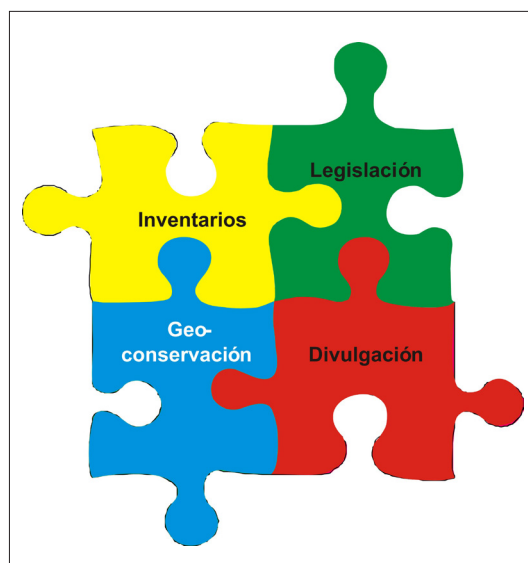


Fig. 13. Puzle que reúne las principales acciones implicadas en la geoconservación.

Fig. 14. Uno de los mecanismos más eficaces de geoconservación es la declaración de áreas protegidas. Una labor importante de los geólogos es desarrollar o asesorar para que las normas legales contemplan el patrimonio geológico. Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido (Huesca).



áreas protegidas (Fig. 14). En ellas se establece un régimen jurídico, unos objetivos de conservación y un sistema de gestión que garantice la compatibilidad entre los objetivos de conservación establecidos y los usos del territorio permitidos.

Un caso especial en el contexto legal es el constituido por el patrimonio paleontológico, del que se comentó su dualidad legislativa ya que puede estar regulado tanto por la vertiente de conservación de la naturaleza como por la del patrimonio histórico-cultural (Ley 16/1985, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español). Por ejemplo, las icnitas de dinosaurio son Monumento Natural en Asturias y Bien de Interés Cultural en La Rioja. A pesar de este ejemplo, la dualidad no es tal porque, en la mayoría de los casos, se regula desde la vertiente cultural. De nuevo en la base del problema está el desconocimiento o el poco rigor a la hora de aplicar los conceptos.

La problemática que afecta al patrimonio paleontológico no es exclusiva del estado español, sino que esta situación se repite en muchos otros países. Los fósiles (en todas sus tipologías) son elementos naturales y nunca se deben a la acción humana, que no participa en los procesos físico-químicos que dan lugar a la fosilización. Por ello, desde el punto de vista conceptual, nunca deberían ser protegidos por la legislación referida al patrimonio histórico-artístico. No obstante, este error conceptual no significa que deba eliminarse la protección del patrimonio paleontológico actualmente regulado por la legislación histórico-cultural. Por suerte, en muchas comunidades autónomas el patrimonio paleontológico se ha legislado específicamente y la situación ha mejorado, pero en otros casos es un problema que, casi 30 años después de aprobación de la Ley 16/1985, sigue estando vigente.

### 8- ¿Es el patrimonio geológico una disciplina nueva de las Ciencias de la Tierra?

Como se dijo en la introducción, en realidad, el término patrimonio geológico se viene utilizando desde hace varias décadas. Baste decir que en España su estudio sistemático empezó en la década de 1970 (Durán *et al.*, 2005). En otros países considerados pioneros en esta línea de trabajo como Gran Bretaña, también se iniciaron en épocas similares. Un momento clave para el impulso de este tipo de estudio tuvo lugar en el año 1991, al celebrarse en la localidad francesa de Digne la primera reunión internacional de geoconservación. Con el nombre de *Primer congreso internacional de conservación de*

*nuestro patrimonio geológico*, contó con la participación de más de 100 especialistas procedentes de 30 países. Como colofón a dicha reunión, se redactó un comunicado denominado *Declaración internacional sobre los derechos de la memoria de la Tierra*, que resume lo esencial de esta mentalidad geoconservacionista (Martini y Pagès, 1994) y en el que se insta a los gobiernos a poner en práctica todas las medidas legales, financieras y organizativas que pudieran ser necesarias para la conservación.

Pero lo realmente interesante es que, para que una parte de los geólogos estudien y trabajen en geoconservación, ha sido necesario afrontar una larga evolución desde las etapas iniciales de esta ciencia. No hay que olvidar que más que la curiosidad y el afán científico, el verdadero detonante que impulsó el desarrollo de la geología en la sociedad fue de índole económica: la necesidad, durante la Revolución Industrial, de una herramienta científica y técnica que permitiera la predicción de la localización de nuevos recursos minerales (Álvarez Muñoz, 2004). Se necesitaban materias primas y se precisaba saber dónde encontrarlas. Era necesario poder deducir la disposición de las capas geológicas y saber cartografiarlas para ahorrar tiempo y esfuerzos (es decir, dinero). Además, para poder trazar nuevas carreteras, ferrocarriles, puertos y túneles, era necesario conocer el sustrato sobre el que se asentaban las nuevas infraestructuras. Las dificultades a las que debían enfrentarse la minería y la ingeniería podían ser solucionadas mediante los fundamentos científicos de la geología, pasando de un empirismo minero (basado en la intuición, observación y ensayo-error) a una ciencia aplicada. La geoconservación (y la conservación de la naturaleza en general), como se puede deducir, no era una prioridad para la mayoría de los científicos ni para la sociedad de la época.

Desde entonces, en los poco más de 200 años de historia de ciencia geológica como tal, mucho han cambiado los planteamientos de los geólogos, de los ingenieros y de la sociedad en general. La geología es, actualmente, una ciencia muy compartimentada, con numerosos campos de especialización. Frente al citado enfoque inicial, exclusivamente productivista, la geología actual abarca muchos otros campos que incluyen desde el estudio de otros planetas hasta el análisis de la relación entre los procesos geológicos y el ser humano.

La sociedad actual considera un derecho, una necesidad y un deber proteger el medio ambiente, promover un desarrollo sostenible y dejar para las generaciones futuras un entorno bien conservado. En este contexto, la geología ambiental se ha ido especializando para dar lugar a la geoconservación, menos instrumentalista aún y en la que el ser humano deja de ser el protagonista o el eje a partir del cual giran todos los enfoques. Más que una disciplina científica se trata de una línea de trabajo que busca, desde el conocimiento geológico, promover la conservación de los recursos naturales y la adecuada gestión de los mismos. En este contexto se sitúan las 5 G antes mencionadas.

Un buen ejemplo para entender el cambio de mentalidad necesario para pasar de la geología productiva al concepto de patrimonio es reflexio-



Fig. 15. El patrimonio geológico engloba lugares de dimensiones y naturaleza muy diferentes pero que comparten el hecho de tener un valor científico, educativo o recreativo que los hace ser vistos como un recurso. Izquierda: anticlinal de Boltaña y Foz de Jánovas (Huesca). Derecha: fósil de un chesmódido, un delicado insecto acuático (parecido a un "zapatero" actual) del Cretácico encontrado en la yacimiento paleontológico de Las Hoyas (Cuenca).

nar sobre cuál es el significado para la sociedad actual del término recurso geológico. Si consultáramos algún libro de los años 90 (o, por desgracia, incluso alguno actual) serían "los materiales que se extraen de la Tierra para ser utilizados con diversos fines para la obtención de materias primas". La productividad es el eje de esta definición, según la cual un recurso lo será en función de su utilidad práctica, de manera que las subidas y bajadas de precio en el mercado justifican lo que es rentable y lo que constituye un recurso o no. Sin embargo, el nuevo enfoque proporcionado por la geoconservación entiende que ciertos elementos geológicos tienen valor por sí mismos, al margen de los beneficios económicos derivados de su explotación y que, por ello, constituyen un recurso (Fig. 15) (para una aproximación al tema, ver el artículo 6 de este monográfico, Fernández-Martínez *et al.*). Al igual que se protege un bosque por los servicios ecológicos que proporciona (protección del suelo, retención del agua, paisaje, oxígeno, sumidero de gases de efecto invernadero, refugio de especies y biodiversidad, etc.) a pesar de los posibles beneficios obtenidos de la venta de su madera y ocupación de su espacio para la urbanización, se entiende que ciertos elementos geológicos deben ser salvaguardados por su valor natural y los servicios ecológicos (como soporte de hábitats singulares), científicos, didácticos y de disfrute en general que brindan a la sociedad. Y ese es precisamente su interés como recurso, al margen de su cotización económica en el mercado.

Entonces, ¿dónde se enmarca la geoconservación en la Geología? Pues sin duda se trata de una disciplina técnica, que forma parte de la geología ambiental, y que se nutre de la información obtenida por la ciencia básica, pero también por otras disciplinas técnicas como la cartografía geológica. Sin investigación básica es imposible conocer e identificar el patrimonio geológico de un territorio, pero al mismo tiempo, sin geoconservación no es posible avanzar en la ciencia.

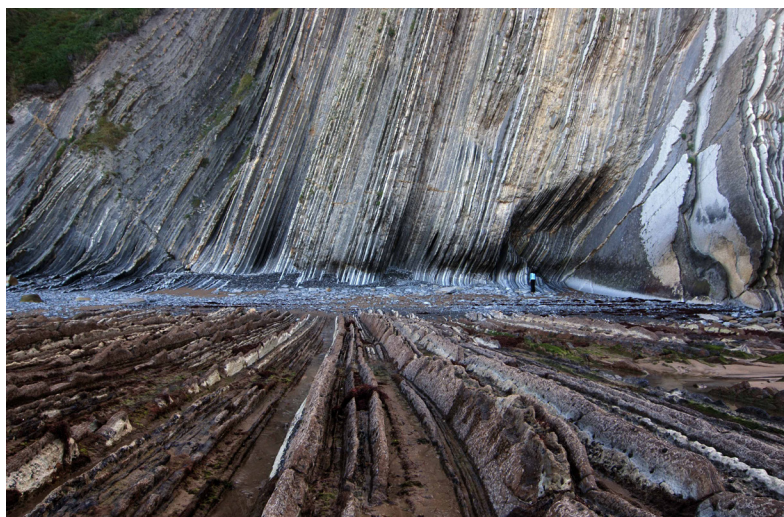
### 9- ¿Tiene España un patrimonio geológico notable?

España es un país privilegiado desde el punto de vista del patrimonio geológico, porque reúne dos características excepcionales: abundancia de afloramientos de gran relevancia científica y mucha diversidad. Es decir, un patrimonio geológico numeroso y una alta geodiversidad (Fig. 16). Pero

además, el patrimonio geológico español tiene dos particularidades que lo hacen destacar aún más: muchos de estos lugares de interés geológico son fácilmente observables, porque la vegetación no los oculta y se encuentran en buen estado de conservación; y, por si fuera poco, a menudo dan lugar a afloramientos especialmente bellos y estéticos. Si a esto sumamos que España es una potencia turística (tercer país en número de visitas turísticas, por detrás de Francia y EEUU) se desprende que el potencial geoturístico es muy alto en nuestro país. Muchas experiencias turísticas y los propios geoparques así lo demuestran.

Una prueba del enorme y variado patrimonio geológico español lo constituye el listado del proyecto *Global Geosites*, que reúne los lugares de interés geológico españoles de relevancia internacional (García-Cortés, 2008; Carcavilla y Palacio, 2010). En dicho proyecto se identificaron 20 contextos geológicos de relevancia internacional y 144 lugares de interés geológico repartidos en 215 enclaves, que constituyen la primera aproximación para definir el patrimonio geológico español de relevancia internacional. Dicho listado fue incluido en el Ley 42/2007, de 13 de diciembre, lo que le confiere un carácter de catálogo oficial. A finales de 2013, una revisión de dicho listado por petición de diversos investigadores y de la Junta de Andalucía tuvo como resultado la inclusión en el listado de un nuevo contexto geológico y la modificación y ampliación de algunos de los ya existentes.

Fig. 16. España posee un rico y variado patrimonio geológico, en muchos casos de relevancia internacional, como la costa de Zumaia (Guipúzcoa), único lugar del mundo donde se han establecido dos estratotipos de referencia internacional para la historia del planeta (*Global Boundary Stratotype Section and Point, GSSP*).



### 10- ¿Puede el patrimonio geológico constituir un recurso para el aula?

No sólo puede constituir un recurso, sino que debería utilizarse como tal. Es más, el potencial didáctico de un afloramiento es uno de los aspectos que se tienen en cuenta para considerarlo lugar de interés geológico (Fig. 17). Este potencial es el que se utiliza para el diseño de actividades divulgativas, generalmente en el ámbito no formal (rutas, paneles, guías, etc.).

Si preguntásemos a un conjunto de alumnos por los monumentos españoles más importantes, casi seguro obtendríamos como respuesta una larga lista. Pero si les planteásemos la misma cuestión referida a los principales lugares del patrimonio geo-

lógico español, ¿sabrían responder? Seguramente no. Aquellos que sí se aventuraran a responder es muy posible que en su contestación hicieran referencia a algunos lugares de gran interés escénico o paisajístico, en los cuales la geología juega un papel indispensable (cuando no se refirieran a yacimientos arqueológicos que confundieran con paleontológicos). Pero probablemente, más allá de su espectacularidad, de su belleza, no sabrían explicar el porqué de la importancia de estos lugares.

Sin embargo, España posee un rico y variado patrimonio geológico, un valor natural digno de ser conocido como una característica más que define y caracteriza a nuestro territorio, tremendamente diverso desde el punto de vista geológico y que supone un activo más para disfrutar de la naturaleza que nos rodea. Mientras que este patrimonio no sea conocido, difícilmente será reconocido, paso esencial para garantizar su conservación a corto, medio y largo plazo. Y este trabajo, para su justo reconocimiento, debe realizarse también desde la educación formal, tanto en el aula como en las visitas al campo, como garantía de conservación en el futuro (Van Loon, 2008)

Ya existen experiencias de utilización del patrimonio geológico en el aula (p.ej. Belmonte, 2011 que recibió en 2009 el premio Félix de Azara de la Diputación de Huesca por su carácter innovador). Incluso algunos libros de texto ya reflejan aspectos relacionados con el patrimonio geológico y la geodiversidad (p.ej. Carrascosa, 2012; Álvarez *et al.*, 2009). Algunos proyectos buscan precisamente identificar el potencial del patrimonio geológico como herramienta didáctica en el aula o en las salidas de campo (Calonge *et al.*, 2012; en este monográfico, ver también los artículos de Fuertes Gutiérrez y Fernández Martínez, y de Adrados). El uso de nuevas tecnologías como aplicaciones para móvil (Biblióni, 2013; Hilarío *et al.*, 2013), o geocaching (Gutiérrez-Pérez y López-Moreno, 2013) puede ayudar a conectar con el público joven, más atraído y acostumbrado a este tipo de medios combinado competencias relacionadas con el conocimiento de Ciencias de la Tierra y el uso de tecnologías digitales.



Fig. 17. El patrimonio geológico constituye un interesante herramienta para la difusión de la geología, ya sea en el marco de la educación formal como de la no formal, y tanto en el campo como en el aula como en los museos.

## CONCLUSIONES

El patrimonio geológico está formado por elementos geológicos que presentan una especial singularidad debido, fundamentalmente, a su interés científico y/o didáctico. Su estudio ha experimentado un notable impulso en los últimos años, lo que se ha traducido en un reflejo importante en aspectos prácticos como el desarrollo de inventarios, su inclusión en normas legales y en el desarrollo de programas como Geoparques. Pero también en aspectos conceptuales, creándose términos como geoconservación, geodiversidad y geoturismo.

El estudio del patrimonio geológico se enmarca en un complejo contexto al ser una disciplina técnica cuyo objetivo final es la conservación y aprovechamiento sostenible de los lugares de interés geológico. La metodología de estudio del patrimonio geológico se basa en cuatro tipos de acciones: realización de inventarios, desarrollo de legislación que apoye su protección, geoconservación y divulgación. En los últimos años se han publicado numerosos artículos que sirven para explicar los detalles del trabajo en patrimonio geológico, así como un buen número de obras divulgativas que sirven para preparar la visita a lugares de interés geológico. Con este tipo de herramientas, el patrimonio geológico puede constituir una importante herramienta para el diseño de actividades de divulgación tanto en el ámbito no formal como en formal en las diferentes asignaturas con contenidos geológicos que hay en los currículos de enseñanza secundaria. De esta forma, con la utilización del patrimonio geológico en la enseñanza no sólo conseguiremos transmitir al alumnado unos conocimientos geológicos sino también inculcar el valor de los lugares donde han quedado registrados y la necesidad de conservarlos.

## AGRADECIMIENTOS

A Marta Perruca Hurtado y Ángel Salazar por la revisión del manuscrito y la propuesta de mejoras técnicas y gramaticales.

## BIBLIOGRAFÍA

Alonso, J. y Díez-Herrero, A. (2007). *Paseo geológico por los alrededores de la ciudad de Toledo*. Diputación de Toledo, 91 p.

Álvarez, R., Pascual, J.A., Renard, P., Tirado, J. y Villaescusa, C. (2009). *Ciencias de la Tierra y Medio ambientales*. Editorial SM, 418 p.

Álvarez Muñoz, E. (2004). *Filosofía de Ciencias de la Tierra. El cierre categorial de la geología*. Biblioteca Filosofía en español, 355 p.

Belmonte, A. (2011). Apadrina un P.I.G.: El patrimonio geológico como recurso didáctico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.2, 210-214.

Benito-Calvo, A., Pérez-González, A., Magri, O. y Meza, P. (2009). Assessing regional geodiversity: the Iberian Peninsula. *Earth Surface Processes and Landforms*, 34, 1433-1445.

Bibiloni, A., Mateos, R.M., Sevillano, A., López, J.M. y Cantón, J.L. (2013). El patrimonio geológico de Mallorca en

los dispositivos móviles. [http://www.igme.es/internet/patrimonio/novedades/LetItGuide\\_GeoMallorca.pdf](http://www.igme.es/internet/patrimonio/novedades/LetItGuide_GeoMallorca.pdf). Última consulta 25 de marzo de 2014

Brilha, J. (2005). *Património geológico e geoconservação. A conservação da natureza na sua vertente geológica*. Universidade do Minho, 190 p.

Brocx, M. y Semeniuk, V. (2007). Geoheritage and geoconservation. History, definition, scope and scale. *Journal of the Royal Society of Western Australia*, 90, 53-87.

Calonge, A., López Carrilo, D., Meléndez, G. y Fermeli, G. (2012). Geoschools: el reto de mejorar la enseñanza de la geología en la educación secundaria europea. En: Sarmiento, G., Cantano, M., Almóvar, G. (Eds.) *Comunicaciones del XVII del Simposio sobre Enseñanza de la Geología*. Universidad de Huelva – AEPECT, 48-53.

Carcavilla, L. (2012). *Geoconservación*. Editorial La Catarata - Instituto Geológico y Minero de España, 126 p.

Carcavilla, L., Belmonte, Á., Durán, J.J. e Hilario, A. (2011). Geoturismo: concepto y perspectivas en España. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.1, 81-94.

Carcavilla, L., Delvene, G., Díaz-Martínez, E., García-Cortés, Á., Lozano, G., Rábano, I., Sánchez, A. y Vegas, J. (2012). *Geodiversidad y patrimonio geológico* (Segunda edición). Instituto Geológico y Minero de España (IGME), 21 p. [http://www.igme.es/internet/patrimonio/novedades/Folleto\\_Patrimonio2edicion.pdf](http://www.igme.es/internet/patrimonio/novedades/Folleto_Patrimonio2edicion.pdf). Último acceso 25 de marzo 2014.

Carcavilla, L., Durán, J.J. y López-Martínez, J. (2008). Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. *Geo-Temas*, 10, 1299-1302.

Carcavilla, L., López-Martínez, J. y Durán, J.J. (2007). *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos (Cuadernos del Museo Geominero, nº 7)*. Instituto Geológico y Minero de España., 360 p.

Carcavilla, L. y Palacio, J. (2010). *Proyecto geosites: aportación española al patrimonio geológico mundial*. Instituto Geológico y Minero de España, 231 p.

Carrascosa, J.C. (Coord). (2012). *La naturaleza en nuestra Comunidad*. Ciencias de la Naturaleza. Proyecto Natura 2.0. Segundo de la ESO. Editorial Everest, 24 p.

Castaño de Luis, R., García Ortiz de Landaluze, E., García Parada, L., Molero Guerra, J. y Fernández-Martínez, E. (2011). *Fósiles urbanos de León. Recorridos paleontológicos desde el Campus de Vegazana hasta el Albéitar*. Oficina Verde - Universidad de León, 64 p.

Cendrero, A. (2000). Patrimonio geológico: diagnóstico, clasificación y valoración. En Palacio, J. (Coord.). *Jornadas sobre Patrimonio Geológico y Desarrollo Sostenible*. Ministerio de Medio Ambiente. Sociedad Española de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio, Serie Monografías, 23-38.

Cornella, A. 2012. *Fossils urbans de Barcelona*. Colegi Oficial de Geolegs Catalunya, 120 p.

Díaz-Martínez, E., Guillén Mondéjar, F., Mata Perelló, J.M., Muñoz Barco, P., Nieto, L.M., Pérez Lorente, F. y de Santisteban, C. (2008). New Spanish legislation for the protection of nature and for rural development: implications for the conservation and management of geological heritage and geodiversity. *Geo-Temas*, 10, 1311-1314.

Díaz-Martínez, E., García-Cortés, Á y Carcavilla, L. (2013). Los fósiles son elementos geológicos y el patrimonio paleontológico es un tipo de patrimonio natural. En: Vegas, J., Salazar, A., Díaz-Martínez, E. y Marchán, C (Eds.) *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo (Cuadernos del Museo Geominero, nº 15)*. Instituto Geológico y Minero de España, 583-589.

- Díez Herrero, A. y Vegas, J. (2011). *De roca a roca. Descubre el patrimonio geológico de la ciudad de Segovia*. Ayuntamiento de Segovia, 95 p.
- Díez Herrero, A., Vegas, J. y Gutiérrez-Pérez, I. (2012). Segovia: mucho más que acueducto y cochinito... pura geología. *Tierra y Tecnología*, 42, 69-69.
- Dowling, R.K. y Newsome, D. (Eds) (2008). *Geotourism*. Elsevier.
- Durán, J.J., Carcavilla, L. y López-Martínez, J. (2005). Patrimonio geológico: una panorámica de los últimos 30 años en España. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* (Sección Geológica), 100 (1-4), 277-287.
- Eder, W. y Patzak, M. (2004). Geoparks, geological attractions: a tool for public education, recreation and sustainable development. *Episodes*, 27.3, 162-164.
- Fernández-Martínez, E., Barbadillo, P., Castaño de Luis, R., Marcos, A., Preciado, J.M. y Serrano, E. (2012). *Geoturismo en la ciudad de Burgos*. Una guía de geología urbana para todos los públicos. Excelentísimo Ayuntamiento de Burgos, 101 p.
- García-Cortés, A. (Ed.) (2008). *Contextos geológicos españoles: una aproximación al patrimonio geológico español de relevancia internacional*. Instituto Geológico y Minero de España, 235 p.
- Gray, M. (2004). *Geodiversity: Valuing and Conserving Abiotic Nature*. Wiley, 434 p.
- Gray, M. (2008). Geodiversity: developing the paradigm. *Proceedings of the Geologists' Association*, 119, 287-298.
- Gray, M. (2013). *Geodiversity. Valuing and Conserving Abiotic Nature*. Wiley, 495 p.
- Gutiérrez-Marco, J.C., Rábano, I., Sá, A.A., Sarmiento, G.N., San José, M.A. y Herranz, P. (2013). LIG e itinerarios geológicos en el parque nacional de Cabañeros. En: Vegas, J., Salazar, A., Díaz-Martínez, E. y Marchán, C (Eds.) *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo (Cuadernos del Museo Geominero, nº 15)*. Instituto Geológico y Minero de España, 67-74
- Gutiérrez-Pérez, I. y López-Moreno, P. (2013). Earthcache: geocaching aplicado al descubrimiento del patrimonio geológico. En: Vegas, J., Salazar, A., Díaz-Martínez, E. y Marchán, C (Eds.) *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo (Cuadernos del Museo Geominero, nº 15)*. Instituto Geológico y Minero de España, 75-81.
- Henriques, M.H., Pena dos Reis, R., Brilha, J. y Mota, T. (2011). Geoconservation as an Emerging Geoscience. *Geoh Heritage*, 3, 117-128.
- Hilario, A., Mendiola, I. y Zulaika, J. (2013). Guía y georutas del Biotopo Litoral Deba Zumaia; diseño, formatos y niveles de información para la interpretación del Geoparque de la Costa Vasca. En: Vegas, J., Salazar, A., Díaz-Martínez, E. y Marchán, C (Eds.) *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo (Cuadernos del Museo Geominero, nº 15)*. Instituto Geológico y Minero de España, 83-93.
- Hose T.A. (2006). *Geotourism and interpretation*. En: Dowling, R. y Newsome, D. (Eds.) *Geotourism*. Elsevier, 221-241.
- Hose, T.A. (2008). *Towards a history of geotourism: definitions, antecedents and the future*. En: Burek, C. y Prosser, C.D (Eds.) *The history of geoconservation*. The Geological Society of London, Londres, Special Publication 300, 37-60.
- Hose, T.A. (2012). 3G's for Modern Geotourism. *Geoh Heritage*, 4, 7-24.
- Ibáñez, J.J., Jiménez-Ballesta, R. y García-Álvarez, A. (1990). Soil landscapes and drainage basins in Mediterranean mountain areas. *Catena*, 17.6, 573-583.
- Liccardo, A., Piekaz, G., y Salamuni, E. (2008). *Geoturismo em Curitiba*. Mineropar, 122 p.
- Martini, G. y Pagès, J. (Eds) (1994). Actes du premier symposium international sur la protection du patrimoine géologique, Digne-les-Bains, 11-16 juin 1991. *Mémoires de la Société Géologique de France*, 165, 276 p.
- Morales, J. (1996). El patrimonio paleontológico. Bases para su definición, estado actual y perspectivas futuras. En: Calvo, J.P. y Palacio, J. (Eds.) *El patrimonio geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización*. Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, 39-51.
- Morales, J. (2010). Patrimonio paleontológico. En: Querol, M.A. (Ed.) *Manual de gestión del patrimonio cultural*. Editorial Akal, 164-165.
- Nieto, L.M. (2001). Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. *Boletín Geológico y Minero*, 112.2, 3-11.
- Panizza, M. (2009). The Geomorphodiversity of the Dolomites (Italy): A Key of Geoh Heritage Assessment. *Geoh Heritage*, 1, 33-42.
- Reynard, E., Coratza, P. y Regolini-Bissig, G. (Eds.). (2008). *Geomorphosites*. Pfeil Verlag, 240 p.
- Semeniuk, V. (1997). The linkage between biodiversity and geodiversity. En: Eberhard, E. (Ed.) *Pattern & Processes: Towards a Regional Approach to National Estate assessment of geodiversity. (Technical Series No. 2)*. Australian Heritage Commission y Environment Forest Taskforce, Environment Australia, 51-58.
- Serrano, E. y Ruiz-Flaño, P. (2007a): Geodiversidad: concepto, evaluación y aplicación territorial. El caso de Tiermes Caracena (Soria). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 45, 79-98.
- Serrano, E. y Ruiz-Flaño, P. (2007b). Geodiversity. A theoretical and applied concept. *Geographica Helvetica*, 62.3, 140-147.
- Tourtellot, J. (2011). *Geoturismo para su comunidad*. National Geographic, 24 p.
- Van Loon, A.J. (2008). Geological education of the future. *Earth-Science Reviews*, 86, 247-254. ■

*Este artículo fue solicitado desde ECT el día 15 de octubre de 2013, y aceptado definitivamente para su publicación el 10 de enero de 2014.*