

## Actividades de divulgación del patrimonio geológico en geoparques

### *Activities of geological heritage dissemination in geoparks*

ESPERANZA FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ<sup>1</sup>, ASIER HILARIO ORUS<sup>2</sup>, LUIS ALCALÁ<sup>3</sup>, JUAN MANUEL MONASTERIO<sup>4</sup>, JOSÉ ANTONIO MARTÍNEZ<sup>4</sup> Y CARLOS DE SANTISTEBAN BOVÉ<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Coordinación del artículo y apartados generales. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Campus de Vegazana, s/n 24071 León. E-mail: e.fernandez@unileon.es

<sup>2</sup> Geoparque de la Costa Vasca. Navegando por la historia de la Tierra. Basque Coast Global geopark. Ifar Kalea 4. 20820 Deba. Gipuzkoa. E-mail: flysch@gipuzkoa.net

<sup>3</sup> Fundación Dinópolis. Un mosaico de recursos paleontológicos en Teruel. Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis. Av. Sagunto s/n. 44002 Teruel. E-mail: alcala@dinopolis.com

<sup>4</sup> Geoparque de la Comarca de Molina y el Alto Tajo. Una comarca que sumerge a los estudiantes en la historia de la Tierra. Museo de Molina. Plaza de San Francisco s/n. Molina de Aragón. 19300 Guadalajara. E-mail: museosdemolina@gmail.com

<sup>5</sup> Parque geológico de Chera. Una experiencia de formación de geología. Departament de Geologia. Universitat de València. E-mail: Carlos.santisteban@uv.es

**Resumen** En los últimos años se ha producido un incremento en la consideración del patrimonio geológico como recurso que enfatiza el valor científico, educativo y recreativo de la geología. Una de las consecuencias de este crecimiento es la delimitación de áreas con estrategias de desarrollo socioeconómico y cultural centradas en la geología. Este es el caso de los territorios con categoría de parques geológicos y geoparques, en los cuales es habitual el desarrollo de diferentes estrategias de divulgación geológica que pueden ser útiles en la enseñanza formal de la geología. En este artículo se describen cuatro experiencias de divulgación geológica desarrolladas en territorios con alguna de estas categorías: el Geoparque de la Costa Vasca, la Fundación Dinópolis de Teruel, el Geoparque de la Comarca de Molina de Aragón y del Alto Tajo, y el Parque geológico de Chera.

**Palabras clave:** Patrimonio geológico, geoparque, aprendizaje, divulgación.

**Abstract** *In recent years there has been an increase in the consideration of geological heritage as a resource that emphasizes the scientific, educational and recreational value of geology. One consequence of this growth is the delimitation of areas with socioeconomic and cultural development strategies that are based on geoheritage sites. This is the case of the territories under the category of geological parks and geoparks, where it is common to design and develop different strategies of geological dissemination that may be useful in the formal teaching of geology. Several experiences of geological dissemination developed in four Spanish geoparks (Coast Vasque Geopark, Maestrazgo Geopark, Geopark of Molina de Aragón and the Alto Tajo, and the Geological park of Chera) are described in this article.*

**Keywords:** *Geological heritage, geopark, learning, dissemination.*

## INTRODUCCIÓN

Aunque la idea de patrimonio geológico tiene un largo recorrido dentro de las actividades conservacionistas en nuestro país (ver artículos 2, S. Casado, y 3, Díaz-Martínez et al., de este mismo monográfico), se trata de una parte del patrimonio natural que ha sido tradicionalmente poco tenida en cuenta, tanto a nivel legal como educativo y recreativo (Sastre Merlín, 2007). No obstante, existen signos claros de que este hecho está cambiando.

Por un lado, nos encontramos con la formalización legal de patrimonio geológico, que en España ha sido realizada a través de la Ley 42/2007 de 13 de diciembre, de Patrimonio Natural y Biodiversidad. Esta definición (ver artículo 2 de este monográfico, firmado por L. Carcavilla) nos da la clave del interés que el patrimonio geológico tiene en la enseñanza de las ciencias de la Tierra, un interés centrado principalmente en dos aspectos. El primero de ellos es el hecho de que hay lugares y elementos geológicos que entran a formar parte de este patrimonio pre-

cisamente por su valor educativo, es decir, porque son modelos que nos sirven para mostrar de forma ejemplar determinados procesos y registros geológicos de nuestro planeta. El segundo aspecto es que estos lugares y elementos son precisamente el instrumento a través del cual hemos llegado a obtener los conocimientos que tenemos sobre la Tierra, sobre su origen, funcionamiento e historia. En definitiva: la enseñanza de las Ciencias de la Tierra tiene mucho que ganar si se apoya en el patrimonio geológico (en este sentido son interesantes los trabajos de Catana y Caetano Alves, 2009; Belmonte Ribas, 2011; y Simón *et al.*, 2011).

Por otro lado, nos encontramos con un progresivo reconocimiento de la importancia que la geología tiene para la sociedad, la ciencia, la educación, e incluso como sustrato de actividades culturales y espirituales. Como indican Prosser *et al.* (2006) *Geology plays an essential role in all of our lives*. Este reconocimiento se recoge también en los resultados del Millennium Ecosystem Assessment (MA, 2001-2005), un análisis sobre la importancia de la naturaleza para la sociedad, realizado entre los años 2001 y 2005 a petición del Secretario General de la Organización de las Naciones Unidas, Kofi Annan, y en el que participaron 1300 científicos de diversas disciplinas (Gray *et al.*, 2013). Una lectura de estos resultados permite constatar que los materiales terrestres no pueden ser vistos exclusivamente como *recursos de aprovisionamiento* de las materias primas que sustentan nuestra sociedad, sino que deben ser también considerados como *recursos reguladores y de sostenibilidad* (por ejemplo, al favorecer la biodiversidad) y como importantes *recursos culturales*. Es importante señalar que el adjetivo *cultural* no indica origen del patrimonio (que, en este caso, es natural) sino que está relacionado con la utilización del mismo, con su uso en nuestra sociedad. Por tanto, la inclusión de la geología dentro de esta última categoría es debida a los valores científicos, educativos y culturales que tiene, sin duda, la parte abiótica de los ecosistemas (Gray *et al.*, 2013; se recomiendan especialmente las figuras 1 y 2).

De forma paralela a este incremento en el valor otorgado a la geología, también ha aumentado la percepción de las amenazas que se ciernen sobre ella y la necesidad de desarrollar políticas de gestión que permitan conservar lo más valioso de nuestro registro geológico. En este trabajo, el verbo conservar

tiene el sentido indicado por Prosser *et al.* (2006), de dar un uso, de utilizar, pero manteniendo o incrementando el valor del elemento patrimonial.

Fruto de estos cambios, han surgido diversas iniciativas centradas en la utilización del patrimonio geológico como *recurso cultural*, es decir con fines que podríamos adjetivar como patrimoniales (turístico-recreativos, educativos, científicos, espirituales, deportivos, etc.), pudiendo funcionar esta actividad, en muchos casos, como motor de desarrollo socioeconómico de un territorio. Un ejemplo se encuentra en los parques geológicos y geoparques, denominaciones genéricas que abarcan diferentes tipos de territorios a los que pueden sobre-imponerse diversas figuras de espacios naturales, diferentes estrategias de desarrollo socioeconómico a nivel territorial y varias actividades de conservación del patrimonio geológico que contienen.

Antes de pasar a describir las experiencias que conforman este artículo conviene realizar una aclaración relacionada con el término geoparque. Como se indicó anteriormente, un geoparque puede ser cualquier territorio en el cual se utilice el patrimonio geológico como *recurso cultural*. Sin embargo este término puede aludir específicamente a un territorio que forma parte de la Red Global de Geoparques (*Global Network of National Geoparks*), una iniciativa que surgió en Europa en el año 2000 y que ha tenido un desarrollo exponencial desde su nacimiento. Un artículo muy recomendable sobre el significado de los geoparques y la enseñanza de la geología es el publicado por Simón *et al.* (2011) en esta misma revista.

España, que aportó uno de los cuatro geoparques pioneros de esta red, cuenta en la actualidad con 10 territorios con esta categoría: Geoparque del Maestrazgo (Teruel), Parque Natural de las Sierras Subbéticas (Córdoba), Parque Natural del Cabo de Gata (Almería), Sobrarbe (Huesca), Costa Vasca (Guipúzcoa), Sierra Norte de Sevilla, Villuercas-Ibores-Jara (Cáceres), Cataluña Central, Comarca de Molina de Aragón y el Alto Tajo (Guadalajara) y el más reciente, El Hierro. Aunque un geoparque debe demostrar que posee un patrimonio geológico de interés internacional, el propósito de esta figura no es conservar o dar a conocer la geología como tal, sino explorar y desarrollar los posibles vínculos existentes entre la geología y los demás patrimonios (natural, cultural, intangible, etc.) presentes en el territorio. Como se indica en la web de la Red Global de Geoparques (<http://www.globalgeopark.org>), un geoparque *is about reconnecting human society at all levels to the planet we all call home and to celebrate how our planet and its 4,600 million year long history has shaped every aspect of our lives and our societies*. De nuevo encontramos aquí la idea de que la geología está en la base de nuestras vidas, no sólo como individuos sino también como sociedad. Y es esta idea la que el patrimonio geológico puede transmitir de forma excepcional.

En este artículo se presentan cuatro experiencias de divulgación geológica realizadas en áreas caracterizadas por desarrollar actividades centradas en su patrimonio geológico (Fig. 1). Aunque el sustrato geológico, el enfoque y las actividades son diferentes, todas ellas son ejemplos de utilización



Fig. 1. Mapa de la Península Ibérica con la ubicación geográfica de los espacios cuyas actividades se exponen en este trabajo.



Fig. 2. Paisaje del Geoparque de la Costa Vasca, un lugar que aúna belleza y geología

de la geología en la enseñanza, tanto formal como no formal. Dos de estas regiones, el Geoparque de la Costa Vasca y el Geoparque de Molina-Alto Tajo, forman parte de la red europea de geoparques. El tercer ejemplo se centra en la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis, que está parcialmente ubicada dentro del primer geoparque declarado en España, el Geoparque del Maestrazgo. Por último, el artículo expone las experiencias didácticas realizadas en el Parque geológico de Chera, un municipio de Valencia (en un territorio no declarado geoparque), cuyos altos valores naturales atraen el turismo medioambiental.

## GEOPARQUE DE LA COSTA VASCA

### Navegando por la historia de la Tierra

Un paseo en barco frente al impresionante flysch de Zumaia, en el Geoparque de la Costa Vasca, es una experiencia geológica y didáctica que permanece en la memoria de los estudiantes como una fotografía real de la historia de la Tierra (Fig. 2)

El flysch del Geoparque de la Costa Vasca aflora a lo largo de 13 kilómetros de acantilados que muestran una secuencia estratigráfica continua de unos 60 Ma, desde el Cretácico inferior (Albiense, 110 Ma) hasta el Eoceno (Ypresiense, 50 Ma). Los estratos de caliza, margas, arcilla y arenisca que conforman esta gran secuencia de antiguos fondos marinos fueron verticalizados y alzados sobre el nivel del mar hace unos 40 Ma, durante la gran colisión pirenaica. En los últimos miles de años, la erosión del mar los ha expuesto en estos grandes acantilados, que nos permiten caminar por su base viajando en el tiempo y descubriendo los principales eventos geológicos y ambientales acaecidos a lo largo de este vasto periodo de tiempo. Este hecho es especialmente relevante en la zona de Zumaia, donde, en tan sólo 200 metros de afloramiento, se han registrado de manera continua 4 eventos geológicos que se han seleccionado para marcar 4 límites geocronológicos (Fig. 3). Además, dos de ellos han

sido definidos como estratotipo global por la Unión Internacional de Ciencias Geológicas (IUGS, en sus siglas en inglés). La extinción del límite Cretácico / Paleógeno (66 Ma) y el gran calentamiento del Límite Paleoceno / Eoceno (56 Ma) tienen, además, fuertes implicaciones ambientales que permiten elaborar un discurso didáctico de gran calado entre los estudiantes. Nos encontramos ante la sección con mayor concentración de límites geocronológicos relevantes del planeta.

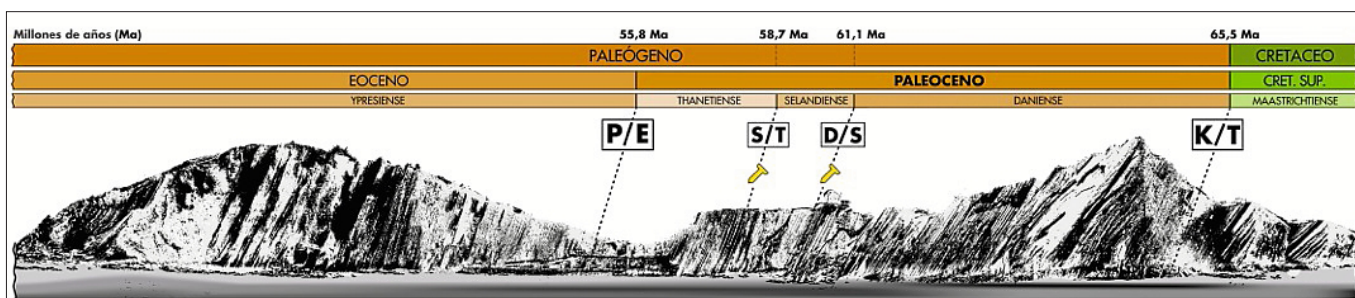
Además de ser un lugar de indudable valor científico, el flysch de Zumaia tiene también un enorme potencial didáctico. Pocos lugares ofrecen la posibilidad de comparar, de forma tan excepcional, el registro geológico con un libro; un libro con decenas de personajes, los microfósiles, que aparecen y desaparecen a lo largo de la historia. Un libro con páginas de roca y grandes sucesos que definen capítulos que reflejan las distintas épocas del tiempo geológico.

El discurso pedagógico de esta experiencia marítimo-geológica está formado por los siguientes temas:

1.- *Formación del flysch: la escritura del gran libro.* La experiencia didáctica está orientada a comprender el origen marino del flysch de Zumaia y a contextualizar este afloramiento en la geología de la Cuenca Vasco-cantábrica. Durante la misma se explican diversos conceptos de la tectónica de placas para entender que, a escala geológica, los paisajes y las geografías son cambiantes.

2.- *Límites y estratotipos: los capítulos del libro.* ¿Cómo se divide el tiempo geológico? Se busca que los asistentes al paseo comprendan que el tiempo geológico se divide utilizando eventos globales reconocibles en las rocas, cuya importancia define diferentes niveles de división. Tenemos ante nuestros ojos dos medallas de oro, los estratotipos reconocidos oficialmente, y dos medallas de plata, los límites K/T y P/E, que fueron propuestos como estratotipo global en los años 1991 y 2003 respectivamente. Su presencia en Zumaia permite explicar el significado y la relevancia de los estratotipos.

Fig. 3. Esquema general de la sección estratigráfica de la playa de Zumaia, con indicación de los 4 límites geocronológicos referidos en el texto.





3.- *El límite K/T: la gran extinción de los dinosaurios. ¿Estamos ante un nuevo evento de extinción masiva?* La presencia de este atractivo límite en Zumaia permite mostrar la labor detectivesca de los geólogos para construir teorías complejas y globales basándose en las pequeñas pruebas que se encuentran en las rocas. Durante esta experiencia, se analizan las causas de la gran extinción de finales del Cretácico y sus implicaciones en el desarrollo posterior de la vida. Un paso conceptual más allá permite realizar una breve reflexión sobre las causas de la crisis de biodiversidad actual.

4.- *Los ciclos de Milankovitch: la ciclicidad escondida de las rocas. ¿Quién controla las variaciones cíclicas del clima?* Uno de los aspectos más sorprendentes para los asistentes al paseo en barco se centra en el control que los ciclos astronómicos ejercen sobre el clima y la sedimentación. Hablar de estos temas permite introducir cuestiones relacionadas con la exploración del hielo antártico como biblioteca del clima cuaternario, algo imprescindible para contextualizar el momento actual de cambio climático.

5.- *El límite P/E: el gran calentamiento de la atmósfera. ¿Tenemos un espejo geológico para comprender el calentamiento climático actual?* Este límite es una especie de piedra Roseta que permite reconocer las causas y las consecuencias de un *supercalentamiento* y realizar una comparación con los parámetros actuales. La pregunta ¿puede volver a ocurrir algo similar? no deja indiferente a nadie.

Esta propuesta didáctica comienza en el centro de interpretación Algorri y utiliza material gráfico y cuadernos de trabajo expresamente diseñados para un nivel de bachillerato. Más información sobre esta experiencia y otras que se desarrollan en el Geoparque de la Costa Vasca puede encontrarse en [www.geoparkea.com](http://www.geoparkea.com) y en [www.algorri.eu](http://www.algorri.eu).

## FUNDACIÓN DINÓPOLIS

### Un mosaico de recursos paleontológicos en Teruel

La provincia de Teruel se sustenta sobre un patrimonio geológico que ha servido de inspiración a eruditos, curiosos, aficionados y profesionales de la paleontología desde hace siglos. En los últimos años, dos hitos han reforzado las facetas educativas y lúdicas asociadas al patrimonio geológico, como son el establecimiento de un geoparque y la creación de un potente núcleo de investigación, conservación



Fig. 4. Un grupo de escolares y sus profesores descifran el significado de los fósiles con la ayuda de paleontólogos de Dinópolis en el yacimiento de icnitas de dinosaurios de Las Cerradicas (Galve, Teruel).

y difusión del patrimonio paleontológico, el Conjunto Paleontológico de Teruel conocido popularmente como Territorio Dinópolis (Alcalá, 2005, 2011a, 2011b; <http://www.fundaciondinopolis.org/>).

El Geoparque del Maestrazgo (<http://www.geoparquemaestrazgo.com/>) se inscribe en uno de los cuatro territorios europeos cuyos esfuerzos conjuntos dieron lugar a la fundación de la Red Europea de Geoparques (Zouros & McKeever, 2009), germen de la Red Global de Geoparques auspiciada por UNESCO. El geoparque turolense fue creado sobre la estructura del Parque Cultural del Maestrazgo, una amplia región de interior que abarca 2.622 km<sup>2</sup> pertenecientes a seis comarcas distintas, reúne a 43 municipios y está poblada por apenas 14.000 habitantes. Dinópolis es un conjunto paleontológico compuesto por una instalación principal, de gran envergadura y situada en la ciudad de Teruel, que alberga un verdadero museo paleontológico; además, se compone de seis centros expositivos diseminados por la provincia, en lugares caracterizados por su riqueza paleontológica (y de un séptimo en fase de construcción). Dos de esos centros se sitúan en el interior del geoparque, en las poblaciones de Castellote y Galve. Ambas instituciones, Geoparque y Dinópolis, pretenden asentar un emergente turismo para lograr un mayor avance en la formación geológica de la sociedad -mediante el disfrute por la misma de este tipo de recursos- y para contribuir al progreso en la calidad de vida de la población local mediante el fomento del geoturismo (Alcalá, 2011a). Precisamente, el incremento de la cultura científica geológico-paleontológica entre la población escolar es uno de los principales objetivos de ambas iniciativas (Fig. 4).

El municipio de Galve constituye un ejemplo representativo de lo anterior por reunir tanto una amplia tradición paleontológica -de allí procede el primer nuevo dinosaurio descrito en España- como diversos elementos de interés educativo.

- En el ámbito de la protección del patrimonio paleontológico, el municipio contiene 5 yacimientos de icnitas de dinosaurios que han sido declarados Bien de Interés Cultural (BIC): Ríos Bajos, Las Cerradicas, Los Corrales de Pelejón, El Cantalar y Barranco Luca. Estos lugares, especialmente los más accesibles -que disponen de información al respecto- dan pie a la introducción del concepto de BIC y a la enseñanza de que las intervenciones en yacimientos paleontológicos están reguladas por normativas patrimoniales. Asimismo, muy cerca de la población se sitúa una explotación industrial de arcillas cuyo permanente control paleontológico está generando importantes colecciones de fósiles de dinosaurios, ejemplificando la conciliación entre los usos industriales del territorio y la recuperación de su patrimonio paleontológico.

- Desde un punto de vista geoturístico, Galve dispone de un conjunto de diversos atractivos relacionados con los dinosaurios. Desde hace unas décadas se configuró allí el llamado *Parque Paleontológico de Galve*, compuesto por la exposición de una colección privada de fósiles, la habilitación de un yacimiento de icnitas y la instalación al aire libre de reconstrucciones a tamaño natural de algunos dinosaurios. Las inversiones más recientes han sido la construcción de uno de los centros satélite de Di-

nópolis y la moderna adecuación de un yacimiento de icnitas, muy bien situado justo en el margen de la carretera de acceso a la población. No se disponen de datos acerca de las visitas que se producen en los puntos habilitados al aire libre, pero sí de quienes se han acercado hasta el satélite de Dinópolis: desde su apertura al público en 2004 hasta el año 2013 se han adquirido 69.465 entradas, cuyo impacto en la localidad puede contrastarse con la cifra de sus 168 habitantes empadronados.

- Con referencia a los programas educativos específicos, uno de los yacimientos de icnitas se utiliza regularmente para transmitir una aproximación a la metodología de las investigaciones paleontológicas (Figs. 4 y 5). Dicho yacimiento, denominado Las Cerradicas, reúne las condiciones apropiadas de accesibilidad y protección, y permite la discusión acerca de los productores de las icnitas, dado que los escolares se enfrentan a dos interpretaciones diferentes que se han mantenido por distintos equipos de investigación en los últimos años (Alcalá *et al.*, en prensa). La interpretación de los escolares, cualquiera que sea, debe ser argumentada a partir de las observaciones realizadas.

Este tipo de actividades, cuyos detalles ya se han presentado con anterioridad en esta misma publicación (Alcalá *et al.*, 2006, 2010a, 2010b), no sólo se plantean en Galve sino que también se llevan a cabo en otros municipios del geoparque o de la provincia con motivo de la celebración de eventos especiales, tales como la Semana Europea de los Geoparques, *Geología*, *Geódromo*, Cursos de Universidad de Verano, etc.

## GEOPARQUE DE LA COMARCA DE MOLINA Y EL ALTO TAJO

### Una comarca que sumerge a los estudiantes en la historia de la Tierra

El patrimonio geológico de la Comarca de Molina (Fig. 6) es objeto de atención por parte de la comunidad científica desde largo tiempo atrás. Así, ya en 1754 y a partir de hallazgos realizados en este territorio, José Torrubia publicó uno de los primeros tratados españoles sobre paleontología. Más tarde, esta Comarca se convertiría en lugar de trabajo habitual para investigadores de las principales universidades de la zona centro. Fruto de este trabajo son, entre otros, el establecimiento, por parte de la Unión Internacional de Ciencias Geológicas, del primer Estratotipo de Límite Global (GSSP) situado en España, concretamente el estratotipo del límite entre el Aaleniense y el Toarciense, en la Sección del Jurásico de Fuentelsaz del Campo. También son de gran interés la base del Silúrico de Checa, la sección del Pérmico de Rillo de Gallo, o el Triásico de la Hoz de Río Gallo. El reconocimiento de su patrimonio geológico continuó con el Plan de Ordenación de Recursos del Parque Natural del Alto Tajo, y culmina con la reciente integración en la Red Global de Geoparques, obtenida tras un intenso trabajo impulsado y coordinado por el Museo Comarcal de Molina. Además, la divulgación de la geología del Parque Natural del Alto Tajo ha cristalizado en la publicación de una guía geológica (Carcavilla *et al.*, 2008, que puede



Fig. 5. Las icnitas de Las Cerradicas marcadas en blanco y las marcadas en negro ¿fueron producidas por un mismo tipo de dinosaurio o bien por dos tipos distintos, uno carnívoro y otro comedor de plantas?

descargarse gratuitamente en <http://www.igme.es/internet/patrimonio/descargas.htm>) y de varios artículos, entre los que destaca el publicado por Carcavilla (2007) en esta misma publicación.

En esencia, el marco geológico de este territorio está constituido por una serie sedimentaria en la que, salvo algunas lagunas, aparecen representados los principales eventos sedimentarios y tectónicos de la historia de la Tierra, desde el Paleozoico inferior hasta la actualidad. En ella se ha encajado una extensa red fluvial, dando lugar una serie de barrancos y cañones que cortan las estructuras, poniendo al descubierto afloramientos en excelentes condiciones para el aprovechamiento científico, didáctico y turístico. Diversas circunstancias se conjugan para propiciar el interés educativo de esta comarca; entre ellos destacamos las siguientes:

- Alta geodiversidad, derivada de su variedad de sustratos geológicos, tanto ácidos, como alcalinos y hasta salobres. Este hecho ejerce una influencia directa sobre la vegetación que se instala sobre ellos, favoreciendo así el desarrollo de una gran diversidad biótica.

- Los valles suelen cortar las estructuras geológicas de forma perpendicular, por lo que ponen al descubierto de forma clara sus diferentes elementos, las relaciones entre estos y su evolución, haciendo asequible su comprensión a públicos muy diferentes. Con frecuencia, además, la belleza de los paisajes originados ayuda a hacer de las ciencias de la Tierra una disciplina atractiva para cualquier visitante.

- El clima continental seco y riguroso propicia una cobertera vegetal rala, que no enmascara los rasgos geológicos y permite la observación clara de los detalles estratigráficos y petrológicos sobre la superficie del terreno.



Fig. 6. Estratificación del Jurásico y Cretácico en el Geoparque de la Comarca de Molina y el Alto Tajo. Los afloramientos rocosos aportan una belleza innegable al paisaje que se descubre desde el mirador de Zaorejas.



- La orientación, generalmente de este a oeste, de los cañones fluviales da lugar a una gran diferencia en la insolación que estos reciben, lo que propicia diferentes condiciones ambientales con la consiguiente variedad de procesos geológicos y micro hábitats que amplían la geo- y biodiversidad en torno a ellos.

- La baja densidad de población (en torno a los 2 habitantes por km<sup>2</sup>) y la ausencia de infraestructuras públicas o industriales, asociada al escaso desarrollo del territorio, han permitido la preservación de un entorno natural que sólo está mínimamente antropizado.

La existencia de una amplia red de carreteras secundarias y caminos que permite una adecuada accesibilidad a los afloramientos. Esta circunstancia, junto con las últimas mejoras experimentadas por las redes viarias nacionales, hace posible la visita a los lugares de interés geológicos más conocidos desde las principales ciudades circundantes en un tiempo escaso, permitiendo su visita en una sola jornada.

Además, es especialmente relevante la claridad con que se puede apreciar la interdependencia que se da entre los diferentes elementos que conforman el medio natural, como el sustrato litológico y la vegetación, y cómo estos determinan, a su vez, la fauna que habita la comarca y los modos de vida desarrollados por los seres humanos lo largo de la historia de este territorio. Como se mencionó anteriormente (ver Introducción) la posibilidad de observar las relaciones entre los diferentes elementos

que conforman los paisajes entronca de forma muy directa con los valores que la Red Global de Geoparques, la cual trabaja para poner en valor el patrimonio natural y cultural de los espacios que la integran.

No obstante, y a pesar de que este territorio ofrece grandes aptitudes para el trabajo de campo, se ha considerado necesario contar con un centro de interpretación que ofrezca una visión general y organizada de su patrimonio natural. Para ello, el Museo Comarcal de Molina ha ampliado sus instalaciones con el objetivo de presentar una experiencia que sumerja al visitante en el patrimonio natural y cultural de la Comarca de Molina desde un punto de vista holístico, poniendo especial énfasis en las relaciones de interdependencia que se establecen entre la geología y los componentes botánicos, faunísticos y culturales (Fig. 7).

Con este objetivo se ha diseñado un discurso museográfico que se articula a lo largo de seis salas dedicadas a sendos temas: Mineralogía y Paleontología, Geología y Botánica, Medio Ambiente, Evolución Humana, Arqueología y Exposiciones Temporales. Con el fin de lograr un óptimo aprovechamiento, estas instalaciones se ven apoyadas por aulas, talleres, laboratorios y almacenes.

En la Sala de Geología una columna muestra las diferentes litologías presentes en la comarca, con sus características petrológicas y sus relaciones estratigráficas (Fig. 8). Se ha destacado el papel que desarrolla el agua como agente modelador del paisaje, mostrando así la corteza terrestre como un ente dinámico. La posterior visita a la Sala de Medio Ambiente permite apreciar cómo la geología determina los rasgos de las comunidades bióticas que se establecen sobre los diferentes sustratos geológicos. Durante su montaje, se ha permitido el acceso tanto a los visitantes del museo como a grupos de alumnos en visitas periódicas, implicándoles en su diseño y construcción.

Finalmente en las Salas de Evolución Humana y Arqueología es posible advertir cómo el desarrollo de las sucesivas civilizaciones ha estado determinado por el medio natural sobre el que se han asentado y por las posibilidades de aprovechamiento de los recursos que este les ha brindado.

El objetivo es que este museo permita una mejor visión de la ubicación del ser humano dentro del medio natural, favoreciendo así una mayor comprensión de los rasgos de la civilización como resultado de su evolución a partir del medio natural que la sustenta.



Fig. 7. Diferentes etapas en el montaje de la Sala de Medio Ambiente del Museo de Molina.



Fig. 8. Clase de geología ante la columna estratigráfica del Museo de Molina.

## PARQUE GEOLÓGICO DE CHERA

### Una experiencia de formación en geología

El Parque Geológico de Chera – Sot de Chera se halla en la provincia de Valencia, próximo a la población de Requena. Está organizado para mostrar la estructura y evolución de un sector de la Rama Castellana del Sistema Ibérico, desde los inicios del plegamiento Alpino hasta la actualidad. La particularidad de esta zona es que la integridad del territorio del parque se halla sobre una banda de cizalla superpuesta transversalmente a un cabalgamiento (Cabalgamiento de Buñol – Utiel). La expresión superficial de esta banda de cizalla es la generación de un conjunto de fosas tectónicas desarrolladas desde el Cretácico Superior hasta la actualidad. Además, es un sector con tectónica activa en el que se están generando estructuras a gran escala (sistemas de fallas lístricas) comparables con otras fósiles que pueden observarse en la misma zona. Dadas estas condiciones, y entre otras actividades, se ha diseñado un proyecto práctico de formación, en la asignatura de Biología y Geología del Máster de Profesor de Secundaria (Fig. 9), consistente en:

1) La adquisición de contenidos en el campo, por medio de observaciones en tres acciones distintas: a) la toma de datos en los afloramientos, b) la utilización de la cartografía geológica, c) la realización de una interpretación geológica del paisaje.

2) El análisis de la información de campo y del mapa geológico para hacer una modelización de procesos en un ejercicio de interpretación del pasado o post-dicción.

3) El desarrollo de experimentos que reproducen los modelos interpretativos.

4) La elaboración de una hipótesis sobre la formación de una fosa en una banda de cizalla.

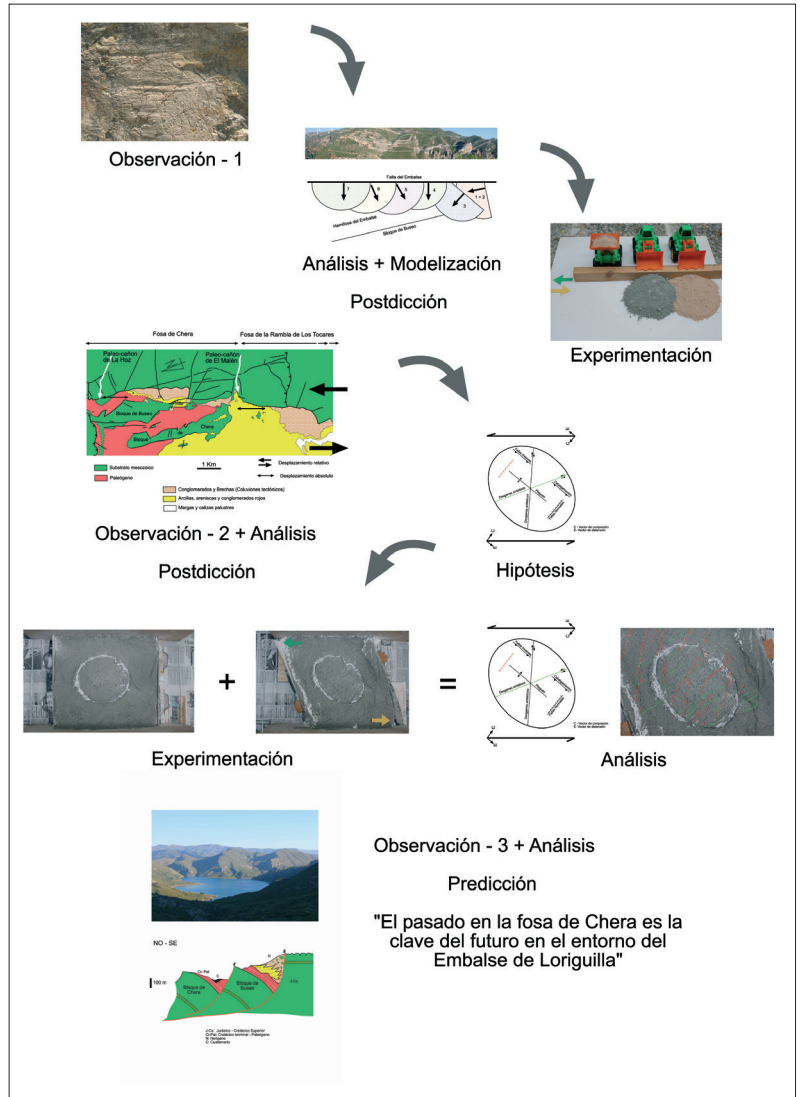
5) La reproducción experimental de las estructuras tectónicas posibles, según la hipótesis planteada.

6) La aplicación del ejemplo analizado a la interpretación del entorno para establecer una nueva hipótesis predictiva.

Con esta experiencia se muestra que la integración de datos en relación con elementos de pequeño tamaño (estrías de falla), sirve para explicar grandes estructuras. En el caso de la fosa tectónica de Chera, su constitución y dinámica pueden reproducirse experimentalmente permitiendo a los alumnos explicar los rasgos actuales del paisaje y, también, inferir la estructura de esta zona en un futuro geológico.

## CONCLUSIONES

La visión tradicional de la geología como recurso de aprovisionamiento de materias primas está siendo implementada con su consideración como recurso de regulación, de sostenibilidad y de tipo cultural. Dentro de este último, el patrimonio geológico juega un papel esencial porque reúne aquellos elementos que mejor han registrado el pasado de nuestro planeta y que más fácilmente pueden utilizarse para transmitir la importancia de la geología a la sociedad del siglo XXI.



La utilización de la geología como recurso cultural y la transmisión de las relaciones entre la geología y el resto de los elementos naturales y culturales de un territorio se realiza de forma significativa a través de los geoparques. En este artículo se muestran algunas de las actividades diseñadas para divulgar la geología tanto a públicos generales como a estudiantes de diversos niveles.

Un nutrido grupo de estas enseñanzas se relacionan con los métodos empleados por la geología para leer la historia de la Tierra en las rocas y fósiles. Este es el caso de la utilización de eventos en la creación de la tabla de tiempos geológicos (Geoparque de la Costa Vasca), o de la realización de las inferencias paleontológicas que permiten interpretar las huellas dejadas por animales que caminaron, hace millones de años, sobre la superficie de nuestro planeta (Fundación Dinópolis). En este apartado, resultan de especial interés aquellos lugares y actividades cuyo estudio permite comparar eventos del pasado con diversos fenómenos que, como el calentamiento global o la pérdida de la biodiversidad, nos preocupan en la actualidad (Geoparque de la Costa Vasca). Otras actividades de divulgación se encaminan a mostrar la influencia abiótica en un paisaje o en la historia de la comarca (Geoparque de la Comarca de Molina de

Fig. 9. Desarrollo del ejercicio en el Parque geológico de Chera - Sot de Chera, por medio de secuencias de observación, análisis, modelización, establecimiento de hipótesis, experimentación y predicción.

Aragón y del Alto Tajo). Y un tercer tipo, dirigida a estudiantes de cierto nivel en geología, permite visualizar en el campo los conceptos y elementos geológicos que se enseñan y aprenden en las aulas (Parque Geológico de Chera).

En cualquier caso, e independientemente del tipo de actividades, objetivos y público al que se dirijan estas propuestas, lo que estos territorios están demostrando es la utilidad del patrimonio geológico como motor de desarrollo socioeconómico sostenible, especialmente, aunque no de forma exclusiva, en regiones con baja densidad de población y un tejido industrial nulo o inexistente. El futuro de estas regiones, y del patrimonio geológico que albergan, no depende sólo de la gestión patrimonial que se realice, sino también del uso que el profesorado haga de ellos. Aprender a utilizar este recurso ha de ser uno de nuestros retos en la enseñanza de la geología en el siglo XXI.

## BIBLIOGRAFÍA

Alcalá, L. (2005). *El Conjunto Paleontológico de Teruel: utilización social de recursos paleontológicos*. En: Geociencias, recursos y patrimonio geológicos (Ed: M.A. Lamolda). Instituto Geológico y Minero de España (Madrid), Geología y Geofísica, 3, 17-30.

Alcalá, L. (2011a). (Maestrazgo Geopark + Territorio Dinópolis) = A decade fostering geotourism in Teruel, Spain. En: Geotourism in Action, Proceedings of the International Congress of Geotourism-Arouca, 177-180.

Alcalá, L. (2011b). Territorio Dinópolis. *Her&Mus*, 10.3, 96-106.

Alcalá, L., González, A., y Aberasturi, A. (2006). Teruel, un laboratorio paleontológico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14.3, 213-221.

Alcalá, L., González, A. y Luque, L. (2010a). Los talleres paleontológicos como recurso didáctico interactivo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18.1, 119-124.

Alcalá, L., González, A. y Luque, L. (2010b). Talleres paleontológicos como recurso en la enseñanza de la biología y la geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18.2, 216-221.

Alcalá, L., Mampel, L. Royo-Torres, R. y Cobos, A. (en prensa). On small quadrupedal ornithopod tracks in Jurassic-Cretaceous transition intertidal deposits (El Castellar, Teruel, Spain). *Spanish Journal of Palaeontology*, vol. hom. Jordi María de Gibert.

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

Carcavilla, L. (2007). La divulgación de la geología en espacios protegidos: Las geo-rutas del Parque Natural del Alto Tajo (Guadalajara). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15.1, 65-76.

Carcavilla, L., Ruíz, R. y Rodríguez, E. (2008). *Guía geológica del Parque Natural del Alto Tajo*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. 267 p. ISBN: 84-7788-493-4

Catana, M.M. y Caetano Alves, M.I. (2009). Los programas educativos para escuelas del Geopark Naturtejo (Portugal): un aprendizaje en el campo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17.1, 93-101.

Gray, M., Gordon, J.E. y Brown, E.J. (2013). Geodiversity and the ecosystem approach: the contribution of geoscience in delivering integrated environmental management. *Proceedings of the Geologists' Association*, 124, 659-67.

Millenium Ecosystem Assessment (varios autores) 2001-2005. *Glosary*. <http://www.millenniumassessment.org/documents/document.776.aspx.pdf>. Última consulta el 14-11-2013, 39 p.

Prosser, C., Murphy, M. y Larwood, J. (2006). *Geological Conservation: A Guide to Good Practice*. English Nature.

Sastre Merlín, A. (2007). Patrimonio natural geológico y accesibilidad a su disfrute. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16.1, 2-8.

Simón, J.L., Catana, M.M. y Poch, J. (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*, 19.1, 74-80.

Zouros, N. y McKeever, P. (2009). European Geoparks Network and Geotourism. En: *New Challenges with Geotourism. Proceedings of the VIII European Geoparks Conference* (Ed.: Neto de Carvalho, C. y Rodrigues, J.). Ildanha-a-Nova, 19-23. ■

*Este artículo fue solicitado desde ECT el día 14 de octubre de 2013, y aceptado definitivamente para su publicación el 8 de enero de 2014.*