Hilario, A. (2026). Cien estrellas para la memoria de La Tierra. En Afonso-Carrillo, J. (Ed.), *Patrimonio Geológico. La memoria de la Tierra*, pp. 167-191. XXI Semana Científica Telesforo Bravo. Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias. Puerto de la Cruz. ISBN: 978-84-09-92546-9
https://doi.org/10.56029/SCTB2105H



5. Cien estrellas para la memoria de la Tierra

Asier Hilario

Geoparque Mundial de la UNESCO de la Costa Vasca,
Deba, Guipúzcoa.

[*Este capítulo es una transcripción de la conferencia que impartimos en el Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias en noviembre de 2025, dentro de la Semana Científica organizada en homenaje al profesor Telesforo Bravo, con el propósito de divulgar y poner en valor el Patrimonio Geológico (Afonso-Carrillo, 2026)*].

Muchas gracias a Jaime Coello por su cálida presentación y a todos los presentes por su asistencia. Es un placer para mí. Yo a las palabras de Jaime añadiría simplemente que soy geólogo porque era un chaval al que le gustaban las montañas. Vengo del País Vasco y allí tenemos muchas montañas. Desde pequeño he tenido esa curiosidad de saber qué es lo que había detrás de ellas. Comprender la arquitectura de esas montañas. ¿Por qué están ahí? ¿Qué forma tienen? ¿Por qué son diferentes? Todo eso fue poco a poco lo que me llevó a estudiar Geología. Moverme de un lado a otro descubriendo paisajes. En los últimos años he tenido la suerte de estar implicado en el programa UNESCO de geoparques, que es un programa maravilloso. Y más recientemente, en la Unión Internacional de Ciencias Geológicas, como detallaré más adelante, coordinando un programa para dar reconocimiento a los lugares más importantes del patrimonio geológico. Son los lugares geológicos más valiosos del mundo, aquellos que han servido para construir nuestra ciencia, la Geología.

Me ha hecho mucha ilusión que los hermanos Jaime y Juan Coello, la Fundación Telesforo Bravo – Juan Coello, me llamaran para participar en estas jornadas. Conozco de manera tangencial la actividad científica de

Telesforo Bravo. Admiro a las personas que tienen esa capacidad de abrir camino. De ser pioneros en una materia determinada, visionarios en algún campo, y conseguir que después los demás podamos transitar por ellos de una manera más fácil. Pienso que Telesforo fue precisamente eso, un pionero en el estudio de la geología de esta isla y de tantas otras. Que nos las ha abierto para que otros muchos podamos disfrutar con esta ciencia tan bonita.

La Geología y la protección de la naturaleza

¿Qué puede decir un geólogo sobre la Geología? Que es una ciencia absolutamente necesaria, fundamental para el desarrollo de cualquier sociedad. Lo ha sido siempre. Lo fue en el pasado, lo sigue siendo hoy y lo seguirá siendo en el futuro. Y lo es por cuestiones básicas. Porque necesitamos saber qué es lo que tenemos, dónde está y de qué manera podemos utilizar esos recursos. Aquellas civilizaciones que iban conquistando y ocupando nuevos territorios, contaban con alguien, que se parecía a lo que es hoy un geólogo, que miraba el terreno con unos ojos diferentes, y era capaz de localizar los lugares dónde había recursos, determinando si éstos tenían interés o no.

La Geología ha sido, es y será una ciencia fundamental para el desarrollo de cualquier sociedad. Además del valor de tipo económico, relacionado con la extracción de estos recursos naturales, hay un valor añadido que tiene que ver más con la cultura, con el desarrollo intelectual, y que nos permite desarrollar un aprecio que va más allá de la explotación de los recursos. Cuando preguntamos acerca de la percepción que se tiene de la Geología, es frecuente que obtengamos una valoración baja. Y con respecto a los geólogos la gente en general no sabe exactamente en qué consiste su trabajo. De modo que debemos aceptar que hemos sabido vender muy mal nuestra profesión.

Sin embargo, esa percepción cambia cuando mostramos imágenes de lugares universalmente conocidos. Fotografías de grandes iconos turísticos, que son importantes destinos para el turismo y que atraen a muchos millones de personas al año. Son lugares que mueven muchísimo dinero, que generan una identidad, sustentan su desarrollo, y son el soporte de muchísimas otras cosas. Pero sobre todo se trata de grandes elementos geológicos. De manera que, ante la pregunta ¿te interesa la Geología?, es habitual que la respuesta no sea muy alentadora, pero cuando mostramos los destinos preferidos que la gente elige para visitar en sus vacaciones, o las imágenes que muchos países emplean para publicitar sus recursos turísticos, inmediatamente comprobamos que los protagonistas son elementos geológicos de gran belleza estética. Son iconos turísticos, son economía, son identidad, son cultura e historia, son bienestar, son conservación. En resumen, son Geología.

A pesar de todo esto, entre el colectivo de los geólogos ha dominado la percepción de que en general la Geología es un pilar que se ha tenido poco en cuenta a la hora de planificar la conservación de la naturaleza. En la elaboración de los planes de ordenación de los grupos naturales, habitualmente y hasta hace poco, los elementos geológicos han tenido muy poca consideración. Sin embargo, afortunadamente eso parece que está ahora cambiando. Resulta muy curioso, puesto que la Geología fue uno de los principales soportes con los que se inició a nivel mundial el principal movimiento de conservación de la naturaleza. Fueron algunos soberbios lugares geológicos los que cimentaron la creación de los primeros parques nacionales de Estados Unidos.

Voy a recordar una cita de John Muir (1838-1914), que fue uno de los ideólogos clásicos que comenzaron a desarrollar la idea de la necesidad de proteger espacios naturales. Lo que hoy en día nos parece muy natural, como leer, por ejemplo, que un país determinado tiene espacios naturales protegidos que ocupan un 20%, un 15%, o un 10% de su territorio, es un enfoque que tuvo su origen cuando, alguien en algún momento, se le ocurrió poner en práctica la idea de la protección. Alguien reconoció la fragilidad de la naturaleza frente a las actividades humanas, y defendió que había que limitar los usos que la sociedad estaba empezando a realizar en ella para salvaguardarla. Fue una idea en aquel momento revolucionaria, pero que hoy en día nos parece de lo más razonable y normal.

La protección de la naturaleza comenzó de una manera más o menos oficial, institucional y reglada, con la creación de los parques nacionales de Estados Unidos. La cita de John Muir, uno de sus de sus padres teóricos, en una traducción del inglés, es la siguiente:

> «Interpretaré las rocas, aprenderé el lenguaje de las inundaciones, las tormentas y las avalanchas. Me pondré en contacto con los glaciares y los jardines silvestres, me acercaré tanto como pueda al corazón de la Tierra».

En ella hay una apreciación clara de los elementos geológicos del paisaje. De hecho, en los primeros parques nacionales de Estados Unidos, Yellowstone (1872) y Yosemite (1890), la Geología, constituye el elemento con principal protagonismo. Muchos de los parques que se han declarado posteriormente, como por ejemplo el Gran Cañón (1919), o muchísimos otros, siguen manteniendo esa línea. Incluso en nuestro país, parques nacionales como Ordesa y Monte Perdido o Picos de Europa, aunque cuentan con elementos bióticos muy importantes, resulta muy evidente que el paisaje geológico, abrumador en ambos casos, es lo primero que te seduce.

De manera que realmente los elementos geológicos sí que están, pero sin embargo, no se han tenido en cuenta como se debería. Ha sido habitual su ausencia en los planes de manejo y de interpretación de la mayoría de los planes rectores de uso y gestión de estos espacios protegidos.

Afortunadamente, como he señalado antes, eso está cambiando. También creo que nosotros, el colectivo de geólogos, deberíamos hacer un poco de autocrítica. A las preguntas, ¿y por qué deberíamos de proteger algunos elementos geológicos?, o ¿por qué deberíamos darle un valor especial y destinar recursos públicos a protegerlos?» Hay varios motivos para defender una respuesta entusiastamente afirmativa. Pero el principal es porque los elementos geológicos, el patrimonio geológico, representa la historia de la Tierra. Constituye la memoria de la Tierra y nosotros necesitamos comprenderla bien para entender cómo funciona el sistema Tierra donde vivimos.

Vengo de un geoparque, el «Geoparque Mundial de la Unesco de la Costa Vasca», en el que es posible caminar por unos estratos de sedimentos magistralmente alineados, lo que significa que literalmente uno camina sobre líneas de estratos que difieren entre si unos 10 000 años. De manera que interpretar el lenguaje de las rocas es entender el «tiempo profundo», concepto geológico que describe la inmensa escala temporal de la historia de la Tierra, estimada en unos 4600 millones de años (Ma). El tiempo profundo me parece que es el concepto más importante que la Geología ha aportado la cultura moderna. Va mucho más allá que la pura geología, porque entender el significado del tiempo profundo es comprender que los paisajes cambian. Igual que las naciones van y vienen, los paisajes también van y vienen. La geografía cambia, los continentes cambian. Montañas, como por ejemplo las sierras subbéticas en Andalucía, están llenas de fósiles, porque hace unos millones de años eran el lecho de antiguos mares tropicales. Al final, todo es cuestión de tiempo. Debemos entender que vivimos en un planeta dinámico, muy cambiante.

En los elementos geológicos tenemos escrita la historia de la vida. Entender la historia de la vida es fundamental. Una pequeña huella fósil en las rocas del geoparque en el que trabajo, corresponde a una de las huellas más antiguas y enigmáticas que se conocen, el *Paleodyction*. La forman numerosos hexágonos perfectos y fue dejada por algún organismo o alguna colonia de organismos que se desarrolló hace 60 Ma en fondos marinos, a 1000 m de profundidad. ¿Qué tipo de organismo? ¿Qué tipo de colonia y por qué y para qué esa geometría hexagonal tan perfecta en un fondo marino sumido en la oscuridad? Bueno, en este caso se ha interpretado como una especie de trampa construida por tubos hexagonales tridimensionales en los que se producía crecimiento bacteriano. Estos animales generaban un ecosistema particular, que empleaban para alimentarse. Representa un ejemplo de mecanismos que la vida ha ido desarrollando para adaptarse a las condiciones, a veces muy difíciles, de algunos entornos.

Conocer la Geología también es fundamental para afrontar uno de los mayores retos que como sociedad vamos a tener que hacer frente en los próximos años: el cambio climático. Es absolutamente imprescindible tener

un buen conocimiento de cómo ha funcionado el clima a lo largo de la historia de la Tierra. Así, contemplar los valles de los Alpes italianos de las Dolomitas nos permite reconocer glaciares que ahora tienen entre 100 y 150 metros de espesor de hielo, pero no hace tanto tiempo, y para ello no hace falta ser un geomorfólogo especialista en glaciares, en esos valles los glaciares podían tener de 300 a 500 m de espesor de hielo.

La historia del clima reciente, y no tan reciente, está escrita en el registro rocoso. Por eso es valioso conservar ese registro en algunos lugares para entender cómo ha sido esa historia. Por ejemplo, y vuelvo al geoparque donde trabajo, uno de los impactos más importantes que tendrá el calentamiento climático en zonas costeras va a ser la subida del nivel del mar. Esto ha ocurrido también con anterioridad, pero cuando nosotros no estábamos aquí. Muchas veces suelo explicar en las excursiones que hacemos en el geoparque que durante la última glaciación, hace solamente unos 15 000 años, cuando nuestros antepasados pintaban las figuras de Altamira, el clima en la zona tenía una temperatura unos 8-10 ºC inferior a la actual. El hielo se extendía hasta la latitud de Londres o de Berlín. Todo el norte de Europa estaba cubierto de hielo. El nivel de mar en la costa norte de la Península Ibérica era más o menos 100 m más bajo que el presente y la línea de costa estaba a unos 10 km más alejada de la costa actual. Y eso solamente con respecto a la última glaciación. Variaciones como estas han ocurrido muchísimas veces durante los últimos pocos millones de años, poniendo el foco solamente en la geología más reciente.

Por lo tanto, entender cuál es el contexto en el que ocurren las cosas que vemos hoy, y que nos afectan, es muy importante para saber si realmente estamos, fuera o no del sistema. Para eso el registro geológico es fundamental. No solamente eso, hay yacimientos paleo-antropológicos que son fundamentales para saber quiénes somos, para saber de dónde venimos, y para saber cómo ha evolucionado nuestra especie. Cité antes Altamira, pero podía ser Atapuerca, o muchos otros yacimientos en el continente europeo o en África. Entender cómo funciona el sistema Tierra es esencial para conocer cuál es nuestro impacto en la Tierra.

Hay un concepto que se ha ido popularizando en las últimas décadas que es el de «Antropoceno». Hace algunos años un grupo de trabajo propuso que quizás habría que definir una nueva edad geológica, vamos a llamarla así, puesto que las edades geológicas están basadas en cosas que podemos reconocer en las rocas, en la historia de la roca. Y entonces estos científicos propusieron que hoy en día el impacto del ser humano sobre el sistema Tierra era tan importante que iba a quedar registrado, y merecería ser reconocido con una nueva edad geológica, para la que propusieron el nombre antropoceno. Es un tema muy debatido sobre el que se han realizado muchísimas publicaciones de todo tipo. Sin embargo, la Unión Internacional de Ciencias Geológicas rechazó la propuesta de formalizar el Antropoceno

como una época geológica oficial, argumentando que a pesar de que el ser humano tiene un impacto muy importante sobre el sistema Tierra, no se puede asegurar que deje un registro en las rocas, lo suficientemente estable, como para definir una nueva época geológica. Pero en todo caso, a pesar de no ser oficial, el término se utiliza ampliamente. La cuestión está ahí.

Para entender cuál es nuestro impacto sobre el planeta, debemos sopesar los recursos que tenemos y la manera en la que los utilizamos. Para ello es muy importante tener un conocimiento geológico del territorio. También, porque la Geología está detrás de otras muchas cosas que sí vemos de una manera más natural, más de frente, y que sí nos parecen importantes. Es el caso de la biodiversidad, las tradiciones, la geología urbana, la historia o la localización de muchos monumentos relacionados con recursos geológicos, la prehistoria, las cuevas, o las pinturas. También los suelos de la agricultura, como, por ejemplo, la singularidad de la ubicación de los viñedos que soportan el mundo del vino. Detrás de todo, detrás de todo esto está el sustrato, están las rocas, está la geología. Y curiosamente es lo que más nos cuesta ver, a pesar que es lo que lo condiciona todo.

Una de las aportaciones más importantes que proporciona el conocer un poco cómo funciona el sistema Tierra, es la comprensión del paisaje. Asumir que el paisaje que uno tiene delante, no es más que una secuencia inmensa de fotogramas que ha ido cambiando a lo largo del tiempo, y lo que ahora visualizamos es solamente la última secuencia, en un mismo fotograma. Es una manera de hacerte sentir diminuto ante los procesos y ante las dinámicas de un planeta que es muchísimo más antiguo de lo que somos nosotros, y muchísimo más complejo. Esa especie de cura de humildad que aporta entender un poco la inmensidad, la complejidad de los procesos geológicos, es algo que nos viene muy bien. Conociendo un poco cómo funciona el sistema Tierra existe la posibilidad de establecer una relación más afectiva con los paisajes. Porque los comprendes. Estos podrían ser algunos de los motivos por los que reconocer y proteger el patrimonio geológico es importante.

Reconocimiento del Patrimonio Geológico

¿Desde cuándo se hace? ¿Desde cuándo se reconoce como patrimonio? Antes comenté el nacimiento de los parques nacionales en Estados Unidos. La consideración de patrimonio quiere decir que se trata de una serie de elementos a los que nosotros, la sociedad, no la comunidad científica, le da un valor especial. Otorgar un valor especial supone que es la propia sociedad la que va a dedicar recursos económicos para protegerlo, para gestionarlo, para ponerlo en valor (Fig. 1). Por eso es la sociedad, y no solamente la academia que también es parte del sistema, la que le proporciona un soporte más amplio.

Fue en Francia en 1991, en lo que se conoce como declaración de Digne. Esta es una declaración muy conocida por la gente que nos dedicamos a esto. Fue realizada en el «I Congreso Internacional de la Conservación de nuestro Patrimonio Geológico», bajo el título «Declaración Internacional sobre los derechos de la memoria de la Tierra (Digne, Francia 1991)» y entre sus conclusiones instaba de todas las autoridades nacionales e internacionales el pleno apoyo a la necesidad de tutelar el patrimonio de nuestra Tierra y de protegerlo con todas las medidas legales, financieras y organizativas que pudieran ser necesarias.

En ese congreso los geólogos de diferentes países acordaron utilizar por primera vez el término *Geoheritage*, «Patrimonio Geológico». Desde entonces es verdad que ha habido un desarrollo bastante importante, pero muy desigual en diferentes partes del planeta. Hay iniciativas de todo tipo, iniciativas internacionales, iniciativas nacionales, iniciativas regionales, que se han plasmado en una ingente cantidad de publicaciones. En España el Instituto Geológico Minero se ha constituido en un referente en su trabajo geológico a nivel internacional. Tienen un portal extraordinario con muchísimo material informativo. Pero esto no es así en todos los países. Hay países como España, Portugal, Reino Unido, Japón o China, en los que el progreso es evidente.



Fig. 1. Los afloramientos del flysch de Zumaia han sido reconocidos por los principales organismos de la geología como un lugar referente para el estudio de la historia de la Tierra y han servido para construir el Geoparque UNESCO de la Costa Vasca. Foto M.A Langa.

Patrimonio Mundial de la UNESCO

¿Cuáles son las iniciativas internacionales principales que dan reconocimiento al patrimonio geológico? La más importante, la de mayor renombre, es el Patrimonio Mundial (también conocido como Patrimonio de la Humanidad), y es además la más popular porque es la más antigua, establecida por la UNESCO en 1972. Para ser reconocido como Patrimonio Mundial por la UNESCO, el lugar necesita tener un valor universal excepcional, lo que se ha denominado *outstanding value*, que quiere decir algo así como que ese elemento es el mejor o la mejor representación de algo, o que es verdaderamente único y que la humanidad lo debe proteger.

Hay diez criterios que se utilizan para valorar un lugar, de los cuales los seis primeros son de tipo cultural (histórico, arquitectónico, tradición, etc.) y los cuatro restantes naturales (belleza, historia de la Tierra, procesos geológicos y biodiversidad). De modo que el criterio siete, que tiene que ver con los paisajes, aporta algo de geología, pero es un criterio de contenido más amplio. Los criterios ocho y nueve son los que aglutinan elementos que se han reconocido como patrimonio mundial por su Geología.

Hasta el presente son 96 los lugares que la UNESCO ha reconocido en su programa Patrimonio Mundial, por sus valores geológicos. Entre ellos, está el parque nacional del **Teide**, que es el único lugar en España reconocido como patrimonio mundial exclusivamente por su valor geológico. El otro lugar español incluido en esta relación es el parque nacional de **Ordesa y Monte Perdido**, que a su valor geológico se unen el paisajístico y el cultural. En esta selecta lista, están incluidos lugares muy emblemáticos bastante conocidos, repartidos por todo el mundo.

Están, por ejemplo, el **Kilimanjaro** en Tanzania (un volcán durmiente con tres cimas que es la montaña más alta de África), o la **Bahía de Ha Long** en Vietnam (famosa por sus miles de islas kársticas de piedra caliza y aguas color esmeralda, considerada como una de las siete maravillas naturales del mundo). También lugares más geológicos y menos paisajísticos, como **La Calzada del Gigante**, en el norte de Irlanda (un área con unas 40 000 columnas de basalto originadas por el rápido enfriamiento de la lava en un cráter hace unos 60 Ma), o **Mistaken Point**, situado en la isla de Terranova, Canadá (que contiene una de las colecciones de fósiles del Precámbrico más diversas y mejor conservadas del mundo, entre los que están los restos más antiguos conocidos de vida multicelular en la Tierra).

Geoparques Mundiales de la UNESCO

La UNESCO tiene otro programa para reconocer, en este caso, los territorios, no solamente los elementos. Son los «Geoparques Mundiales de

la UNESCO». Cada vez se oye más hablar de geoparques, y a diferencia de los lugares patrimonio mundial son territorios, donde viven personas, donde hay pueblos, donde hay actividad, y que cuentan con una geología de relevancia internacional. En este caso no es necesario que posea un valor excepcional. No necesita ser el mejor de todos ni el único, pero sí poseer una geología suficientemente importante con carácter internacional. Y lo más importante, los geoparques son herramientas para el desarrollo local. El territorio debe tener un proyecto para utilizar esa geología, para vincularla al resto de los valores del territorio y generar desarrollo local. Suscitar movimiento, conservación, educación, ciencia o turismo en torno a ese elemento. Mientras que en patrimonio mundial se trata de elementos específicos, elementos geológicos concretos que sobre todo se quieren proteger; en un geoparque lo que se pretende es generar dinámicas en torno a ese territorio para potenciar el desarrollo local.

El proyecto de los geoparques comenzó a gestarse por el año 2000, hace ahora unos 25 años. He tenido la suerte de estar y de trabajar en uno de ellos, y participar en el desarrollo de este programa casi desde el principio. En el año 2015, la UNESCO, después de algo más de 40 años sin aprobar ningún nuevo programa, aprobó oficialmente el programa «UNESCO geoparques» para constituir una red mundial. Los otros dos programas de la UNESCO que implican al medio natural son las «Reservas de la Biosfera» (1970) y el «Patrimonio Mundial» (1972), que ya comentamos. Los trabajos realizados en estos últimos 25 años han permitido reconocer 229 geoparques repartidos por 51 países diferentes.

La aprobación del programa de los geoparques supuso un momento muy importante a efectos de reconocimiento institucional de nuestra ciencia, la Geología. Ahora hay muchísimas instituciones, responsables políticos o periodistas que debaten o discuten sobre geoparques.

La idea de formar una red de territorios definidos por una geología notable comenzó a debatirse un poco antes del año 2000. Pero fue en ese año cuando se firmó en el pequeño municipio de Molinos (Teruel) el primer convenio de cooperación entre cuatro geoparques europeos. Constituyeron así la Red Europea de Geoparques de la que fueron fundadores la Reserva Geológica de Haute-Provence (Francia), el Bosque Petrificado de Lesbos (Grecia), el Parque Geológico de Vulkaneifel (Alemania) y el Parque Cultural del Maestrazgo (España). La red pretendía fomentar el desarrollo sostenible basado en su patrimonio geológico, puesto que los cuatro geólogos que estaban al frente de estos territorios tenían la preocupación de que la Geología no existía a la hora de diseñar las políticas de conservación de la naturaleza. Y debemos reconocer que era cierto. No era solo una sensación. Plantearon utilizar la geología, la geología de especial interés que hay en muchos territorios rurales de Europa que empezaban a mostrar problemas de despoblación, para generar dinámicas para el desarrollo y potenciar la

identidad de esos territorios. En aquel momento, esa visión innovadora de abrir puertas y avanzar por caminos totalmente nuevos, era absolutamente revolucionaria.

En el mundo de la conservación de la naturaleza, esta idea era novedosa porque suponía poner en primer plano el desarrollo de las personas y de los territorios. Además, como geólogos entendimos desde un principio que, si hablábamos solamente de geología, era muy complicado que los proyectos pudieran avanzar. Se necesitaba relacionar los elementos geológicos con todo lo demás y poner a las personas en primer lugar. Fue una idea extraordinaria, y resultó ser el clic que ha permitido después que este programa haya crecido tanto y tan bien como lo está haciendo ahora. Después de la declaración del programa por la UNESCO en 2015 apoyando la iniciativa, se ha expandido a gran velocidad.

Las directrices de los Geoparques Mundiales de la UNESCO permiten definirlos como áreas geográficas únicas y unificadas en las que se gestionan sitios y paisajes de importancia geológica internacional, integrando protección, educación y desarrollo sostenible. Su enfoque «de abajo hacia arriba», combina conservación y desarrollo sostenible, involucrando a las comunidades locales.

En la actualidad hay geoparques por todo el mundo, pero sobre todo en Europa y Asia. China incluye el mayor número, como **Jiuzhangou**, que reúne una serie de valles en la meseta tibetana, famosos por sus lagos de brillantes colores, cascadas cristalinas y bosques vírgenes. En este paisaje está inspirada la película de Avatar. Lugares en los que normalmente la geología tiene un protagonismo especial, un protagonismo importante, con paisajes bastante llamativos.

Por citar algunos más, por ejemplo, **Adamello Brenta** en Italia, de una singular riqueza geológica y paisajística, en la que destacan los macizos del Adamello (granítico) y las Dolomitas de Brenta, y sus numerosos lagos y glaciares. En América Latina hay una creciente red de geoparques, con algunos como **Colca y Volcanes de Andagua** en Perú, que incluye el profundo cañón de Colca con varias decenas de conos volcánicos de Andagua. En África solo hay tres, uno de ellos es **M'Goun** en Marruecos, en la cadena montañosa del Atlas, con paisajes del Jurásico y geología compleja de areniscas y calizas.

Lo que hace que los geoparques sean especiales, es que trabajan con los objetivos de desarrollo sostenible. Objetivos que pretenden que la vida de las personas sea mejor. Es lo que nos mueve a establecer geoparques, lo que realmente nos mueve en el día a día. Por eso en los geoparques se consigue que las cosas funcionen de una manera diferente. Al final los geoparques son territorios donde las personas son las protagonistas.

Soy evaluador de la UNESCO para geoparques y cuando vamos a evaluar territorios lo que examinamos no es tanto la geología. Para valorar la

geología hay un equipo de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas. Los evaluadores de la UNESCO prestan particular atención a cómo son las dinámicas, la gobernanza del territorio, que permiten que la población interactúe, se empape de la geología de los recursos naturales y culturales de su territorio. Los geoparques son territorios de educación. La educación es fundamental. Todos los geoparques tienen un programa propio de educación que normalmente suele estar muy bien coordinado con el currículum de cada territorio.

De todos los años que llevo trabajando en este tema, los momentos más especiales ocurren durante el trabajo de campo. Por ejemplo, recuerdo la visita a una escuela de una aldea de un barrio muy humilde del pueblo de Icalupe, en el norte de Nicaragua (**Geoparque Río Coco**). Allí, la geoescuela, para los niños lo es todo. Recuerdo a Rosa, la profesora, y la increíble manera en que les transmitía el concepto de geoparque. Cómo les inculcaba el orgullo de pertenecer a esa tierra. Este es uno de esos ejemplos en los que se ven los valiosos beneficios que tiene un programa como el de los geoparques. También es un ejemplo que demuestra el valor de la idea original. Y que una de las claves de su éxito radica en la flexibilidad, que permite ser adaptado a cualquier realidad.

Otro ejemplo. Este verano estuve evaluando un geoparque en Lesbos, el **Bosque Petrificado de Sigri**. No tiene absolutamente nada que ver con el anterior, y aquí el geoparque tiene una función también muy importante, como es el de las políticas activas de conservación. El bosque petrificado es patrimonio geológico y cultura. Los geoparques son territorios de cultura, y la cultura tiene un peso tan importante como la parte geológica. Lo que permite establecer un geoparque es la geología, pero luego son las personas, la cultura, la historia y las tradiciones, las que ponemos en primer lugar.

Así, en nuestro **geoparque de la Costa Vasca** impulsamos el eusquera, nuestro idioma, que es uno de los tesoros más importantes que tenemos. Lo apoyamos y ponemos en valor en nuestras iniciativas. Los geoparques trabajan mucho con los productos locales. Una de las maneras que tienen para fomentar este desarrollo económico es dar valor a los productos que todavía se elaboran en la zona. Es lo que ocurre por ejemplo con la sal marina de las Salinas del Janubio, en el **geoparque de Lanzarote y Archipiélago Chinijo**. Los geoparques suelen tener un paquete de productos a los que se les da un valor añadido. Se facilita así que la gente que trabaja con producto local tenga un buen canal de comercialización.

Los geoparques de alguna manera también son un movimiento de resistencia. a la globalización. Son movimientos que le dan muchísimo valor a lo local y a las dinámicas locales. Una de las maneras es conseguir que la gente que habita en un geoparque se sienta orgullosa de vivir en ese territorio. Nuestra misión es publicitar su valor para que, a través de esa apreciación, se

tenga un cariño más grande o un sentido de pertenencia mayor hacia ese territorio.

Geoparques y geoturismo

En los geoparques en general, aunque los hay con motivaciones muy diferentes, potenciamos el geoturismo, que es una manera de ecoturismo. A través del geoturismo en los geoparques intentamos que tanto los visitantes que proceden de lugares distantes como la gente que vive allí entienda lo que denominamos el «ABC» del territorio. Que comprenda el geoparque desde el sustrato, desde las rocas. De cómo la parte abiótica (A), controla a través de los suelos a la parte biótica, la vegetación, la biodiversidad (B), los ecosistemas. Y cómo la (A) más la (B), la parte abiótica más la biótica, controlan la parte cultural (C), que es nuestra historia, nuestras tradiciones. Incluso nuestra personalidad, nuestra economía, la manera en la que hemos ocupado el territorio a lo largo de la historia. Todo eso está relacionado.

Hilvanar ese discurso que empieza en el sustrato es el cometido y la misión de los geoparques. Y en los geoparques lo que intentamos es contar buenas historias. Sorprender a la gente relatando buenas historias. Hoy en día, es bastante difícil que los lugares te sorprendan porque se puede conseguir, antes de viajar al destino, toda la información que desees entrando en internet. Nosotros tenemos esa posibilidad. Nosotros sí podemos sorprender, porque disponemos de una información a la que solamente se accede si alguien del territorio te la cuenta. Es la capacidad de contar historias que la gente no espera que tienen que ver con la lectura del paisaje. La narrativa es una parte fundamental del trabajo de los geoparques.

Lugares del Patrimonio Geológico Mundial

Desde hace algunos años, exactamente desde 2022, hace muy poco tiempo, hay un nuevo actor que ha entrado en el mundo del reconocimiento de los grandes elementos geológicos. Se trata de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (*International Union of Geological Sciences - IUGS*), el más importante organismo de la Geología a nivel mundial. Es un poco el paraguas bajo el cual se hospeda el resto de las organizaciones internacionales de la Geología. Está formada por representantes de 121 países y por miles de socios, de geólogos y científicos de ciencias de la Tierra en general. En nuestro geoparque de la Costa Vasca tuvimos la suerte de organizar el primer evento de esta extraordinaria iniciativa y presentar los «100 primeros lugares del Patrimonio Geológico Mundial».

Fue en octubre de 2022, en Zumaia, un pequeño pueblo de unos diez mil habitantes en la costa de Guipúzcoa. Fue un momento muy especial para mí,

que llevo 20 años trabajando en este geoparque. Uno de los momentos más especiales que he vivido. Sabía que la iniciativa tenía cabida, que había un hueco y que era necesario poner este proyecto en marcha. Aun así, nunca imaginamos que iba a tener el apoyo y la repercusión que obtuvo. Durante esos días, Zumaia se llenó de gente de todo el mundo, procedentes de más de cincuenta nacionalidades diferentes. Gente de todo el mundo explicando las características de los lugares que habían presentado. Representando a sus países y defendiendo las singularidades de los lugares que se habían incluido en la primera lista. Fue una convocatoria que contó con una entusiasta participación.

Creo que una motivación especial que nos empujó a poner en marcha esta iniciativa, el programa de los 100, fue el poder contar con nuestro propio programa. Es cierto que ya teníamos dos programas de la UNESCO, los Patrimonio Mundial y los Geoparques. La UNESCO es Naciones Unidas y le concede a la Geología un reconocimiento institucional político, que de ninguna otra manera se podría conseguir. Pero también es verdad que tiene una carga política importante. Es Naciones Unidas y se rige por unas normas, en las que aparte del valor científico de los lugares, hay otras numerosas cuestiones que entran en consideración: equilibrios políticos, equilibrios geográficos, disputas geopolíticas, o cuotas. Así, por ejemplo, cada país solamente puede presentar dos nuevos geoparques anualmente. En patrimonio mundial ocurre algo parecido. Además, para geoparques y para patrimonio mundial se requiere el compromiso de los territorios para gestionar y cuidar esos elementos. En fin, es mucho más complejo que simplemente decidir que un lugar determinado debe ser considerado como geológicamente importante.

En el colectivo de geólogos teníamos la sensación de que, aunque los programas de la UNESCO estaban muy bien, nos faltaba tener nuestro propio programa. Un programa sin consideraciones políticas, ni geoestratégicas, y que estuviera sustentado exclusivamente en el interés científico de los lugares. Donde en la selección de esos sitios participaran exclusivamente expertos en las diferentes disciplinas de la Geología. Que contara con un diseño muy ágil y que permitiera simplemente asignar, dar valor, a un lugar. Fue con esa visión con la que empezamos a trabajar en este programa. Definir los lugares, esos extraordinarios lugares, que se utilizan, como referencia en las ciencias geológicas, o que han servido en el pasado para la construcción de nuestra ciencia. Esto último es un guiño a la geología histórica. Valorar los lugares que son históricos por la relevancia de los principios que originaron. Lo que pretendemos es dar reconocimiento a los mejores lugares que nos permiten construir nuestra ciencia. De este modo, un «Lugar Patrimonio Geológico de la IUGS» (*IUGS Geological Heritage Site*) se define como «un lugar clave con elementos o procesos geológicos extraordinarios de la más alta relevancia científica, utilizado como referencia

mundial y/o con una contribución sustancial al desarrollo de las ciencias geológicas a través de la historia».

Puede ser que detrás de muchos de ellos esté la etiqueta de patrimonio mundial, y en otros la etiqueta de geoparque. Pero otros muchos no están ahí, y nunca iban a poder estar porque para ser patrimonio mundial o geoparque, además del valor científico, es necesario sumar otros atributos. Por ejemplo, compromiso institucional, político, o local para gestionarlo adecuadamente. Los primeros 100 lugares no tienen nada que ver con eso. Tienen que ver con un colectivo de más de mil expertos de todo el mundo, que representan a todas las disciplinas de la Geología, que se ha puesto de acuerdo para poner en marcha este programa. Y en apenas los tres años que lleva en marcha han participado expertos de las principales organizaciones internacionales que representan a las grandes disciplinas de la Geología, Estratigrafía, Geomorfología, Historia de la Geología, Tectónica, Vulcanología, etc., etc. Esta amplia representación es precisamente lo que le da a este programa su credibilidad.

Los 100 primeros Lugares del Patrimonio Geológico Mundial

Hace muy pocos años, en 2022, anunciamos los primeros 100 lugares. Dos años más tarde, en 2024, presentamos los segundos, y ahora estamos trabajando en el tercer bloque de cien. En la página web (www.iugs-geoheritage.org) que merece la pena visitar, se incluye detallada información y unos magníficos libros que se pueden descargar gratuitamente. Ha tenido casi doscientas mil visitas de prácticamente todos los países del mundo. Esto demuestra que realmente sí que había una necesidad en el colectivo geológico de tener nuestro propio programa de reconocimiento de los grandes lugares de nuestra ciencia.

Además de lugares, en esta comisión hay otros dos grupos de trabajo que dan reconocimiento también a rocas de construcción, que es un tema muy interesante. Rocas que han servido para construir edificios, ciudades que tienen un peso cultural histórico importante. Y también colecciones de elementos geológicos, minerales, fósiles, rocas que en muchos casos tienen un valor histórico muy importante. Pero, el programa estrella, es el de «*Sites*», el de lugares. ¿Quién puede proponer estos lugares? No los puede proponer cualquiera. Solamente pueden hacerlo las organizaciones internacionales que son expertas en cada una de las materias, y los servicios geológicos de cada país. En este último caso, cada país tiene una limitación, y solamente puede realizar una o dos propuestas. Si no fuera así, el programa resultaría inmanejable.

Aquí he realizado una pequeña selección de algunos de los lugares más representativos que entraron en la primera lista. La lista no está jerarquizada, de manera que no es una clasificación. Están incluidos 100 lugares, pero el uno no es mejor que el dos, ni el 100 es el peor de la lista. De hecho, los diferentes lugares están organizados por capítulos temáticos: Historia de las Ciencias Geológicas (*sites 1-11*), Estratigrafía y Sedimentología (*12-23*), Paleontología (*24-42*), Petrología Ígnea y Metamórfica (*43-50*), Vulcanología (*51-67*), Tectónica (68-*74*), Mineralogía (*75-77*), Geomorfología y procesos geológicos activos (*78-99*), y Estructuras de impacto y rocas extraterrestres (*100*). Esto es así porque no se puede comparar un volcán con un fósil, que son temas totalmente diferentes. Pero, está claro que el número uno es el número uno. Abrimos un debate, y aunque ocupar el número uno no significara ser el mejor, si era evidente que tenía un valor especial. Del debate llevado a cabo por el comité de selección, formado por representantes de cada una de las organizaciones internacionales, resultó una abrumadora mayoría que votamos por emplazar en esa posición a «Siccar Point».

Siccar Point – Discordancia de Hutton
Reino Unido
(*site 1*)

Es un entrante rocoso en la costa oriental de Escocia, que para los no geólogos no tiene nada de espectacular. Pero, sin embargo, es un lugar mítico para los geólogos, porque fue aquí donde en el siglo XVIII James Hutton, considerado como uno de los padres de la Geología, propuso por primera vez el concepto de tiempo profundo para la edad de la Tierra. En este lugar, aparentemente tan sencillo, James Hutton observó unas discordancias estratigráficas, en las que intervenían estratos horizontales y verticales de diferentes edades formados en el fondo del mar, que luego se plegaron para adquirir posición vertical, emergieron y erosionaron, para posteriormente quedar nuevamente bajo el mar, y cubiertas por materiales más antiguos, que se volvieron a plegar. Estas discordancias estratigráficas, ahora conocidas como discordancias de Hutton, necesitaron para su formación muchos millones de años. Fue la primera vez que alguien propuso y mostró evidencias de que la historia de la Tierra era muchísimo más larga de lo que hasta entonces se creía. La primera vez que alguien puso encima de la mesa el concepto de tiempo geológico. De manera que **Siccar Point** es un sitio importante en la Historia de las Geociencias, vinculado a los grandes descubrimientos que crearon debates importantes y nuevas ideas para el desarrollo de las ciencias geológicas.

Las rocas ordovícicas del monte Everest
China y Nepal
(*site 17*)

Es el otro lugar clave que suelo destacar si tengo que elegir dos: la firma del Everest. Es la mejor representación de que vivimos en un planeta dinámico. Las rocas del techo del mundo son calizas fosilíferas que contienen fósiles marinos de hace unos 450 Ma que formaron parte de un antiguo lecho marino, mucho antes de la colisión de la India con el continente asiático, que comenzó hace unos 55 millones de años. Un lugar único que también captura la evidencia de la evolución del cinturón tectónico más conocido del planeta. Está incluido en el capítulo de «Estratigrafía y Sedimentología».

La Caldera volcánica de Taburiente en La Palma
España
(*site 8*)

Está incluida en el capítulo «Historia de las Ciencias Geológicas». La Caldera de Taburiente entró aquí porque además de ser uno de los mejores registros a nivel mundial del crecimiento de una isla oceánica, aquí tiene su origen el término «caldera» en su uso geológico. El concepto de caldera volcánica se utiliza actualmente en todo el mundo, y procede de la caldera de Taburiente. Un término local español que fue introducido en la literatura geológica internacional por el geólogo alemán Leopold von Buch, cuando realizó sus estudios en Canarias.

Sección estratigráfica del Cretácico-Paleógeno de Zumaia
España
(*site 22*)

El segundo capítulo tiene que ver con la «Sedimentología y Estratigrafía». Vivimos en un planeta dinámico donde los paisajes se erosionan, los sedimentos se transportan, se depositan en diferentes lugares, muchas veces abajo el mar, o en ríos, formando capas. Esas capas o estratos luego nos permitirán reconstruir correctamente la historia de la Tierra. Vienen a ser como las páginas de nuestra historia. Zumaia es un afloramiento emblemático de rocas tipo Flysch. Uno de los registros de sedimentos marinos más completos y más estudiados del planeta. Proporciona información crucial sobre la evolución del clima y la biosfera a lo largo de intervalos críticos de tiempo geológico.

Es uno de los mejores lugares donde se puede entender cómo el tiempo geológico se representa en las rocas y se divide en diferentes capítulos. Los 10 km de acantilado de Zumaia es un enorme libro de la historia de la Tierra formado por miles y miles de capas que son las páginas de ese libro. Cada página tiene aproximadamente 10 000 años y caminando por la base del

acantilado podemos leer 60 Ma consecutivos de la historia de la Tierra. Lo de 60 Ma es importante, pero es más importante lo segundo, consecutivos. No falta ninguna página. En este libro, todas estas capas que hoy en día están en posición vertical, fueron antiguos fondos marinos. Si pusiéramos todas esas capas una encima de la otra antes de que se levantasen para formar los Pirineos, tendríamos un espesor sedimentario de casi seis mil metros. Seis mil metros de capas superpuestas, que el tiempo ha colocado en la posición actual, y hoy en día nos permite caminar sobre ellas y viajar a través del tiempo. En algunas de esas capas, por ejemplo, podemos entender cómo se extinguieron los dinosaurios o cómo han sido algunos de los calentamientos climáticos más importantes de la historia.

La Gran Discordancia en el Gran Cañón
EEUU
(*site 16*)

El Gran Cañón entró por doble motivo. Es muy famoso por la grandiosidad del cañón, pero para los estudiosos de la estratigrafía es muy importante por la llamada gran discordancia del Gran Cañón. Una de las discordancias (registro rocoso que falta) más profundas de la Tierra, con hasta 1300 millones de años de historia terrestre eliminados por la erosión. En geología es tan importante el registro, tal como hemos visto en Zumaia, tener muchas capas (muchas páginas), como el no registro. El no registro también da información. Aquí tenemos diferentes capas, algunas ordenadas, otras desordenadas y también faltan capas. Hay vacíos. Faltan, un registro de unos 500 Ma y otro de unos 700 Ma. Es como tener un libro en el que están ausentes bloques de páginas completos. Este es uno de los lugares en donde esto se puede ver de una manera más diáfana.

Fósiles ediacáricos en las colinas de Ediacara, cordillera Flinders
Australia
(*site 25*)

El capítulo tercero tiene que ver con la historia de la vida, con los lugares paleontológicos excepcionales. Ediacara es un lugar muy emblemático, porque aquí se descubrieron en 1946 los primeros organismos pluricelulares complejos que habitaron la Tierra. Más de 20 especies de las primeras formas de vida complejas de la historia. La Tierra tiene unos 4600 Ma y la vida no consiguió la fórmula adecuada para organizarse en organismos complejos hasta hace algo más de 600 Ma. Hasta entonces, en los primeros 4000 Ma de historia, se sitúa la aparición de la vida limitada a formas muy sencillas. Es en este momento cuando esas formas sencillas se empiezan a asociar para dar organismos más o menos complejos.

Registro paleontológico cámbrico de Burgess Shale
Canadá
(*site 27*)

En el Cámbrico se produjo la mayor explosión de vida que ha ocurrido en nuestra historia, y es conocida como la gran explosión del Cámbrico. Burgess Shale en Canadá es uno de los lugares superclásicos en los que esa explosión de vida se evidencia mejor. Es en el Cámbrico cuando aparece la mayoría de las familias de seres vivos que conocemos hoy. Este lugar es clave para entender la historia y la evolución temprana de los grupos de animales: esponjas, cnidarios, moluscos, anélidos, artrópodos, cordados, etc. La gran explosión de vida que tenemos en la historia de la Tierra.

Acantilados fósiles de Joggins del Carbonífero
Canadá
(*site 31*)

Este es un lugar realmente alucinante, en el que se conserva un bosque del carbonífero, completamente petrificado. Está tal y como era. Tuve la suerte de visitar este lugar, y no solo están fosilizados los árboles, sino que además, las maderas contienen muchos de los organismos que vivían en el entorno de los árboles, como numerosos tetrápodos, incluyendo los fósiles de reptiles más antiguos del mundo.

Parque Provincial de los Dinosaurios
Canadá
(*site 36*)

Hay numerosos lugares con valiosos registros fósiles de dinosaurios, pero si hay que destacar uno, este resulta particularmente importante. Es el yacimiento más rico y diverso de dinosaurios del planeta. Se han encontrado más de 500 ejemplares pertenecientes a 51 especies diferentes, con el valor adicional de que todos ellos pertenecen a un periodo de tiempo muy concreto. 2,4 Ma, hacia el final del Cretácico. Un registro perfecto de cómo era la vida de los dinosaurios justo un poco antes de su extinción.

Yacimientos paleoantropológicos de la evolución humana de Laetoli-Garganta de Olduvai
Tanzania
(*site 41*)

Se trata de yacimientos indispensables para conocer el desarrollo y las actividades de los primeros homínidos. En Laetoli hay huellas fósiles (27 m de pisadas) asociadas a *Australopithecus afarensis* de 3,6 Ma. Una evidencia de que los homínidos eran bípedos hace varios millones de años. Los fósiles

de homínidos de la Garganta de Olduvai incluyen restos fósiles de *Homo habilis* y *H. erectus* de 1,8 Ma.

Zircones arcaicos de Erawondoo Hill
Australia
(*site 43*)

El capítulo cuarto es un poco más duro, y está dedicado a las «Rocas Ígneas y Metamórficas», aquellas que se forman en el interior de la Tierra por enfriamiento y cristalización de magmas o rocas afectadas por mucho calor y mucha presión. Erawondoo Hill es otro de los lugares clásicos. La Tierra tiene 4600 Ma, y de aquí procede el elemento sólido cristalino más antiguo que se ha conseguido datar. Se trata de unos zircones de 4400 Ma, contenidos en unos conglomerados que tienen 3300 Ma. Es uno de los sitios más importantes del mundo para la investigación sobre el origen y la evolución de la Tierra. Es decir, hace 3300 Ma ya había dinámicas en la superficie terrestre que permitían que se generasen conglomerados en entornos fluviales.

Las rocas volcánicas del Paleoceno de la Calzada del Gigante
Reino Unido
(*site 5*)

Otro lugar muy clásico con una de las mejores representaciones de disyunción columnar que existen en el mundo. En las islas volcánicas son muy habituales, pero este lugar es especialmente importante porque durante el siglo XVIII fue decisivo en el debate sobre el origen volcánico de algunas rocas. Los neptunistas argumentaban que el basalto se precipitaba del agua de mar, mientras que los vulcanistas defendían que era de origen volcánico. Las columnas de basalto de la Calzada del Gigante proporcionaron la evidencia que respaldaba la teoría vulcanista sobre el origen de las rocas ígneas extrusivas. Se incluye en el capítulo sobre «Historia de las Ciencias Geológicas».

El Complejo Intrusivo Mioceno de Torres del Paine
Chile
(*site 49*)

Uno de los paisajes de montaña más espectaculares que conozco. Perfecto para entender la formación de Los Andes y cómo se intruyen grandes masas de magma que no llegan a aflorar. Se trata de rocas plutónicas, granitos en este caso. Un ejemplo clásico para comprender cómo los esfuerzos tectónicos controlan el emplazamiento de las intrusiones magmáticas.

El Complejo Volcánico Cuaternario Nevado del Ruiz
Colombia
(*site 60*)

El capítulo cinco, dedicado a la «Vulcanología», constituye uno de los capítulos más extensos. El Nevado del Ruiz es de los volcanes más activos de la Tierra, con 14 explosiones registradas en los últimos 13 000 años. Es un volcán muy conocido por la gran tragedia de Armero ocurrida en noviembre de 1985, que se saldó con más de 25 000 muertos provocados por los lahares originados por la erupción. Es un volcán con glaciares en la cumbre y con la erupción parte del hielo se derritió generando una enorme avalancha de agua, hielo, lodo y rocas volcánicas que arrasaron el pueblo de Armero situado a sus pies. Esta gran catástrofe ha sido decisiva para impulsar la importancia de monitorizar los volcanes y los riesgos volcánicos. Al menos en Colombia, y en otros muchos países, se empezó a tomar en serio esta cuestión después de la erupción de 1985.

El sistema volcánico e hidrotermal de Yellowstone
EEUU
(*site 67*)

Seguramente se trata del mayor sistema hidrotermal del mundo, con más de 10 000 manifestaciones hidrotermales, entre ellas el icónico Old Faithful de 100 m de diámetro. Representa un modelo de referencia para los estudios entre tectónica, magmatismo y volcanismo. La caldera de Yellowstone, formada por enormes erupciones explosivas, es el sistema volcánico más grande de América del Norte, y podría albergar una super explosión volcánica.

La zona de empuje de Moine
Reino Unido
(*site 70*)

El capítulo seis es para la «Tectónica», la evolución de la corteza terrestre. La manera en la que los continentes se desplazan, cómo chocan entre ellos y cómo deforman las rocas. Estudiando las deformaciones de las rocas, determinamos la manera en la que se han movido los continentes. Cómo ha sido la historia de la Tierra. Este lugar seguramente no es conocido para la mayoría. Pero como se puede comprobar, entre los lugares seleccionados los hay muy populares entre el público general, y otros que no. Que solo son conocidos por los geólogos. Se trata de Moine en el noroeste de Escocia, en las Highlands. Un lugar espectacular, importante porque es donde, por primera, vez se definió el concepto de cabalgamiento. ¿Qué es un cabalgamiento? Pues cuando dos rocas se enfrentan y comprimen puede

ocurrir que una se coloque por encima, la cabalga, y si ocurre de forma sucesiva, es uno de los sistemas más eficientes para generar montañas. Los cabalgamientos permiten que rocas más antiguas se dispongan encima de rocas más modernas. Fueron los británicos Ben Peach y John Horne cuando estaban trabajando en el mapa geológico de las Islas Británicas, en una época en la que los geólogos gozaban de una considerable reputación, los que definieron en 1909 el concepto de cabalgamiento. Detectaron a lo largo de 200 km rocas muy antiguas superpuestas a otras mucho más modernas. Los cabalgamientos daban una nueva perspectiva al debate sobre el origen de las cordilleras.

El gigantesco yacimiento de mercurio del sinclinal de Almadén España (*site 76*)

El capítulo siete es el de la mineralogía y para ilustrarlo he elegido un lugar español. El mayor depósito en la corteza terrestre de mercurio cinabrio. En Almadén está la mayor concentración de mercurio que se conoce en todo el planeta. Explotado desde hace más de dos mil años, de aquí se ha extraído una tercera parte del mercurio producido en el mundo.

El Gran Cañón EEUU (*site 84*)

El capítulo ocho es de los capítulos también más espectaculares y más extensos porque tiene que ver con los procesos activos de la Tierra, la «Geomorfología». Aquí está, por ejemplo, el Gran Cañón, que entre los grandes cañones es el más icónico de todos, con sus 1600 m de profundidad, 400 km de longitud y 30 km de ancho. Erosionado en los últimos 5-6 Ma, en sus diferentes estratos hay registros de 2000 Ma. Además de ser muy espectacular y muy grande, es un cañón que está muy bien estudiado.

Uluru Australia (*site 78*)

Tiene un excepcional valor cultural para los aborígenes y es uno de los iconos naturales más famosos de Australia. Se trata de una formación rocosa de arenisca de 500 Ma que se eleva 348 m sobre el terreno circundante. Es lo que se conserva de unos materiales que en el pasado ocuparon una superficie muchísimo mayor y que la erosión ha reducido a este relicto.

Glaciar Perito Moreno
Argentina
(*site 89*)

Perito Moreno ilustra a uno de los glaciares que hoy todavía se mantiene estable en un contexto de calentamiento global. Se alimenta del campo de hielo sur, tiene unos 30 km de longitud por 5 de ancho. Un sitio emblemático de la Patagonia argentina. Además del comportamiento anómalo y periódico único de este glaciar, el área muestra un excelente ejemplo tanto del proceso de glaciación, como de los fenómenos geomorfológicos y fisiográficos provocados por el avance y retroceso de las glaciaciones ocurridas durante el Pleistoceno.

Glaciares de roca de Engadina
Suiza
(*site 90*)

Los glaciares más populares son los glaciares de hielo. Pero hay glaciares de roca que funcionan gracias a que entre las rocas hay agua. Hielo, que se hiela y deshiela. Aunque cuenta con hielo en el interior, lo que avanza es pura roca. Estudiado desde hace más de un siglo, es referencia para el estudio, monitorización y seguimiento de glaciares rocosos y el permafrost en zonas de montañas.

Dry Falls y Channeled Scabland
EEUU
(*site 87*)

Aunque es un lugar poco conocido para el público general, incluso para muchos geólogos, representa lo que se supone fue la mayor inundación registrada en la historia de la Tierra. Durante la última glaciación, el hielo cubría todo Canadá, en el casquete de hielo norte. En su frente sur había un enorme lago formado en el frente de un glaciar cuya represa colapsó originando enormes riadas que arrasaron todo el oeste de Estados Unidos. Es por eso que el oeste de EEUU es una zona tan llana. Se estima que el caudal de agua liberado sería unas diez veces mayor al de todos los ríos juntos del planeta hoy en día.

Tsingy de Bemaraha
Madagascar
(*site 81*)

Lugar que da nombre a las concentraciones de agujas y crestas de origen kárstico, algunas de las cuales superan los 100 m de altura. La roca caliza es una roca muy dura, pero muy sensible al agua de lluvia que se acidifica en

contacto con la vegetación y los suelos. El agua disuelve la caliza generando paisajes espectaculares. Además, las aguas subterráneas socavan las tierras altas elevadas, creando cavernas y fisuras en la piedra caliza. Debido a las condiciones locales, hay erosión tanto vertical como horizontal.

Mar de arena de Namib
Namibia
(*site 93*)

Es uno de los mayores sistemas de dunas del mundo, que además en este caso están alimentadas por el Orange River, que viene por el sur y que tiene un color muy especial. Configura un desierto costero antiguo y extremo en Namibia, caracterizado por gigantescas dunas de color rojizo formadas por el viento y la maresía. Se extiende por 1600 km, e incluye algunas de las dunas más altas del mundo.

Sistema de cuevas submarinas de Sac Actun
México
(*site 99*)

Situado en la península de Yucatán es el mayor sistema de cuevas submarinas del mundo. Cuenta con 368 km de cuevas inundadas, que en su día se formaron en condiciones subaéreas. La posterior subida del nivel del mar lo inundó. Los buceadores todavía lo continúan explorando, y la abundancia de fósiles le otorga un papel relevante en la reconstrucción paleoclimática.

Cráter Ries
Alemania
(*site 198*)

Y el último capítulo, el nueve, está dedicado a las «Estructuras de impacto y a las rocas extraterrestres», e incluye varios lugares. Aquí he seleccionado uno de la segunda lista. Ries está cerca Munich y es un cráter de unos 25 km de diámetro, unos 150 m de profundidad. Se calcula que el bólido que lo originó medía aproximadamente 1 km y generó inicialmente un cráter de unos 11 km. El lugar conserva rocas de impacto, brechas de impacto y suevita, una roca que contiene materiales derretidos formada durante un evento de impacto. Un sitio clave que ha permitido sentar las bases de la geología de impacto.

Lo expuesto es una síntesis de las principales iniciativas internacionales para el reconocimiento del patrimonio geológico a nivel mundial. Un objetivo que es necesario reivindicar. Además de las que he comentado, hay otras muchas iniciativas nacionales y locales que también es necesario

apoyar. Creo que en los últimos años están cambiado bastante las cosas para mejor. Me gusta siempre ser más optimista que negativo. La Unión Internacional de Ciencias Geológicas se ha implicado en esta iniciativa y ha conseguido embarcar a toda la comunidad científica. Algo que ni siquiera hace unos años podíamos imaginar, y que se ha expandido con muchísimo éxito por todo el mundo. Afortunadamente cada vez se entiende más que la Geología también es parte importante de esa naturaleza que tenemos que cuidar.

Se puede ampliar información sobre patrimonio geológico, geoparques, lugares del patrimonio geológico mundial o el Flysch de Zumaia, en la breve relación bibliográfica que se adjunta.

Bibliografía

AFONSO-CARRILLO, J. (Ed.) (2026). *Patrimonio Geológico. La memoria de la Tierra*. XXI Semana Científica Telesforo Bravo, Instituto de Estudios Hispánicos de Canarias, Puerto de la Cruz.

BROCX, M. & V. SEMENIUK (2007). Geoheritage and geoconservation: history, definition, scope and scale. *Journal of the Royal Society of Western Australia* 90: 53-87.

CANET, C., D. SÁNCHEZ-AGUIRRE, L. GARCÍA-SÁNCHEZ & E. CASTAÑEDA-BASTIDA (2024). Geological heritage in UNESCO's World Heritage List: A critical review. *International Journal of Geoheritage and Parks* 12(4): 531-543.

CARCAVILLA, L., J.J. DURÁN, A. GARCÍA-CORTÉS & J. LÓPEZ-MARTÍNEZ (2009). Geological heritage and geoconservation in Spain: past, present and future. *Geoheritage* 1(2): 75-91.

CARCAVILLA, L. & A. HILARIO (2021). Geoparques en España: factores clave de su implantación, retos y consideraciones geológicas para su futuro crecimiento. *De Re Metallica* 36: 15-32.

CARCAVILLA, L. & J. PALACIO (2019). Geosites. *La aportación española al patrimonio geológico mundial*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

DÍAZ-MARTÍNEZ, E., N. HERRERO, A. HILARIO, J.M. MATA-PERELLÓ, G. MELÉNDEZ HEVIA, M. MONGE-GANUZAS & J.C. UTIEL (2016). La conservación del patrimonio geológico de los espacios naturales protegidos. *Boletín de Europarc España* 42: 34-35.

DOUGHTY, P. (2008). How things began: the origins of geological conservation, pp. 7-16. In: Burek, C.V. & C.D. Prosser (Eds.). *The History of Geoconservation*. The Geological Society, London.

FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ, E., A. HILARIO, L. ALCALÁ, J.M. MONASTERIO, J.A. MARTÍNEZ & C. DE SANTISTEBAN BOVÉ (2014). Actividades de divulgación del patrimonio geológico en geoparques. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 22: 61-68.

GORDON, J.E. (2018). Geoheritage, geotourism and the cultural landscape: enhancing the visitor experience and promoting geoconservation. *Geosciences* 8(136): 1-25.

GRAY, M. (2004). *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley and Sons, Chichester.

GRAY, M., J.E. GORDON Y BROWN (2013). Geodiversity and the ecosystem approach: the contribution of geoscience in delivering integrated environmental management. *Proceedings of the Geologists' Association* 124: 659-667.

HILARIO, A. & L. CARCAVILLA (2020). Twenty Years of Spanish Geoparks: Analysis and Future Prospects. *Geoheritage* 12, 87.

HILARIO, A. (2008). El Flysch de Zumaia y Centro Algorri: divulgación geológica y gestión de un afloramiento espectacular (Zumaia, País Vasco). *De Re Metallica* 10: 1-9.

HILARIO, A., A. ASRAT, B.V.W. DE VRIES, D. MOGK, G. LOZANO, J. ZHANG, ... & S. FINNEY (2022). *The first 100 IUGS geological heritage sites*. International Union of Geological Sciences (IUGS).

JONES, C. (2008). History of geoparks, pp. 273-277. In: Burek, C.V. & C.D. Prosser (Eds.). *The History of Geoconservation*. The Geological Society, London.

LOZANO, G., L. CARCAVILLA, S. FINNEY, A. HILARIO, J. VEGAS B.V. WYK DE VRIES & J. ZHANG (2024). *The second 100 IUGS geological heritage sites*. International Union of Geological Sciences (IUGS).

MCKEEVER, P. & N. ZOUROS (2005) Geoparks: celebrating earth heritage, sustaining local communities. *Episodes* 28(4): 274-278.

MEIRA, S.A., E.V. DA SILVA, M.A.L. DO NASCIMENTO & A. HILARIO (2021). Geodiversity, marketing and photographic images: the Basque Coast UNESCO Global Geopark (Spain) as a geotouristic destination. *Caderno de Geografia* 31(66): 766-787.

MIGON, P., V. VANDELLI, P. CORATZA, A. HILARIO & M. SOLDATI (2025). Rock-controlled coastal landforms in the flysch-dominated Basque Coast UNESCO Global Geopark. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria* 48(1-2): 7-24.

PESCATORE, E., M. BENTIVENGA & S.I. GIANO (2023). Geoheritage and geoconservation: some remarks and considerations. *Sustainability* 15(7), 5823.

REYNARD, E. & J. BRILHA (Eds.) (2025). *Geoheritage: assessment, protection, and management*. *Second Edition*. Elsevier.

SIMÓN, J.L., M.M. CATANA & J. POCH (2011). La enseñanza de la Geología en el campo: un compromiso de los Geoparques reconocidos por la Unesco. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra* 19: 74-80.