

EL PATRIMONIO GEOLÓGICO: UNA NUEVA VISIÓN DE LA TIERRA



Editores: Esther Martín-González,
Juan J. Coello Bravo y Juana Vegas Salamanca



MINISTERIO
DE CIENCIA, INNOVACIÓN
Y UNIVERSIDADES



Instituto Geológico
y Minero de España

ACTAS DE LA XIII REUNIÓN NACIONAL DE LA COMISIÓN DE PATRIMONIO GEOLÓGICO

Editores:

Esther Martín-González, Juan J. Coello Bravo y Juana Vegas Salamanca

Instituto Geológico y Minero de España

2019

Comisión de Patrimonio Geológico Serie: CUADERNOS DEL MUSEO
GEOMINERO. Nº 30

Sociedad Geológica de España. Comisión de Patrimonio Geológico. Reunión Anual
(13ª. 2019. Santa Cruz de Tenerife)

Actas de la XIII Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico: [el
patrimonio geológico: una nueva visión de la Tierra] / editores, Esther Martín-
González, Juan J. Coello Bravo y Juana Vegas Salamanca. – Madrid: Instituto
Geológico y Minero de España, 2019

X, 284 p.: il.; en línea – (Cuadernos del Museo Geominero ; 30)

ISBN: 978-84-9138-082-5

1.geología divulgación 2. congreso 3. España I. Instituto Geológico y Minero de
España, ed. II. Martín González, Esther, ed. III. Coello Bravo, Juan J., ed. IV. Vegas
Salamanca, Juana, ed. V. Serie

551(460)(042.3)

Explicación de la portada: Volcán del Teide, Parque Nacional, Tenerife (Islas Canarias).
Fotografía de Juan Jesús Coello Bravo

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico, mecánico, incluido fotografías, grabación o por cualquier otro sistema de almacenar información sin el previo permiso escrito del autor o editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal).

© INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

ISBN: 978-84-9138-082-5

Catálogo y venta de publicaciones de la Administración General del Estado en:

<http://publicacionesoficiales.boe.es/>

Imprime:

DIN IMPRESORES, S.L.

c/ Cabo Tortosa, 13-15 - Pol. Ind. Borondo 28500 - Arganda del Rey (Madrid)

PRESENTACIÓN

El presente volumen, número 30 de la Serie Cuadernos del Museo Geominero del Instituto Geológico y Minero de España (IGME), lleva por título “El patrimonio geológico: una nueva visión de la Tierra” y recoge los trabajos presentados en la XIII Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico, de la Sociedad Geológica de España (SGE), celebrada en el Museo de Naturaleza y Arqueología (MUNA), Santa Cruz de Tenerife, los días 18 a 21 de junio de 2019. Las reuniones de carácter nacional, que pasan a tener carácter internacional, que la Comisión de Patrimonio Geológico celebra, desde su pionera constitución en 1994, con periodicidad bianual, se han convertido en uno de los foros más importantes de nuestro país sobre la gestión integral de este patrimonio natural y de la geodiversidad. En ellas se presentan y discuten los trabajos y contribuciones más recientes relacionadas con la materia en todos sus aspectos. Es la primera vez que la reunión se celebra en Canarias, una región que cuenta, como el resto del territorio nacional, con destacados valores geológicos ligados a la ciencia y la investigación, y paisajes naturales de gran atractivo por su belleza y espectacularidad.

Estos factores le confieren un notable potencial geoturístico, sobre todo si se tiene en cuenta que el archipiélago es un importante destino que cuenta con una amplia oferta de alojamientos, infraestructuras y servicios de turismo de naturaleza, turismo rural y ecoturismo, con una cifra de 13,7 millones de personas que visitaron Canarias en 2018. La declaración de dos geoparques mundiales de la UNESCO, como son El Hierro y Lanzarote y archipiélago Chinijo, y la anunciada presentación de candidaturas de algunos más, atestiguan el interés existente en las islas por la conservación y la gestión sostenible de estos elementos del medio natural, cuya simple definición ya supone un cambio radical en la forma de entender el uso de los recursos geológicos, en su mayoría no renovables, que nos ofrece el planeta.

El presente volumen recoge las 40 contribuciones expuestas durante la reunión, distribuidas en siete sesiones científicas: 1. Inventarios, catalogación y evaluación del patrimonio geológico y la geodiversidad; 2. Geoturismo; 3. Patrimonio geológico, geoparques y desarrollo local. Integración con otros elementos del patrimonio natural y cultural; 4. Custodia del territorio, legislación, conservación y gestión del patrimonio geológico. Patrimonio geológico en áreas protegidas; 5. Patrimonio geológico mueble; 6. Nuevas tecnologías para la gestión e interpretación del patrimonio geológico. Proyectos y metodologías innovadoras; 7. Divulgación, didáctica e interpretación del patrimonio geológico. En conjunto, constituyen una muestra representativa de los avances más actuales en la investigación y la gestión del patrimonio geológico, que esperamos sea de utilidad para todos aquellos que deseen una hacerse una idea fiel del estado de la cuestión. Por último, más allá de su interés científico y documental, esta obra aspira, como lo han hecho todas las reuniones nacionales convocadas hasta la fecha por la Comisión de Patrimonio Geológico de la SGE, a ser un instrumento para concienciar a los agentes públicos y privados de la necesidad de conservar un patrimonio tan valioso, y de los beneficios de toda índole que su correcto aprovechamiento puede aportar a la sociedad

..... Esther Martín-González, Juan J. Coello Bravo y Juana Vegas. Editores
Instituto Geológico y Minero de España

ÍNDICE

Presentación	V
SESIÓN 1. Inventarios, catalogación y evaluación del patrimonio geológico y la geodiversidad	1
LOS VOLCANES DEL MACIZO DE CALATRAVA (CIUDAD REAL, CASTILLA-LA MANCHA): PROPUESTA DE GEOZONA PARA UN PROYECTO DE GEOPARQUE MUNDIAL DE LA UNESCO. <i>R. Becerra-Ramírez, R.U. Gosálvez, E. González, J. Dóniz-Páez, E. Escobar, M.C. Becerra-Ramírez</i>	3
CARBONATOS CONTINENTALES EN LAS ISLAS CANARIAS ORIENTALES: UN PATRIMONIO GEOLOGICO POCO CONOCIDO. <i>A.M. Alonso-Zarza y A. Rodríguez-Berriguete</i>	9
LA FORMACIÓN DETRÍTICA DE LAS PALMAS: UN YACIMIENTO PALEONTOLÓGICO DE EXCEPCIONAL VALOR PATRIMONIAL. <i>E. Martín-González, J.J. Coello, I. Galindo, J. Vegas, N. Sánchez, C. Romero y A. González-Rodríguez</i>	15
30 AÑOS DE PROMOCIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO EN SEGOVIA (1989-2019): PRINCIPALES APORTACIONES. <i>A. Díez-Herrero, J. Vegas, G. Lozano, N. Sacristán e I. Gutiérrez-Pérez</i>	21
COOPERACIÓN EUROPEA PARA LA PROMOCIÓN DE LA GEOCONSERVACIÓN EN ÁFRICA. <i>E. Díaz-Martínez, Á. García-Cortés, J. Vegas, L. Carcavilla y N. Charles</i>	27
EVALUACIÓN PATRIMONIAL DE CUEVAS KÁRSTICAS PARA SU GESTIÓN EN ESPACIOS PROTEGIDOS: PARQUE NACIONAL DE LOS PICOS DE EUROPA (N DE ESPAÑA). <i>D. Ballesteros, E. Fernández-Martínez, L. Carcavilla y M. Jiménez-Sánchez</i>	35
PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL POTENCIAL TURÍSTICO DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO SUBTERRÁNEO. <i>Bruschi, V. & Sánchez-Carro, M.A.</i>	41
SELECCIÓN PRELIMINAR DE LUGARES DE INTERÉS PALEONTOLÓGICO PARA EL INVENTARIO DE PATRIMONIO GEOLÓGICO DE CANARIAS. <i>Martín-González, I. Galindo, J. Vegas, N. Sánchez, J.J. Coello, C., Romero y A. González-Rodríguez</i>	49
EL INVENTARIO OFICIAL DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO DE LA REGIÓN DE MURCIA. LA ACTUALIZACIÓN DE 2009. <i>Guillén-Mondéjar, R. Arana, M. A. Mancheño A. del Ramo, T. Rodríguez Estrella, G. Romero Sánchez, M^a A. Alías Linares, J. F. Rosillo Martínez, J. I. Manteca Martínez, C. de Santisteban Bové, A. Navarro Sequero y M. López Sandoval</i>	57

EL INVENTARIO OFICIAL DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO DE LA REGIÓN DE MURCIA. LA ACTUALIZACIÓN DE 2018. <i>F. Guillén-Mondéjar, G. Romero Sánchez, M^a A. Alías Linares, J. F. Rosillo Martínez, J. I. Manteca Martínez, C. de Santisteban Bové, C.; J. J. Martínez Díaz, B. Pérez Salgado, L. Arrufat Milán, A. Navarro Sequero y M. López Sandoval</i>	63
PROPUESTA DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO PARA LA COSTA DEL MUNICIPIO DE AGAETE (NO DE GRAN CANARIA). <i>Arencibia L. y Mangas, J.</i>	71
SESIÓN 2. Geoturismo	77
PROPUESTA DE GEO-RUTA POR LA FOSA DEL CHORRILLO: FUENTES, HERVIDEROS Y VOLCANES (CAMPO DE CALATRAVA, CIUDAD REAL, ESPAÑA). <i>E. Escobar, R. Becerra-Ramírez M.E. González y R.U. Gosálvez</i>	79
PROPUESTA DE ITINERARIO GEOTURÍSTICO POR EL MAAR DE HOYA LARGA. RELIEVE RUINIFORME EN EL ANILLO DE TOBAS. CAMPO DE CALATRAVA, CIUDAD REAL, ESPAÑA. <i>M.E. González, R. Becerra, E. Escobar, R.U. Gosálvez, M. Serrano, M. Moreno</i>	85
LUGARES DE INTERÉS GEOTURÍSTICO DE TENERIFE (ISLAS CANARIAS, ESPAÑA) COMO ESTRATEGIA PARA POTENCIAR EL VOLCANOTURISMO. <i>F.J. Dóniz-Páez, W. Hernández y M. Przeor</i>	93
SELECCIÓN Y VALORACIÓN DE 20 LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO DE ARAGÓN COMO RECURSO TURÍSTICO. <i>López, O. & Lorente, J.</i>	101
SESIÓN 3. Patrimonio geológico, geoparques y desarrollo local. Integración con otros elementos del patrimonio natural y cultural	109
RUTA VOLCÁNICA EN EL GEOPARQUE MUDIAL UNESCO DE EL HIERRO (CANARIAS, ESPAÑA): GEOZONA DE ORCHILLA. <i>J. Dóniz-Páez, R. Becerra-Ramírez, L. Anceaume Chinae</i>	111
GEOTURISMO EN LOS GEOPARQUES MUNDIALES UNESCO VOLCÁNICOS CANARIOS: UNA EXPERIENCIA DIDÁCTICA EN EL AULA. <i>J. Dóniz-Páez</i>	117
ITINERARIO GEOTURÍSTICO EN EL GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO DE EL HIERRO (CANARIAS, ESPAÑA) COMO ESTRATEGIA DE DIVERSIFICACIÓN DE SU OFERTA TURÍSTICA. <i>F.J. Dóniz-Páez, N. Herrera-Ramos y M. Toledo-Martín</i>	123
LA GESTIÓN DE LA GEODIVERSIDAD MEDIANTE SU INTEGRACIÓN CON OTROS ELEMENTOS DEL PATRIMONIO NATURAL Y CULTURAL: APLICACIÓN A LA RESERVA DE BIOSFERA DE MENORCA. <i>A Rodríguez y F. de Pablo</i>	129
CONSERVACIÓN DE HUELLAS FÓSILES EN UN CONTEXTO EROSIVO. ACCIONES Y ESTRATEGIA EN EL FLYSCH DEL GEOPARQUE GLOBAL DE LA UNESCO DE LA COSTA VASCA. <i>A.Hilario, I. Mendiola, J. Zulaika y L. Barriuso</i>	135
GEOPARQUE DE GRAN CANARIA. <i>R. Brandon</i>	141

SESIÓN 4. Custodia del territorio, legislación, conservación y gestión del patrimonio geológico. Patrimonio geológico en áreas protegidas.	147
PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN Y SEGUIMIENTO DE ESTRATEGIAS SOBRE GEODIVERSIDAD Y PATRIMONIO GEOLÓGICO. CASO DE ESTUDIO: LA ESTRATEGIA DE GEODIVERSIDAD DEL PAÍS VASCO 2020. <i>M. Monge-Ganuzas, D. Fernández, M. García, G. Arana, S. Iraurgi, B. Casas, I. López, G. Baraia-Etxaburu</i>	149
LOS IMPACTOS DEL BOOM TURISTICO EN LA CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA SANTA (GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO DE LANZAROTE Y ARCHIPIÉLAGO CHINIJO, ISLAS CANARIAS). <i>I. Galindo, E. Martín-González, D. González, C. Romero, N. Sánchez, J.J. Coello y J. Vegas</i>	155
PROPUESTA DE DESARROLLO DE UN PALEOPARQUE EN LA RESERVA DE LA BIOSFERA DE ANAGA (TENERIFE, ISLAS CANARIAS). <i>C. Castillo Ruiz, P. Cruzado-Caballero, C. Jimenez-Gomis, J. Núñez, M.C. Alfayate, A. Ahijado, J. L. Saorín, I. Sánchez Berriel y C.R. Sánchez</i>	161
CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO EN LA ANTÁRTIDA: AVANCES RECIENTES Y PERSPECTIVAS. <i>L. Carcavilla, J. López-Martínez y E. Díaz-Martínez</i>	167
SESIÓN 5. Patrimonio geológico mueble	173
LA COLECCIÓN SEROKA DEL MUSEU DE CIÈNCIES NATURALS DE BARCELONA. <i>Y. Díaz-Acha e I. Díaz-Ontiveros</i>	175
GEOMUSEO DE VALSECA. REDISEÑO Y AMPLIACIÓN DE RECURSOS DEL MUSEO DE MINERALES, ROCAS Y FÓSILES DE VALSECA (SEGOVIA). <i>N. Sacristán Arroyo, A. Arribas García y G. Lozano Otero</i>	181
LLUÍS MARIÀ VIDAL, LA GEOLOGÍA DE LLEIDA Y EL MUSEU DE CIÈNCIÈS NATURALS DE BARCELONA. <i>I. Díaz-Ontiveros, M. Roquet y Y. Díaz-Acha</i>	187
LA COLECCIÓN DE MACROFORAMINÍFEROS JOSEP SERRA KIEL: REALZANDO LA DIMENSIÓN CIENTÍFICA DEL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO MUEBLE. <i>R. Robles-Salcedo, A. Gallardo, V. Vicedo</i>	193
SISTEMAS DE GESTION DE MUESTRAS RADIOACTIVAS Y TÓXICAS EN LA COLECCIÓN DE MINERALOGÍA DEL MUSEO DE CIENCIAS NATURALES DE BARCELONA (MCNB). <i>S. Duque-Valero, M. Campeny, E. Garcia-Franquesa</i>	199
EL PATRIMONIO MUEBLE GEOLÓGICO DEL MUSEO DE CIENCIAS NATURALES DE TENERIFE. <i>E. Martín-González & J.J. Coello-Bravo</i>	205
SESIÓN 6. Nuevas tecnologías para la gestión e interpretación del patrimonio geológico. Proyectos y metodologías innovadoras	211
PROGRAMA DE GESTIÓN DE COLECCIONES DE CIENCIAS NATURALES: PANGEA DB® (V.1.0). <i>M. Roquet, M. Campeny, Y. Díaz-Acha, I. Díaz-Ontiveros, S. Duque, R. Robles-Salcedo, L. Troya, V. Vicedo</i>	213

INFORMACIÓN GEOGRÁFICA VOLUNTARIA, ETIQUETAS DE LUGARES Y PATRIMONIO GEOLÓGICO DE INTERÉS TURÍSTICO. <i>A. Salazar, A. Cabrera, L. Carcavilla, E. Díaz-Martínez y J. Luengo</i>	219
TÉCNICAS CARTOGRÁFICAS EMPLEADAS PARA LA GEOCONSERVACIÓN DEL BOSQUE PÉRMICO DE LA SIERRA DE ARAGONCILLO (GEOPARQUE MUNDIAL DE LA UNESCO DE LA COMARCA DE MOLINA-ALTO TAJO, GUADALAJARA). <i>J. Luengo, L. Carcavilla, A. Díez-Herrero, J. Vegas, M. Hernández, A. Sopeña, Y. Sánchez-Moya, Á. García-Cortés y J.M. Monasterio</i>	227
‘GAMIFICACIÓN’ PARA LA GEOCONSERVACIÓN MEDIANTE MINECRAFT. <i>Díez-Herrero, P. Díez Marcelo, J. Vegas y A. Cabrera</i>	235
INTEGRACIÓN DE DATOS MULTIDISCIPLINARES MEDIANTE UN SIG COMO BASE DOCUMENTAL DEL PROYECTO DE GEOPARQUE MUNDIAL DE LA UNESCO “MONTAÑAS DO COUREL” (ESPAÑA). <i>D. Ballesteros, R. Vila, X.C. Barros, I. Álvarez, P. Caldevilla, M. Lorente, M. García-Ávila, L. Adrados, L. Rodríguez-Rodríguez, y M. Alemparte.</i>	241
SESIÓN 7. Divulgación, didáctica e interpretación del patrimonio geológico	249
‘APADRINA UNA ROCA’. PARTICIPACIÓN CIUDADANA PARA LA GEOCONSERVACIÓN EN ESPAÑA. <i>A. Cabrera, J. Vegas, Á. Prieto, A. Díez-Herrero, Á. García-Cortés, E. Díaz- Martínez, Á. Salazar, L. Carcavilla</i>	251
UN PROYECTO PARA LA CREACIÓN DE UN CENTRO DE INTERPRETACIÓN PALEONTOLÓGICA Y ARQUEOLÓGICA EN TAMAJÓN (GUADALAJARA, ESPAÑA). <i>F. Barroso-Barcenilla, J. Audije-Gil, M. Berrocal-Casero, P.M. Callapez, S. Fernández-Carenas, S. Ozkaya de Juanas, V.F. dos Santos y M. Segura</i>	257
VULCANALIA: EL PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LOS VOLCANES SE VA AL CINE. <i>J.J. Coello-Bravo, J. Coello-Bravo, D. Baute, C. Romero, A. Márquez, E. Martín-González, R. Herrera, I. Galindo y N. Sánchez.</i>	263
LAS GUÍAS GEOLÓGICAS DE LOS PARQUES NACIONALES DE CANARIAS UN EJEMPLO DE DIVULGACIÓN GEOLÓGICA PARA FOMENTAR EL GEOTURISMO. <i>R. Rodríguez Fernández</i>	269

EVALUACIÓN PATRIMONIAL DE CUEVAS KÁRSTICAS PARA SU GESTIÓN EN ESPACIOS PROTEGIDOS: PARQUE NACIONAL DE LOS PICOS DE EUROPA (N DE ESPAÑA)

GEOHERITAGE EVALUATION OF KARST CAVES FOR MANAGEMENT IN PROTECTED AREAS: PICOS DE EUROPA NATIONAL PARK (N SPAIN)

D. Ballesteros¹, E. Fernández-Martínez², L. Carcavilla³ y M. Jiménez-Sánchez⁴.

¹ UMR 6266 IDEES, Université de Rouen-Normandie/CNRS. Mont Saint-Aignan CEDEX, Francia. daniel.ballesteros@univ-rouen.fr

² Departamento de Geología y Geografía, Universidad de León. Campus de Vegazana, s/n, 24071, León, España. e.fernandez@unileon.es

³ Instituto Geológico y Minero de España. c/ Ríos Rosas 23, 28003, Madrid, España. l.carcavilla@igme.es

⁴ Departamento de Geología, Universidad de Oviedo. c/ Jesús Arias de Velasco s/n, 33005, Oviedo, España. mjimenez@geol.uniovi.es

RESUMEN

En numerosos espacios protegidos, las cuevas representan singularidades naturales a escala internacional, como es el Parque Nacional de los Picos de Europa, que incluye la mayor concentración de simas profundas del mundo. Este trabajo persigue la evaluación patrimonial de estas simas para orientar a la administrativa en la gestión de las cuevas. Utilizando como base la caracterización geomorfológica de las cuevas, se han seleccionado 14 simas de más de 1 km de profundidad como Lugares de Interés Geológico (LIG) representativos del endokarst del Parque Nacional. El sistema de evaluación evidencia que el interés patrimonial y científico, y el potencial uso público de los 14 LIG es elevado, su estado de conservación es muy bueno, y su fragilidad y vulnerabilidad son prácticamente nulas. Estos resultados, ligados al reducido conocimiento científico disponible de las simas, apuntan a la necesidad de seguir promoviendo la exploración espeleológica e investigación científica de las simas profundas. Posteriormente, se deberán elaborar nuevos recursos divulgativos encaminados a destacar su valor natural y rediseñar la regulación de acceso a las cuevas.

Palabras clave: áreas protegidas, cueva, gestión, karst, patrimonio geológico.

ABSTRACT

In many protected area karst caves represent natural singularities at an international scale, as the Picos de Europa National Park, which includes the highest density of deep caves in the world. This work aims the geoheritage evaluation of these caves in order to guiding the Administration on cave management actions. Based on cave geomorphological characterization, 14 caves with more than 1 km of depth have been selected as representative LIG of the endokarst of Picos de Europa. The evaluation system evidences that the geoheritage, scientific interest and potential public use of the 14 LIG is high, its conservation status is good, and its fragility and vulnerability are low. These results, linked to the low scientific knowledge of the caves, indicate that the promotion of their speleological exploration and

scientific investigation should be continued. Subsequently, dissemination resources highlighting their natural value and redesigning the access regulation to caves would be elaborated.

Key words: *cave, geoheritage, karst, management, protected areas.*

INTRODUCCIÓN

Habitualmente, las cuevas son consideradas como valores secundarios de las áreas protegidas declaradas en terrenos kársticos (Pontes *et al.*, 2018), con excepciones marcadas en lugares con grandes cuevas de fácil acceso (p.ej. Mammoth Cave, EEUU; Škocjan Caves, Eslovenia). El valor científico de las cuevas suele ser geomorfológico e hidrogeológico, o estar ligado a la presencia de fauna subterránea. En general, los planes de gestión de los espacios protegidos consideran las cuevas como ambientes frágiles y sensibles, de acceso restringido a fines científicos y, en algunos casos, a espeleológicos y/o turísticos.

El Parque Nacional de los Picos de Europa (PNPE), también declarado Reserva de la Biosfera (2003), constituye una de las principales regiones kársticas del mundo debido a que representa la mayor concentración de simas profundas del planeta, con 12 cuevas profundas por km². Entre ellas destacan 14 simas de más de un km de profundidad, conocidas como los "menos miles". Las cuevas han sido objeto de análisis generales sobre patrimonio geomorfológico del PNPE (González-Trueba y Serrano, 2008) y de estudios centrados en cuevas de hielo (Gómez-Lende y Serrano, 2012). En esta línea, el objetivo de este trabajo es evaluar el patrimonio geológico ligado a las cuevas del PNPE mediante el uso de cuatro formularios modificados a partir del diseño realizado por Fernández-Martínez *et al.* (2017) para su aplicación en la Red de Parques Nacionales de España.

SITUACIÓN

El PNPE comprende 675 km² de extensión pertenecientes a Castilla y León, Principado de Asturias y Cantabria (Norte de España; Figura 1). Su abrupto relieve alcanza los 2648 m de altitud e incluye tres macizos kársticos constituidos por más de 1500 m de calizas carboníferas, con una fuerte impronta glacial por encima de los 900 m de altitud.

Los Picos de Europa constituyen uno de los máximos exponentes de los "Sistemas kársticos de la Península Ibérica y Baleares", reconocidos como contexto geológico de España con relevancia internacional (Ley 42/2007). Aunque la vigencia del Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG) del PNPE (Real Decreto 384/2002) esté suspendida, el Acuerdo de la Comisión Mixta de Gestión del PNPE del 20/07/2005 considera dicho PRUG como criterio director para la gestión. Respecto a las cuevas, el PRUG establece el "estudio de la geología del parque, los fenómenos kársticos y sus comunidades biológicas asociadas" como una línea prioritaria de investigación. En materia de gestión, el PRUG promueve la "delimitación de los elementos singulares asociados a la geología de Picos de Europa, en particular las simas y los microglaciares, estudiándose en cada caso su especial protección". Las "cuevas no explotadas por el turismo" constituyen un hábitat definido cuyo acceso sólo está permitido con fines científicos, incluyendo la exploración espeleológica.

METODOLOGÍA

La metodología de estudio comprende: 1) la caracterización geomorfológica de las cuevas, 2) la selección de cuevas representativas del PNPE como LIG, 3) la evaluación patrimonial de estas cuevas y 4) propuestas de medidas de gestión vinculadas a los resultados de la evaluación. La caracterización geomorfológica, basada en Ballesteros *et al.* (2015), comprende el inventario de cavidades kársticas, la modelización 3D de 336 cuevas y el inventario de elementos geomorfológicos de las cuevas a partir de 304 documentos espeleológicos y de la visita a 272 cuevas. Todo ello permitió la

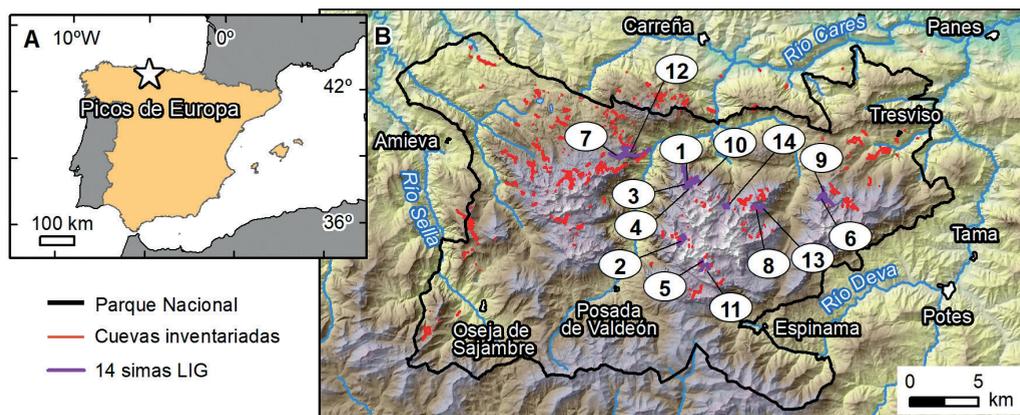


Figura 1. Principales cuevas documentadas en los Parque Nacional de los Picos de Europa. LIG de estudio: 1 Torca del Cerro del Cuevón - Torca de las Saxifragas, 2 Sima de la Cornisa - Torca Magali, 3 El Trave, 4 Torca de los Rebecos, 5 Pozo del Madejuno, 6 Torca del Jou Sin Tierra, 7 El Jitu, 8 Torca de Piedras Verdes-Cueva del Hielo, 9 Torca del Cueto Los Senderos, 10 Torca Idóubeda, 11 Torca La Monda, 12 Hulagua, 13 Torca Castil - Torca La Carbonal, 14 Torca Urriello.

selección de las cuevas más representativas del PNPE, incluidas en el inventario de LIG, y su evaluación patrimonial siguiendo el sistema de cuatro formularios modificados de Fernández-Martínez *et al.* (2017), que comprenden: i) información general, geológica y patrimonial, ii) indicadores de estado, iii) indicadores de presión, y iv) áreas y propuestas de gestión.

CARACTERIZACIÓN GEOMORFOLÓGICA

El inventario de cuevas del PNPE evidencia la presencia de, al menos, 3407 cavidades kársticas con 420 km de conductos (Figura 1B). De ellas, dos superan los 10 km de recorrido, 10 cuevas tienen 5-10 km de desarrollo, y 71 cavidades incluyen 1-5 km de conductos. Respecto al desnivel, 95 cavidades presentan 200-600 m de profundidad, el desnivel de 37 cuevas es de 600-1000 m, y 14 simas superan 1 km de profundidad. De estos datos se deduce que las cuevas representativas del PNPE tienen una longitud de entre 1-5 km, ya que constituyen el 36% de la longitud total de las cavidades inventariadas, y un desnivel de varios cientos de metros. El modelo 3D de cuevas muestra que la geometría representativa de las cavidades del PNPE es la típica de cuevas desarrolladas en zonas de montaña situadas actualmente en climas templados. Esta geometría incluye sucesiones de cañones y pozos vadosos, así como niveles de galerías freáticas y epifreáticas colgados sobre el nivel freático actual. De forma secundaria, también se reconocen cuevas subhorizontales dominadas por galerías y situadas en los límites de los Picos de Europa. El inventario de elementos geomorfológicos de las cuevas recoge 50 depósitos y formas erosivas clasificadas en cuatro grupos: i) fluviokársticas (38% de inventario), ii) gravitacionales (10%), iii) espeleotemas (depósitos formado por la precipitación de carbonatos, 34%) y iv) formas criogénicas (18%).

SELECCIÓN DE LIG

Se han considerado las 14 simas de más de un km de desnivel como LIG representativos del endokarst del PNPE (Figura 1B). Estas simas suponen el 19% de la longitud total de las cavidades kársticas inventariadas. Su selección se basa en los siguientes ocho criterios:

1. La profundidad del conjunto de las 14 mencionadas simas constituye un elemento único de singularidad a nivel mundial. Otras regiones del mundo con simas profundas únicamente tienen un máximo de siete cuevas con más de un km de desnivel.
2. Los LIG incluyen todos los elementos geomorfológicos inventariados.
3. Los LIG definidos son característicos de sistemas kársticos de montaña (o alpinos), ya que, entre otros, el 71% de sus conductos son cañones y pozos vadados.
4. Tres de los cuatro Monumentos Naturales incluidos en el PNPE están recogidos en los LIG seleccionados, por lo que su valor patrimonial está reconocido en la legislación.
5. Aproximadamente un 22% de los conductos de los 14 LIG muestran un origen freático/epifreático de interés científico debido a dos cuestiones: i) estos conductos, ubicados hasta los 2.400 m snm, representan antiguas posiciones del nivel freático, que descendió debido a la incisión fluvial y levantamiento del relieve; y ii) preservan espeleotemas y depósitos fluviales con registros de la evolución climática y geomorfológica de la región.
6. Los LIG definidos comprenden los inusuales depósitos de nieve y hielo con gran valor natural y científico. El LIG 8 incluye una de las cuevas de hielo más representativas del PNPE (Gómez-Lende y Sánchez-Fernández, 2018).
7. Los 14 LIG son representativos de la dinámica del acuífero kárstico, y 11 (LIG 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 14) de ellos incluyen la circulación de aguas subterráneas profundas.
8. Respecto al potencial uso público, las 14 simas son un reclamo para espeleólogos europeos interesados en explorar o visitar simas profundas. Además, las entradas a 5 de estas cuevas podrían ser visitables durante la realización de actividades de montaña.

EVALUACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO

Desde un punto de vista patrimonial, la evaluación de los LIG definidos muestra puntuaciones muy homogéneas para el conjunto de las cuevas, tanto en lo que se refiere a aspectos geológicos como patrimoniales (Tabla 1). Esto es debido a que se han originado por procesos kársticos similares en el mismo contexto geológico, geomorfológico y climático. Su interés principal es geomorfológico, aunque siete presentan un interés hidrogeológico secundario y una muestra interés paleoclimático. A nivel patrimonial, están localizadas en lugares de difícil acceso, su visita requiere conocimientos en espeleología y su utilización como elementos divulgativos en los centros del PNPE es prácticamente inexistente.

El valor científico ($VC = 10 \pm 2$) presenta valores intermedios para todos los casos ya que, a pesar de su singularidad natural, las cuevas no constituyen localidades de referencia en geología ni registran procesos únicos. La caracterización patrimonial ($CP = 13 \pm 3$) muestra valores medios similares para todos los LIG ya que se encuentran englobados en figuras de protección, contextos geológicos de relevancia mundial (definidos por la Ley 42/2007) y son representativos de sistemas naturales. Las principales variaciones entre ellos se deben a ser o no Monumentos Naturales y a estar incluidos, o no, en inventarios patrimoniales previos. Su potencial de uso público ($PUP = 10 \pm 1$) es medio-bajo y está ligado a su atractivo natural y al valor educativo potencial que presentan las cuevas para explicar los procesos geológicos, si bien las dificultades de acceso y la falta de infraestructuras dificultan su uso educativo.

Respecto a los indicadores de estado, el estado de conservación ($ECN = 6 \pm 0$) de las simas es elevado y únicamente es preocupante en la cueva de hielo cuyos depósitos criogénicos están disminuyendo (Berenguer-Sempere *et al.*, 2014). El estado de conocimiento ($ECC = 1 \pm 0$) y de uso público ($EUP = 1 \pm 1$) son muy bajos ya que únicamente dos LIG han sido objeto de estudios científicos específicos y porque sólo dos simas son empleadas como recursos didácticos del PNPE. Analogamente, el estado de implementación de los LIG en el desarrollo socioeconómico ($EID = 2 \pm 1$) es también muy reducido debido a que únicamente se ha constatado interés turístico en dos cavidades y a que el uso público de las grandes simas es muy reducido por las dificultades intrínsecas a su visita. Por estos motivos, su escasa aportación al desarrollo socioeconómico se corresponde con las visitas de los grupos de espeleología y de montañeros que realizan su actividad deportiva en estas zonas.

Los tres indicadores de presión muestran valores muy bajos ya que las simas no son frágiles ($F= 0 \pm 2$) ni vulnerables a procesos naturales ($VN= 0 \pm 0$) ni antrópicos ($VA+OPP= 1 \pm 0$). La única excepción a esta generalidad la constituye el mencionado LIG 8 ligado a una cueva de hielo, con valores de $F= 6$, $VN= 0$, y $VA+OPP= 1$.

PARÁMETROS		VALOR MÁXIMO POTENCIAL	VALOR PROMEDIO	DESVIACIÓN TÍPICA
INFORMACIÓN GENERAL	Valor científico (VC)	26	9,7	2,3
	Valor patrimonial (VP)	20	12,7	2,9
	Potencial de uso público (PUP)	28	9,7	1,0
INDICADORES DE ESTADO	Estado de conservación (ECN)	8	6,0	0,0
	Estado de conocimiento científico ECC)	3	1,1	0,4
	Estado de uso público EUP)	22	0,7	1,1
	Implementación en el desarrollo socioeconómico (EID)	16	1,6	0,7
INDICADORES DE PRESIÓN	Fragilidad (F)	8	0,4	1,6
	Vulnerabilidad natural (VN)	27	0,0	0,0
	Vulnerabilidad antrópica y obras públicas y privadas (VA+OPP)	39	1,0	0,0

Tabla 1. Valores medios derivados de la evaluación patrimonial de los 14 LIG detallados en la Figura 1B.

PROPUESTAS DE GESTIÓN

En general, el análisis de las 14 simas evidencia que su interés patrimonial y científico es elevado, su potencial uso público es alto, su estado de conservación es bueno y su fragilidad y vulnerabilidad y, por tanto, su riesgo de degradación es muy reducido. Estos resultados, ligados al hecho de que el conocimiento científico de las simas sea bajo, sugiere que la primera medida a adoptar debería ser la profundización en las investigaciones en cuevas, como ya se está realizando en algunos casos. De forma inmediata, es necesario la monitorización de cuevas con hielo en deterioro (Berenguer-Sempere *et al.*, 2014) y, a corto y medio plazo, se debe promover la exploración espeleológica y cartografía de las simas con el fin de mejorar su caracterización geométrica, geomorfológica e hidrogeológica. A su vez, la espeleología facilitará el desarrollo de estudios científicos centrados en el origen y desarrollo del endokarst, el funcionamiento del acuífero, y las variaciones climáticas y ambientales del pasado y presente. Toda esta información permitirá el diseño de recursos didácticos para la puesta en valor de la singularidad de las cuevas del PNPE. Finalmente, a largo plazo, sería necesario rediseñar la regulación y control a las cuevas con el fin de permitir la visita de grupos espeleológicos experimentados a determinadas cavidades, aspecto que contribuirá al desarrollo sostenible de la región.

CONCLUSIONES

La caracterización geomorfológica de las cuevas del PNPE ha permitido seleccionar 14 simas de más de un km de desnivel como LIG representativos de su endokarst debido a su singularidad a escala internacional, su inclusión en figuras de protección existentes y a que son características del karst de montaña, de su acuífero y de la geodiversidad de este espacio protegido. Desde un punto de vista patrimonial, las simas son relativamente uniformes. Sus valores natural y

científico son altos, como lo es el potencial de uso público vinculado la utilidad de las cuevas para la didáctica del paisaje kárstico y de la evolución geomorfológica del PNPE. Aunque el conocimiento científico de las simas sea reducido, su estado de conservación es bueno, y su fragilidad y vulnerabilidad son reducidas. Por tanto, la gestión debería de centrarse en la promoción de la investigación científica y la exploración espeleológica de las cuevas a corto plazo, así como en la regulación del acceso al interior de las cavidades y en su implementación en los recursos didácticos del PNPE como elementos representativos de sus valores naturales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es el resultado de la interacción de los proyectos GEOCAVE (MAGRAMA-580/12-OAPN) e INDICAGEOPAR (MAGRAMA-727/12-OAPN), financiados por el OAPN-MAGRAMA. Agradecemos la ayuda prestada por el PNPE y grupos espeleológicos.

REFERENCIAS

- Ballesteros, D., Jiménez-Sánchez, M., Domínguez-Cuesta, M., García-Sansegundo, J. y Meléndez-Asensio, M. 2015. Geoheritage and geodiversity evaluation of endokarst landscapes: the Picos de Europa National Park, North Spain. En: Andreo, B., Carrasco, F., Durán, J.J., Jiménez, P. y LaMoreaux, J.W. (ed), *Hydrogeological and environmental investigations in karst systems*. Springer, Berlin, 619-627.
- Ballesteros, D., Giral, S., García-Sansegundo, J., y Jiménez-Sánchez, M. 2019. Quaternary regional evolution based on karst cave geomorphology in Picos de Europa (Atlantic Margin of the Iberian Peninsula). *Geomorphology*, aceptado provisionalmente.
- Berenguer-Sempere, F., Gómez-Lende, M., Serrano, E. y Sanjosé-Blasco, J.J. de 2014. Orthothermographies and 3D modeling as potential tools in ice caves studies: the Peña Castil Ice Cave. *International Journal of Speleology*, 43, 35-43.
- Fernández-Martínez, E., Carcavilla, L., Heredia, H., Santos, J., Ballesteros, D., Fuertes, I. y Adrados, L. 2017. Propuesta de inventario y geoidicadores en el Parque Nacional de Picos de Europa (Norte de España). En: Carcavilla, L., Duque-Macias, J., Giménez, J., Hilario, A., Monge-Ganuzas, M., Vegas, J., Rodríguez, A. (ed), *Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 141-146.
- Gómez-Lende, M. y Sánchez-Fernández, M. 2018. Cryomorphological topographies in the study of ice caves. *Geoscience* 8, 1-24.
- Gómez-Lende, M. y Serrano, E. 2012. Elementos del patrimonio geomorfológico subterráneo: las cuevas heladas de los Picos de Europa (Cordillera Cantábrica). En: González Díez, A. (ed.), *Avances de la Geomorfología en España 2010-2012*. Publican Ediciones, Santander, 47-50.
- González-Trueba, J. y Serrano, E. 2008. La valoración del patrimonio geomorfológico en espacios naturales protegidos. Su aplicación al Parque Nacional de los Picos de Europa. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 47, 175-194.
- Pontes, H.S., Massuqueto, L.L., Fernandes, L.A., Foltran, A.C., Melo, M.S. y De Moreira, J.C. 2018. Caves geodiversity evaluation as an instrument to the management of the Campos Gerais National Park, Southern Brazil. *Geoheritage*, doi.org/10.1007/s12371-018-0317-9