PUBLICACIONES DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Serie: CUADERNOS DEL MUSEO GEOMINERO, Nº 21

PATRIMONIO GEOLÓGICO, GESTIONANDO LA PARTE ABIÓTICA DEL PATRIMONIO NATURAL



Editores: L. Carcavilla
J. Duque-Macías
J. Giménez
A. Hilario
M. Monge-Ganuzas
J. Vegas y A. Rodríguez

MINISTERIO
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD

Instituto Geológico
y Minero de España

PATRIMONIO GEOLÓGICO, GESTIONANDO LA PARTE ABIÓTICA DEL PATRIMONIO NATURAL

Editores:

L. Carcavilla
J. Duque-Macías
J. Giménez
A. Hilario
M. Monge-Ganuzas
J. Vegas y A. Rodríguez

Instituto Geológico y Minero de España
Madrid 2017

Serie: CUADERNOS DEL MUSEO GEOMINERO 21

Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural / editores, L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez . – Madrid : Instituto Geológico y Minero de España, 2017

500 p. : fig., tb. ; 24 cm. - (Cuadernos del Museo Geominero; 21)

Recoge los trabajos presentados a las sesiones científicas de la XII Reunión Nacional de la Comision de Patrimonio Geológico, de la Sociedad Geológica de España (SGE), celebrada en la Reserva de la Biosfera de Menorca entre los días 6 y 10 de junio de 2017.

ISBN 978-84-9138-032-0

1. Geología divulgación 2. Perspectiva 3. Punto interés geológico 4. Congreso I. Carcavilla Urquí, Luis, ed. II. Duque Macías, J., ed. III. Jiménez, J., ed. IV. Hilario, A., ed. V. Monge Ganuzas, M. ed. VI. Vegas, Juana, ed. VII. Rodríguez, A., ed. VIII. Instituto Geológico y Minero de España, ed. IX. Sociedad Geológica de España. Comisión de Patrimonio Geológico. Reunión Nacional (12. 2017. Menorca)

551:

Ninguna parte de este libro puede ser reproducida o transmitida en cualquier forma o por cualquier medio, electrónico o mecánico, incluido fotografías, grabación o por cualquier sistema de almacenar información sin el previo permiso escrito del autor y editores.

Explicación de la portada:
Excursión geológica en el Lugar de Interés Geológico de Binimel·là (norte de Menorca).
Autor: F. de Pablo (Agencia Menorca Reserva de Biosfera).

© INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, 23 – 28003 Madrid
www.igme.es

ISBN: 978-84-9138-032-0
NIPO: 064-17-009-3
Depósito Legal: M-16080-2017

Maquetación e Impresión: Estudios Gráficos Europeos, S.A.

PRESENTACIÓN

Como Director del Instituto Geológico y Minero de España, me satisface presentar el número 21 de la Serie Cuadernos del Museo Geominero que lleva por título "Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural", y que recoge los trabajos presentados a las sesiones científicas de la XII Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico, de la Sociedad Geológica de España (SGE), celebrada en la Reserva de la Biosfera de Menorca entre los días 6 y 10 de junio de 2017. El patrimonio geológico responde hoy a una nueva manera de entender los recursos geológicos como bienes de interés científico, didáctico y turístico que pueden ofrecer interesantes posibilidades para el desarrollo local, siempre y cuando se den garantías para su protección.

Podemos afirmar que el Instituto Geológico y Minero de España fue pionero en su desarrollo en España durante el último cuarto del siglo XX, con los primeros trabajos metodológicos y los inventarios nacionales elaborados por el Dr. Emilio Elízaga y su equipo, y que tuvo un rápido avance gracias a las universidades y centros de investigación. En 2017 se cumplen 10 años de la creación del Área de Investigación en Patrimonio Geológico y Minero siendo una de las líneas estratégicas del IGME, lo que pone de manifiesto un decidido apoyo institucional.

Considero necesario hacer una mención especial al trabajo y el impulso que realiza la Comisión de Patrimonio Geológico dentro de la SGE desde hace más de 20 años, para organizar las reuniones nacionales cada vez con más éxito en el número de participantes, como en las temáticas de las sesiones científicas. Esta Comisión, y en especial su junta directiva desde 2008, ha sido pionera para incluir al patrimonio geológico y la geoconservación en la agenda de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN). Recientemente junto con The European Association for the Conservation of the Geological Heritage (ProGEO) y la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM), han conseguido sumar esfuerzos y lograr importantes avances en la inclusión y consideración apropiada del patrimonio geológico en las políticas de la UICN.

Este año, la XII Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico se realiza y se coordina por primera vez en una Reserva de la Biosfera del programa MaB de UNESCO. Se trata de una excelente oportunidad para potenciar las Reservas de la Biosfera como un marco idóneo para llevar a cabo actividades científicas y educativas relacionadas con la gestión y conservación del patrimonio geológico como parte integrante e inseparable del patrimonio natural dentro de las Áreas Protegidas por instrumentos internacionales. Por ello, quiero poner de manifiesto que es un ejemplo magnífico de cómo el patrimonio geológico puede integrarse con otros elementos del patrimonio natural y puede abordarse desde figuras de protección y reconocimientos diversos aunque no estén específicamente pensados para la Geología. Este hecho ha motivado que desde el año 2013 en Menorca se trabaje intensamente para establecer las directrices y crear un modelo de gestión de su patrimonio geológico y su geodiversidad que gire especialmente en torno a la sostenibilidad y que

permita establecer los criterios para su conservación y gestión, fomentando principalmente el conocimiento y la divulgación de estos valores entre la población local.

El presente volumen recoge las 66 contribuciones expuestas durante el desarrollo de la reunión, distribuidas en cuatro sesiones científicas: 1. Metodologías y análisis de inventarios de patrimonio geológico y geodiversidad. 2. Geoconservación y gestión del patrimonio geológico (inmueble y mueble), con especial atención a los espacios naturales protegidos. 3. Desarrollo local: geoturismo, geoparques y parques geológicos. 4. Experiencias para la integración de la gestión del patrimonio geológico y de la geodiversidad con la de otros elementos del patrimonio natural y/o cultural. El nexo común de todas ellas incide en la importancia que supone poner el foco del patrimonio geológico en el desarrollo de las personas, la educación, la investigación, la naturaleza, la cultura y el territorio. En definitiva, estos trabajos son el mejor exponente de los avances de la investigación del patrimonio geológico, pero sobre todo muestran una vez más la apertura de esta moderna disciplina de la Geología a la sociedad del siglo XXI, que harán de él un recurso económico sostenible, social y vital para este patrimonio que es de todos.

Francisco González Lodeiro
Director del Instituto Geológico y Minero de España

ÍNDICE

PRESENTACIÓN 3

METODOLOGÍAS Y ANÁLISIS DE INVENTARIOS DE PATRIMONIO GEOLÓGICO Y GEODIVERSIDAD

LA REALIZACIÓN DE INVENTARIOS DE PATRIMONIO GEOLÓGICO A PARTIR DE ESTUDIOS REGIONALES. APLICACIÓN AL MACIZO DE COTIELLA (HUESCA) 13
A. Belmonte, C. Sancho y L. Carcavilla.

PROBLEMÁTICA DE LA DELIMITACIÓN DE LOS LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO 21
A. Bodego, A. Apraiz, I. Álvarez, A. Aranburu y M. Mendia.

CATÁLOGO DE ELEMENTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS DE INTERÉS ESPECIAL DE CASTILLA-LA MANCHA. UNA HERRAMIENTA PARA LA GEOCONSERVACIÓN. 27
J. Luengo, A. García-Cortés, J. Vegas, L. Carcavilla, E. Díaz-Martínez y A. Salazar.

YACIMIENTOS PALEONTOLÓGICOS DESAPARECIDOS. ¿POR QUÉ INVENTARIARLOS? 33
Á. Salazar, L. Carcavilla, E. Díaz-Martínez, Á. García-Cortés y J. Vegas.

LA COLECCIÓN GEOLÓGICA Y PALEONTOLÓGICA DE BENITO MERCADAL PONS (1925-1999) 39
M. Fernández, J. Florit, A. Obrador y J. Quintana.

ESTADO DE AVANCE DEL INVENTARIO ESPAÑOL DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO (IELIG) EN LA ZONA CANTÁBRICA, ZONA CENTROIBÉRICA, PREBÉTICO Y COBERTERA TABULAR DE LA MESETA, Y CUENCA DEL TAJO-LA MANCHA. 45
Á. García-Cortés, L. Carcavilla, E. Díaz-Martínez, J. Vegas, A. Salazar y A. Cabrera.

GEOMORPHOLOGICAL GEOSITES IN THE CEARÁ CENTRAL DOMAIN, BORBOREMA PROVINCE: POTENTIAL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE NORTHEASTERN SEMIARID OF BRAZIL 53
P. Moura y M.G.M. Garcia.

INVENTARIO Y VALORACIÓN DIDÁCTICA DE LOS LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO DEL PARQUE NATURAL DE SANT LLORENÇ DEL MUNT I L'OBAC 61
M. Tudela, A. Martínez, I. Camps y R. Espínola.

CONTRIBUCIÓN DEL PATRIMONIO HIDROGEOLÓGICO DE ALICANTE AL INVENTARIO ESPAÑOL DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO 67
R. Morales, L. Vega, J.J. Durán, J.A. Domínguez y A. García-Cortés.

APROXIMACIÓN AL INVENTARIO DE YACIMIENTOS DEL CUATERNARIO EN EL LITORAL DE MENORCA (ILLES BALEARS) 75
G.X. Pons, D. Vicens y M. Mir-Gual.

YACIMIENTOS DEL CUATERNARIO EN EL LITORAL DE LAS ISLAS PITIUSAS: APROXIMACIÓN AL INVENTARIO DE LA ISLA DE EIVISSA Y A LA ISLA DE FORMENTERA 81
G.X. Pons, L. del Valle, D. Vicens y M. Mir-Gual.

YACIMIENTOS DEL CUATERNARIO EN EL LITORAL DE LA ISLA DE MALLORCA (ILLES BALEARS). . . . 87
D. Vicens y G.X. Pons.

VALORACIÓN DEL PATRIMONIO GEOMORFOLÓGICO Y LA GEODIVERSIDAD EN EL MUNICIPIO DE PUEBLA DE DON RODRIGO (CIUDAD REAL) 95
M. Serrano-Patón y R. Becerra-Ramírez.

METODOLOGÍA PARA LA ELABORACIÓN DE UN INVENTARIO DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO (LIG) EN UN GEOPARQUE O SIMILAR. GEOPARQUE MUNDIAL DE LA UNESCO DE COSTA VASCA. 103
A. Hilario, L. Carcavilla y A. Belmonte.

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA CUANTIFICACIÓN RELATIVA DEL VALOR GEOLÓGICO DEL KARST. MÉTODO PROTEKARST. 109
F. Carrasco, P. Jiménez-Gavilán, R. Ruiz, D. Sanchez y J. Benavente.

GEOCONSERVACIÓN Y GESTIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO (INMUEBLE Y MUEBLE), CON ESPECIAL ATENCIÓN A LOS ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS

LAGUNAS GLACIALES: PATRIMONIO GEOMORFOLÓGICO SOBRESALIENTE DEL PARQUE NACIONAL DE SIERRA NEVADA 119
A. Castillo, C. Almécija y J. Benavente.

PROPUESTA DE GESTIÓN PARA EL GEOSITIO CAMPO DE DUNAS DE LA JOAQUINA, FLORINÓPOLIS – SC, BRASIL 125
C. Covello, N.O. Horn y J. Brilha.

GEOHERITAGE INVENTORIES AS MEANS, NOT ENDS: EXAMPLE OF THE COASTAL REGION OF SÃO PAULO STATE, BRAZIL 131
M.G.M. Garcia, E.A. del Lama, C.L.M. Bourotte, C.E.M. Mazoca, D.C. Bacci y V.M.N. Santos.

PROPUESTA DE INVENTARIO Y GEOINDICADORES EN EL PARQUE NACIONAL DE PICOS DE EUROPA . . 137
E. Fernández-Martínez, L. Carcavilla, N. Heredia, J. Santos, D. Ballesteros, I. Fuertes y L. Adrados.

RECOMENDACIONES PRÁCTICAS EN RELACIÓN A LA GESTIÓN DE LA GEODIVERSIDAD Y EL PATRIMONIO GEOLÓGICO EN LA RED DE RESERVAS DE LA BIOSFERA 143
C. Martínez-Jaraíz, C. Baquedano, R. García, L. Carcavilla, E. Diaz, y M. Monge-Ganuzas.

MONITORIZACIÓN EN CASCADAS Y SALTOS DE AGUA PARA LA VALORACIÓN DE SU "ESPECTACULARIDAD O BELLEZA" Y SUS IMPLICACIONES PARA SU USO PÚBLICO. EL CASO DE LA CHORRERA DE LOS NAVALUCILLOS 149
L. Carcavilla, A. Díez-Herrero y J. Vegas.

MONITORIZACIÓN INSTRUMENTAL PARA LA GEOCONSERVACIÓN DEL LIG "ICNITAS DE REPTILES TRIÁSICOS" EN EL GEOPARQUE DE LA COMARCA DE MOLINA-ALTO TAJO (GUADALAJARA) 155
A. Díez-Herrero, J. Luengo, J. Vegas, M. Hernández, L. Carcavilla, A. Sopeña, Y. Sánchez-Moya, J. Moratalla, E. Baeza y Á. García-Cortés.

RESULTADOS FINALES DE LA MONITORIZACIÓN DEL LIG DEL ICNOFÓSIL DEL GUSANO GIGANTE (P.N. DE CABAÑEROS) PARA EL ESTABLECIMIENTO DE GEOINDICADORES EN LA GESTIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO 163
A. Díez-Herrero, J. Vegas, L. Carcavilla, Á. García-Cortés y M. Gómez-Heras.

ANÁLISIS DE LOS COLECTIVOS IMPLICADOS EN LA RECOLECCIÓN, TENENCIA Y COMERCIO DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO MUEBLE EN ESPAÑA 169
J. Vegas, G. Delvene, R. Jiménez, S. Menéndez e I. Rábano.

JUAN CARANDELL (1893-1937) Y LOS SITIOS NATURALES DE INTERÉS NACIONAL. 175
A. Salazar.

GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LA ESTRATEGIA DE GEODIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO 2020 183
G. Arana y M. Monge-Ganuzas.

PATRIMONIO GEOLÓGICO EN ESPACIOS DEL MINISTERIO DE DEFENSA 189
C. Casares y E.L. Carrère.

IS THE GEOLOGICAL HERITAGE PART OF NATURE? 195
M. Huch y F. Tessensohn.

DE PUNTA GALEA A SOPELANA (BIZKAIA): UN RECORRIDO POR EL PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA COSTA NORTE 203
B. Martínez-García, I. Guede, A. Ordiales y J. Mendicoa.

LA CONSERVACIÓN DE COLECCIONES CIENTÍFICAS: LAS COLECCIONES PALEONTOLÓGICAS DE LA SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL DE LES BALEARS (SHNB) 211
G.X. Pons y D. Vicens.

ES CARNATGE (BAHÍA DE PALMA, MALLORCA) COMO YACIMIENTO DE ALTO VALOR DIDÁCTICO Y PUNTO DE INTERÉS GEOLÓGICO. 217
D. Vicens y G.X. Pons.

OUTSTANDING TECTONIC STRUCTURES NEXT TO THE OLD PATHWAY TO CAP DE CREUS. GEOCONSERVATION PLAN. 225
E. Druguet, J. Carreras y M. Davy.

PARTICIPACIÓN DE LA COMISIÓN DE PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA DE ESPAÑA EN EL PLAN DIRECTOR DE LA RED DE PARQUES NACIONALES DE 2016. 233
F. Guillén-Mondéjar, E. Díaz-Martínez y N. Herrero.

LA "ASSOCIACIÓ DE GEOLÈGS DE LES ILLES BALEARS" (AGEIB) Y EL PATRIMONIO GEOLÓGICO DEL ARCHIPIÉLAGO BALEAR 239
J. Duque-Macías, J. Giménez-García y A. Rodríguez.

NUEVAS RESOLUCIONES Y AVANCES DE LA UICN PARA LA GEOCONSERVACIÓN 247
E. Díaz-Martínez, F. Guillén-Mondéjar, J. Brilha, M. Monge-Ganuzas, N. Herrero, A. Hilario, J.M. Mata-Perelló, G. Meléndez y J.C. Utiel.

DESARROLLO LOCAL: GEOTURISMO, GEOPARQUES Y PARQUES GEOLÓGICOS

CARACTERIZACIÓN DEL GEOTURISTA EN UN GEOPARQUE DE MONTAÑA (SOBRARBE-PIRINEOS, HUESCA) 255
A. Belmonte, L. Carcavilla, M.P. Ara y S. Sampietro.

ANÁLISIS PRELIMINAR COMPARATIVO DE DOS GEOPARQUES ESPAÑOLES MUNDIALES DE LA UNESCO CON DIFERENTES ETAPAS DE DESARROLLO 261
T. Canesin, J. Brilha, E. Díaz-Martínez y J. Sánchez.

INVENTARIO E ITINERARIO PARA GEOTURISMO URBANO EN CIDADE VELHA (ISLA DE SANTIAGO, REPÚBLICA DE CABO VERDE). 267
F.J. Dóniz-Páez, J.M. Veiga-Pereria, R. Becerra-Ramírez, E. González-Cárdenas y E. Escobar-Lahoz.

GEO-RUTAS EN COCHE POR EL PATRIMONIO GEOLÓGICO DEL GEOPARQUE DE LANZAROTE Y ARCHIPIÉLAGO CHINIJO. 275
I. Galindo, J. Vegas, G.A. Díaz, C. Romero, N. Sánchez y E. Mateo.

LOS PANELES INTERPRETATIVOS DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO DEL GEOPARQUE DE LANZAROTE Y ARCHIPIÉLAGO CHINIJO. NUEVA INFRAESTRUCTURA PARA EL GEOTURISMO 283
I. Galindo, J. Vegas, C. Romero, N. Sánchez, G.A. Díaz y E. Mateo.

PROPOSAL FOR A SELF-GUIDED GEOLOGY-TRAIL ON MENORCA 289
F. Tessensohn y M. Huch.

INTERPRETANDO EL PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA RED DE SENDEROS DE LA PROVINCIA DE CUENCA. 295
J. Vegas, L. Carcavilla, E. Díaz-Martínez y J. Luengo.

EL PATRIMONIO GEOMORFOLÓGICO DEL PARQUE NACIONAL DE LAS CAÑADAS DEL TEIDE (TENERIFE, ESPAÑA) COMO BASE PARA EL TURISMO VOLCÁNICO 303
R. Becerra-Ramírez y J. Dóniz-Páez.

RECURSOS PARA EL GEOTURISMO EN LA REGIÓN VOLCÁNICA DE CAMPO DE CALATRAVA (CIUDAD REAL, ESPAÑA CENTRAL) 309
R. Becerra-Ramírez, E. Escobar, E. González, J. Dóniz-Páez y M.C. Becerra-Ramírez.

ITINERARIO DIDÁCTICO POR EL VOLCÁN COLUMBA (CAMPO DE CALATRAVA, ESPAÑA) 315
M.E. González, R. Becerra-Ramírez, R.U. Gosálvez, E. Escobar, F.J. Dóniz-Páez, M. Moreno, M.C. Becerra-Ramírez.

GEORRUTA POR LOS VOLCANES DE LA ALINEACIÓN DE "CASAS DE CIRUELA" (CAMPO DE CALATRAVA, ESPAÑA) 323
M.E. González, R. Becerra-Ramírez, R.U. Gosálvez, E. Escobar, F.J. Dóniz-Páez.

GEOBERENARS: UNA EXPERIENCIA GASTRONÓMICA DE DIVULGACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO EN LAS ISLAS BALEARES 331
G. Mas.

DIFUSIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO EN ARAGÓN: EJEMPLOS DE BUENAS PRÁCTICAS 337
M. Tomás, A. Núñez, G. Melendez y P. Infante.

LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO Y USOS TRADICIONALES DE LA GEODIVERSIDAD EN LA COMARCA DE HUÉSCAR (GRANADA) COMO BASE PARA NUEVAS PROPUESTAS DE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS Y GEOPARQUES 345
J.F. Rosillo, F. Guillén-Mondéjar, M.A. Alias, L. Arrufat, A. Sánchez.

LA RED IBÉRICA DE ESPACIOS GEOLÓGICOS / A REDE IBÉRICA DE ESPAÇOS GEOLÓGICOS 353
J.M. Mata-Perelló, A. Cendrero, C. de Santisteban, J. Escorihuela, M. Fàbrega, G. Gutiérrez, F. Llobera, L. Moreno y J. Royo.

GUÍA GEOLÓGICA DEL PARQUE NACIONAL DE GARAJONAY E ISLA DE LA GOMERA 361
J.L. Barrera, R. García, R. Rodríguez y R. Mohedas.

GUÍA GEOLÓGICA DEL PARQUE NACIONAL DE SIERRA NEVADA: UN RECURSO DIDÁCTICO Y DIVULGATIVO PARA EL VISITANTE 367
A.B. Pérez, R. Rodríguez, M. Villalobos, A. Pedrera y J.C. Rubio.

PROYECTO TERRARUM: UNA INICIATIVA DIDÁCTICA Y DIVULGATIVA EN EL VALLE DE ORDESA . . . 375
P. Infante, G. Meléndez, M.P. Juliana, A. Núñez y M. Tomás.

MONOLITOS DE SUELO EN EL TERRITORIO DEL PROYECTO GEOPARQUE CONCA DE TREMP-MONTSEC. CIENCIA PARA LA EDUCACIÓN 383
A. Lladós, J. Adell, G. Puras y G. Rivas.

LA INTERPRETACIÓN DEL PATRIMONIO: LA CONEXIÓN ENTRE GEOLOGÍA Y TURISMO 391
O. López y J. Lorente.

EXPERIENCIAS PARA LA INTEGRACIÓN DE LA GESTIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO Y DE LA GEODIVERSIDAD CON LA DE OTROS ELEMENTOS DEL PATRIMONIO NATURAL Y/O CULTURAL

ELEMENTOS CLAVE DE LA GEODIVERSIDAD QUE INFLUYEN SOBRE LA BIODIVERSIDAD. UNA PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA DIRECTIVA HÁBITATS (92/43/CEE) 401
M. Monge-Ganuzas.

EL SALT (ALCOY) LUGAR DE INTERÉS PATRIMONIAL PRIVILEGIADO: PATRIMONIO GEOLÓGICO, ARQUEOLÓGICO E INDUSTRIAL 407
M.A. García del Cura, J.Cuevas, D. Benavente y S.Ordóñez.

LA PIEDRA DE MARÉS DE MALLORCA, PATRIMONIO NATURAL Y CULTURAL 413
G. Mas.

PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO INMATERIAL DE LAS ISLAS BALEARES 421
G. Mas y H. Astudillo.

EL FRAILE DE BEAS DE GRANADA: UN MITO ENTRE PATRIMONIO GEOLÓGICO Y LEYENDA 429
F.J. Roldán y J.M. Azañón.

BASSA DEL BURRO (PALAFRUGELL, GIRONA): UN EJEMPLO DE CONVERGENCIA ENTRE EL PATRIMONIO GEOLÓGICO Y BIOLÓGICO 437
C. Roqué, L. Guirado y J. Català.

LAS FUENTES DE OSONA (NE CATALUÑA): PATRIMONIO CULTURAL Y NATURAL A PROTEGER Y RECUPERAR 445
A. Menció.

EL PATRIMONIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MARISMAS LITORALES: EL CASO DE LA PLETERA (NE CATALUÑA) 453
A. Menció, X.D. Quintana, J. Compte y J. Mas-Pla.

APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS VOLCÁNICOS EN LA PROVINCIA MAGMÁTICA ROMANA (PMR): SOVANA, SUTRI Y CIVITÀ DE BAGNOREGIO 461
E. Escobar, M.E. González y F.J. Dóniz.

CENTRO DE INTERPRETACIÓN DEL VOLCÁN CERRO GORDO COMO EJEMPLO DE DINAMIZACIÓN ECONÓMICA EN EL CAMPO DE CALATRAVA (CIUDAD REAL, ESPAÑA) 467
E. Escobar, M.E. González, R. Becerra-Ramírez, R.U. Gosálvez y F.J. Dóniz-Páez.

MEMORIA DE LA JORNADA DE CAMPO CENTRAL DE LA *XII REUNIÓN NACIONAL DE LA COMISIÓN DE PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA DE ESPAÑA*

PAISAJE Y GEOLOGÍA: UN PROYECTO DE GEOCONSERVACIÓN CENTRADO EN LA GEODIVERSIDAD INSULAR 477
A. Rodríguez, B. Gelabert y F. de Pablo.

Metodologías y análisis de inventarios de patrimonio geológico y geodiversidad

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

LA REALIZACIÓN DE INVENTARIOS DE PATRIMONIO GEOLÓGICO A PARTIR DE ESTUDIOS REGIONALES. APLICACIÓN AL MACIZO DE COTIELLA (HUESCA)

GEOHERITAGE INVENTORIES FROM REGIONAL STUDIES. AN APLICATION IN THE COTIELLA MASSIF (HUESCA)

Ánchel Belmonte[1,2], Carlos Sancho[1], Luis Carcavilla[3]

[1] Dpto. de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza
C/ Pedro Cerbuna 12, 50009, Zaragoza. anchelbr@unizar.es, csancho@unizar.es

[2] Geoparque Mundial de la UNESCO Sobrarbe-Pirineos. Avda. Ordesa 79, 22340 Boltaña (Huesca)

[3] Instituto Geológico y Minero de España. C/ Ríos Rosas 23, 28003. l.carcavilla@igme.es

Resumen: Los estudios de carácter regional generan un detallado conocimiento sobre una parte de la geología de un territorio determinado. Esa información resulta de gran utilidad para la elaboración de inventarios de patrimonio geológico de tipo sistemático-temático, contribuyendo además a la reducción de la subjetividad. La metodología del IELIG es fácilmente adaptable a este tipo de inventarios. En el contexto de una tesis sobre la geomorfología del macizo de Cotiella, se ha seleccionado una docena de LIG de tipo geomorfológico. En consonancia con los modelados dominantes en el macizo, la mayor parte de los LIG inventariados son elementos pertenecientes a los sistemas morfogenéticos glaciar y kárstico. El inventario incluye una valoración cuantitativa del interés de los LIG y la prioridad de protección. Igualmente, se han elaborado recomendaciones para su gestión. La realización de trabajos similares en estudios de estas características puede contribuir a completar inventarios ya existentes o iniciarlo en zonas donde no existiera información previa.

Palabras clave: Cotiella, inventarios sistemáticos-temáticos, patrimonio geológico, Pirineo, tesis doctorales.

Abstract: *Regional studies generate detailed knowledge about a certain geological discipline in a particular territory. This information is useful as a source of data to elaborate a systematic-thematic geoheritage inventory. At the same time, it helps to reduce subjectivity. IELIG methodology is easily adaptable to this kind of inventories. In the frame of a PhD thesis about the geomorphology of the Cotiella massif, a dozen geomorphological geosites have been selected. According to the prevailing landform genesis in the massif, most of the inventoried geosites belong to the glacial and karstic morphogenetic systems. The inventory includes a quantitative assessment of the type of interest of each geosite and of the protection priority as well. Recommendations for management are presented. The application of the procedure described during similar regional PhD studies could help to compile new inventories or complete existing ones.*

Key words: *Cotiella, geological heritage, Pyrenees, PhD theses, systematic-thematic inventories.*

INTRODUCCIÓN: INVENTARIOS Y ESTUDIOS REGIONALES

Los inventarios de patrimonio geológico tienen como objetivo seleccionar los elementos más valiosos de la geología de una región determinada. La localización, clasificación y valoración de los lugares de interés geológico (LIG) permiten realizar una gestión adecuada de cada uno, posibilitando su conservación y aprovechamiento sostenible (Carcavilla et al., 2007).

Existen numerosos factores que influyen en la realización de un inventario. Uno de ellos es la escala de trabajo, que puede ser tan pequeña como un municipio o tan grande como una unidad geológica entera. Para todos los casos existen en nuestro país precedentes y desarrollo de metodologías (Vegas *et al.*, 2012).

Los objetivos del inventario son también un factor condicionante. Que el trabajo se realice en el contexto de un geoparque, una administración pública o un organismo de investigación puede influir en el planteamiento y en el tipo de resultados obtenidos.

Finalmente un problema común a la realización de un inventario, con independencia de su escala y finalidad, es la reducción de la subjetividad. Para ello, es indispensable un conocimiento profundo y detallado de la geología de la zona de estudio y de su contexto, así como la aplicación de una metodología estandarizada y contrastada.

En cualquier caso, la metodología aplicada ha de ser flexible y modificarse para adaptarla a las características particulares tanto del territorio como de los objetivos del inventario.

En este contexto, los trabajos de carácter regional (TFM, Tesis Doctorales…) ofrecen el estudio detallado de una parte de la geología en un territorio geográficamente amplio que puede ser a escala de macizo, valle o parte de una unidad geológica mayor. Para la realización de un trabajo así, el geólogo no sólo ha de conocer con detalle las características de su zona sino también las del entorno en que se ubica, a fin de relacionar sus elementos de estudio con su contexto regional. En ese marco, el aprovechamiento del conocimiento generado a la selección de LIG resulta una aplicación de gran interés que además reduce la subjetividad.

UN CASO PRÁCTICO: EL MACIZO DE COTIELLA

Situación geográfica y geológica

El macizo de Cotiella se localiza entre las comarcas de Sobrarbe y Ribagorza, en el Pirineo de Huesca (Figura 1), constituyendo el interfluvio Cinca-Ésera. Su superficie es de 177 km^2 y altitudinalmente abarca desde los 700 m s.n.m. del embalse de Lafortunada hasta los 2.912 m del pico de Cotiella. El macizo forma parte del manto de Cotiella, terminación noroccidental de la Unidad Surpirenaica Central (Seguret, 1972; Martínez Peña, 1991) y está constituido principalmente por materiales carbonatados del Cretácico superior que cabalgan sobre calizas y margas cenozoicas.

En términos geomorfológicos, las líneas generales del relieve están definidas por las grandes estructuras tectónicas que compartimentan el macizo. Sobre esa base se asientan distintos modelados que han actuado con desigual intensidad a lo largo de los últimos millones de años. Destaca el modelado glaciar, con un total de 26 circos (Belmonte, 2014a) de los que parten diversas artesas. Una gran cubeta de sobreexcavación y varios complejos sedimentarios glaciares, glaciolacustres y fluvioglaciares son algunas de las morfologías de este tipo más relevantes.

El modelado periglaciar se extiende por la práctica totalidad del macizo. Destacan siete glaciares rocosos, uno de ellos con probable presencia de permafrost, canchales, morfologías de flujo en laderas y potentes depósitos de derrubios estratificados formados en dos momentos distintos.

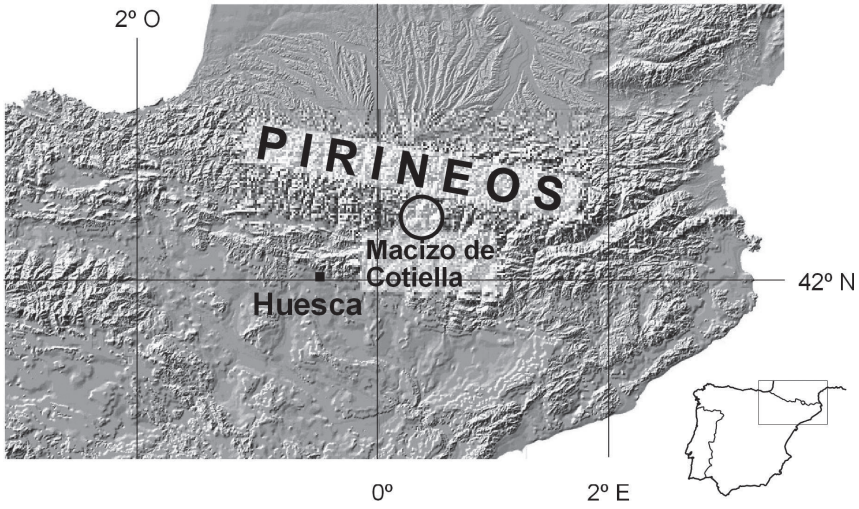


Figura 1. Localización geográfica y geológica del macizo de Cotiella.

Dada la naturaleza eminentemente calcárea del macizo y la disponibilidad de agua tanto de precipitaciones como de fusión nival, el kárstico es un proceso clave en Cotiella y sus morfologías abundantes y variadas. Existen áreas con densidades de 98,4 dolinas/km^2 (circo de Armeña) y se han descrito 18 tipos distintos de lapiaces. El endokarst incluye sistemas de cavidades de hasta 1.327 m de desnivel y cuevas heladas (Sancho *et al.*, 2012; Belmonte Ribas *et al.*, 2014b).

Otras morfologías relacionadas con la actividad fluviotorrencial y los movimientos en masa son frecuentes en Cotiella. Destacan los flujos de derrubios, con algunos ejemplos de grandes dimensiones y alta funcionalidad, los desprendimientos rocosos y los grandes cañones fluviales.

Metodología del inventario

La tesis doctoral realizada en este macizo ha generado un detallado conocimiento de la geomorfología de Cotiella, en lo que se refiere a procesos que actuaron en el pasado, a procesos activos y a las morfologías resultantes. Dicho conocimiento permitió seleccionar aquellos elementos que potencialmente podían revestir más interés desde un punto de vista científico, didáctico y turístico/recreativo.

Aprovechando esta información se decidió hacer un inventario de LIG sistemático-temático (Sharples, 2002; Carcavilla *et al.*, 2007). Los inventarios sistemáticos parten de la clasificación del medio geológico para seleccionar los lugares más representativos (García-Cortés y Carcavilla, 2013) y consideran, además de criterios geológicos, otros como la vulnerabilidad (Carcavilla *et al.*, 2007). Por otro lado, el carácter temático se centra en la geomorfología ya que en la tesis se han trabajado la totalidad de modelados del macizo. Existen varias opciones a la hora de clasificar los elementos geomorfológicos en un inventario (Southberg, 1990;

Kiernan, 1997; Carcavilla *et al*., 2004). Dado la estructura de trabajo de la tesis que sustenta este inventario, el criterio utilizado es el del sistema morfogenético al que pertenece cada LIG.

La ficha utilizada fue la propia del IELIG (García-Cortés y Carcavilla, 2013), de cara a facilitar el uso de la información obtenida y a universalizar los resultados en inventarios de rango geográfico mayor que se realicen siguiendo esta metodología.

La selección de LIG se acompañó de una valoración de tipos de interés siguiendo también la metodología del IELIG, la fragilidad y amenazas externas y la prioridad de protección. En esta última, los niveles que indican los grados de prioridad se establecieron siguiendo los criterios de Vegas *et al*., (2012), pensados para un inventario de escala municipal, un rango de superficie equiparable al del macizo estudiado.

Finalmente, y a partir de toda la información obtenida, se propusieron medidas de gestión y geoconservación.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Un total de 12 LIG de tipo geomorfológico se han inventariado en el macizo de Cotiella. Pertenecen a cinco sistemas morfogenéticos distintos, correspondiendo la mayoría de los LIG a los sistemas cualitativamente más importantes en la zona (kárstico y glaciar) (Tabla 1). Los límites correspondientes se han cartografiado con ArcGis utilizando como base el mapa geomorfológico que acompaña a la tesis.

Código	Denominación	Proceso involucrado
RI01	Glaciar rocoso de Cotiella	Periglaciar
RI02	Exokarst de Armeña	Karst
RI03	Cueva helada A294	Karst
SO01	Cubeta de sobreexcavación e ibón de Plan	Glaciar
SO02	Sistema de surgencias de Fornos-Chorro-Graners	Karst
SO03	Congosto de la Inclusa	Fluvial
SO04	Glaciares negros de la Peña las Onze	Glaciar
SO05	Flujo de derrubios de Saravillo	Ladera
SO06	Derrubios estratificados de Los Neis	Periglaciar
SO07	Till de ablación de Irués	Glaciar
SO08	Congosto de las Debotas	Fluvial
SO09	Conos de derrubios activos de la Peña de Sin	Ladera

Tabla 1. LIG relacionados con la geomorfología, propuestos en el macizo de Cotiella y sistema morfogenético al que se adscriben.

Siguiendo la metodología del IELIG, se valoró independientemente el interés científico, didáctico y turístico/recreativo. Estos dos últimos campos mostraron coincidencia en los LIG mejor valorados (Tabla 2). La accesibilidad es el factor clave que penaliza la valoración general de los científicos frente a los destacados en las otras dos categorías.

La fragilidad de los LIG que obtienen un valor más alto en ese ámbito está relacionada con procesos torrenciales que afectan a depósitos sedimentarios cuaternarios. Dada la configuración del macizo y el contexto climático actual, dichos procesos son especialmente activos en Cotiella y, por tanto, constituyen una de las principales formas naturales de deterioro de estos depósitos poco o nada consolidados. Las principales amenazas externas tienen que ver con explotaciones de áridos y ampliaciones de carreteras en LIG ubicados en los fondos de valles principales.

LIG	Ic	Id	It	Ic+Id+It	F	A	SD	PPc	PPd	PPt	PPg
RI01: Glaciar rocoso de Cotiella	182	139	139	460	140	165	305	334,5	291,5	291,5	305,8
RI02: Exokarst de Armeña	195	163	131	489	0	165	165	277,5	245,5	213,5	245,5
RI03: Cueva helada A294	**255**	162	157	574	140	165	305	407,5	314,5	309,5	343,8
SO01: Cubeta de sobreexcavación e Ibón de Plan	**247**	193	234	674	60	165	225	359,5	305,5	346,5	337,2
SO02: Sistema de surgencias Fornos-Chorro-Graners	189	215	230	634	140	165	305	341,5	367,5	382,5	363,8
SO03: Congosto de la Inclusa	216	**260**	**242**	**718**	60	**350**	**410**	**421**	**465**	**447**	**444,3**
SO04: Glaciares negros de la Peña las Onze	208	225	162	595	40	185	225	320,5	337,5	274,5	310,8
SO05: Flujo de derrubios de Saravillo	169	201	163	533	160	**290**	**450**	394	426	388	402,7
SO06: Derrubios estratificados de Los Neis	192	168	152	512	**200**	135	335	359,5	335,5	319,5	338,2
SO07: Till de ablación de Irués	**271**	204	153	628	**200**	165	365	**453,5**	386,5	335,5	391,8
SO08: Congosto de las Debotas	205	**253**	**246**	**704**	100	270	370	390	**438**	**431**	**419,7**
SO09: Conos de derrubios de la Peña de Sin	193	**255**	**270**	**718**	**200**	**325**	**525**	**455,5**	**517,5**	**532,5**	**501,8**

Tabla 2. Valoración de los Lugares de Interés Geológico relacionados con la geomorfología del macizo de Cotiella. En negrita se indican los tres valores más elevados de cada categoría. (Ic, interés científico; Id, interés didáctico; It, interés turístico/recreativo; F, fragilidad; A, amenazas externas; SD, susceptibilidad a la degradación; PPc, prioridad de protección en función del interés científico; PPd, prioridad de protección en función del interés didáctico; PPt, prioridad de protección en función del interés turístico/recreativo; PPg, prioridad de protección general).

Los umbrales que definen la prioridad de protección general (PPg) se han calculado siguiendo a Vegas *et al.* (2012):

[(PPgmax - PPgmin)/3] + PPgmin = límite baja-media
Límite baja-media + [(PPgmax – PPgmin)/3] = límite media-alta

Este cálculo tiene como ventaja que se adapta a los valores obtenidos en la zona de estudio con independencia de su extensión. No obstante, requiere una comprobación en campo para asegurar que el resultado matemático se corresponde con una necesidad real de protección (Vegas *et al*., 2012). De nuevo, los LIG con mayor prioridad de protección resultan los ubicados en fondos de valle mientras que los situados en la alta montaña obtienen valores mínimos.

Para algunos LIG geográficamente agrupados (circo de Armeña) se proponen medidas de gestión conjunta. Para los ubicados dentro del Geoparque de Sobrarbe-Pirineos, su inclusión dentro del inventario de LIG de dicho espacio. Un caso especial es el del flujo de derrubios de Sarabillo, dado que en eventos excepcionales su lóbulo terminal alcanza zonas de ocupación humana (pistas y campos). La rápida retirada de los derrubios por parte de la Administración impide la toma de datos morfométricos y sedimentológicos que puedan contribuir a mejorar el conocimiento sobre la dinámica de este flujo. El propio Geoparque puede en este caso coordinar las acciones mediando entre la Administración y la comunidad científica.

CONCLUSIONES

Los estudios de tipo regional (como por ejemplo las tesis doctorales) generan un marco idóneo para la realización de inventarios de patrimonio geológico de tipo sistemático-temático. Dichos inventarios, considerando distintas disciplinas geológicas, sumados sobre un territorio permitirían llegar a un conocimiento muy detallado y completo del patrimonio existente. Sería necesario que se llevaran a cabo utilizando la misma metodología, a fin de poder cruzar de manera coherente los resultados obtenidos.

En el caso presentado, la metodología del IELIG con las adaptaciones de Vegas *et al*., (2012) han resultado eficaces para trabajar en un área de extensión reducida (177 km^2). Esta metodología permite también una fácil adaptación de los resultados para su incorporación en otros inventarios de rango mayor, como en el caso propuesto el del Geoparque Mundial de la UNESCO Sobrarbe-Pirineos. El grado de conocimiento que se alcanza en este tipo tesis, tanto de la zona de estudio como de su entorno, es un factor reductor de la subjetividad.

Desde el punto de vista de la geomorfología, el macizo de Cotiella ofrece valiosos ejemplos de morfologías y procesos ligados a los sistemas morfogenéticos kárstico y glaciar, principalmente. Del inventario se han extraído propuestas de gestión de interés a escala de Geoparque e incluso autonómica.

REFERENCIAS

Belmonte Ribas, A. 2014a. *Geomorfología del macizo de Cotiella (Pirineo oscense): cartografía, evolución paleoambiental y dinámica actual*. Tesis Doctoral inédita. Universidad de Zaragoza, 581pp +1 mapa.

Belmonte Ribas, A., Sancho, C., Moreno, A., López-Martínez, J. y Bartolomé, M. 2014b. Present-day environmental dynamics in ice cave A294, Central Pyrenees, Spain. *Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria*, 37(2), 131-140.

Carcavilla, L., Berrio, M. P., López-Martínez, J. y Durán, J. J. 2004. Propuesta de sistematización para el estudio de elementos geomorfológicos como parte del Patrimonio Geológico. Aplicación a la provincia de Albacete. En: Guillén Mondéjar, F. y Del Ramo, A. (eds.), *El Patrimonio Geológico: Cultura, Turismo y Medio Ambiente*. Universidad de Murcia, 125-133.

Carcavilla, L., López-Martínez, J. y Durán, J. J. 2007. *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. Publicaciones del IGME, Serie Cuadernos del Museo Geominero, 7, 360 pp.

García-Cortés, A. y Carcavilla, L. 2013. Documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG), 02/02/17, http://www.igme.es/patrimonio/novedades/METODOLOGIA%20IELIG%20web.pdf,.

Kiernan, K. 1997. Landform classification for geoconservation. En: Eberhard, R. (ed.), *Pattern and Process: Towards a Regional Approach to National Estate Assessment of Geodiversity*. Technical Series, 2, Australian Heritage Commission & Environment Forest Taskforce, 21-34.

Martínez Peña, B. 1991. *La estructura del límite occidental de la Unidad Surpirenaica Central.* Tesis doctoral Universidad de Zaragoza, 380 pp + planos, (inédita).

Sancho, C., Belmonte, A., López-Martínez, J., Moreno, A., Bartolomé, M., Calle, M. y Santolaria, P. 2012. Potencial paleoclimático de la cueva helada A294 (Macizo de Cotiella, Pirineos, Huesca). *Geogaceta*, 52, 101-104.

Séguret, M. 1972. *Etude tectonique des nappes et series décollées de la partie centrale du versant sud des Pyrénees.* Publications de USTELA, Série Géologie Structural, 2, Montpellier, 155 pp.

Sharples, C. 2002. Concepts and principles of geoconservation consultada, 02/02/17, http://dpipwe.tas.gov.au/Documents/geoconservation.pdf,

Southberg, T.L. 1990. *Towards a descriptive geomorphic classification system for nature conservation purposes.* Department of Parks, Wildlife & Heritage, Ocasional paper, 23 pp.

Vegas. J., García-Cortés, A., Lozano, G., Carcavilla, L. y Díaz-Martínez, E. 2012. Valoración de los Lugares de Interés Geológico de Enguídanos (Cuenca) y su aplicación para la geoconservación. En: Fernández-Martínez, E. y Castaño de Luis, R. (eds.), *Avances y retos en la conservación del patrimonio geológico en España.* IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (SGE), 271-276.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

PROBLEMÁTICA ASOCIADA A LA DELIMITACIÓN Y CARTOGRAFÍA DE LOS LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO

DELIMITING AND MAPPING GEOSITES OF THE BASQUE AUTONOMOUS COMMUNITY: DIFFICULTIES OF A METHODOLOGICAL PROPOSAL

A. Bodego [1], A. Apraiz[2], I. Álvarez[3], A. Aranburu [4] y M. Mendia[4].

[1] Dpto. de Ingeniería Minera y Metalúrgica y CC de los Materiales. Escuela de Ingeniería de Bilbao. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Pº Rafael Moreno "Pitxitxi", 2. 48013 Bilbao. arantxa.bodego@ehu.eus

[2] Dpto. de Geodinámica. Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Barrio Sarriena s/n. 48940 Leioa. arturo.apraiz@ehu.eus

[3] Dpto. de Expresión Gráfica y Proyectos. Escuela de Ingeniería de Bilbao. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Pº Rafael Moreno "Pitxitxi", 2. 48013 Bilbao. irantzu.alvarez@ehu.eus

[4] Dpto. de Mineralogía y Petrología. Facultad de Ciencia y Tecnología. Universidad del País Vasco (UPV/EHU). Barrio Sarriena s/n. 48940 Leioa. arantza.aranburu@ehu.eus

Resumen: La estrategia de Geodiversidad de la Comunidad Autónoma del País Vasco recoge una cartografía preliminar que delimita de forma aproximada las Geozonas identificadas en el inventario de Lugares de Interés Geológico (LIG). La necesidad de una delimitación más exacta y de una cartografia individual de los LIG ha sacado a la luz una serie de problemas asociados a las peculiaridades de los LIG y de cada tipo de elemento. Para la realización de esta nueva cartografía, se han analizado los LIG siguiendo la agrupación por disciplinas definida en el inventario. Todas las agrupaciones presentan dificultades a la hora de establecer una metodología común para el conjunto de los LIG definidos en cada grupo, bien por la tipología de cada elemento o por su variabilidad. El análisis de esta problemática generará una nueva metodología que servirá para realizar una cartografía homogénea de los LIG. Esta cartografía será incorporada a *geoEuskadi*, la Infraestructura de Datos Espaciales del Gobierno Vasco.

Palabras clave: Cartografía, Geodiversidad, Lugares de Interés Geológico, País Vasco, SIG.

Abstract: *The Geodiversity Strategy of the Basque Autonomous Community included a preliminary mapping of identified geozones included in the geosite inventory. The necessity of individual geosite mapping has evidenced the difficulties when delimiting each type of element. For the new geosite mapping these have been analyzed by their geological interest, following the grouping suggested in the inventory. Each grouping of geosites by disciplines shows difficulties for assessing a common mapping methodology, due to their typology or to their variability. The analysis of this difficulties will result in the establishment of a new methodology for geosite mapping, that will be included into geoEuskadi, the Spatial Data Infrastructure of the Basque Government.*

Key words: *Basque Country, Geodiversity, Geosites, GIS, Mapping.*

INTRODUCCIÓN

En la Comunidad Autónoma de País Vasco (CAPV) se han definido 150 Lugares de Interés Geológico (LIG) mediante la "Estrategia de Geodiversidad de la CAPV, 2020" (Gobierno Vasco, 2014a). Uno de los objetivos prioritarios de la Estrategia fue realizar la diagnosis del patrimonio geológico de la CAPV, para desarrollar, a continuación, el inventario de los LIG. El inventario presenta fichas individuales para cada LIG (Gobierno Vasco, 2014b), en las que se muestran, entre otros aspectos, su descripción, valoración de su carácter científico, didáctico-divulgativo y turístico-recreativo, así como su fragilidad, vulnerabilidad y riesgo de degradación.

Actualmente los LIG no están delimitados siguiendo una metodología común y sus fichas tampoco presentan una cartografía homogénea que pueda ser fácilmente identificable. De forma preliminar, la Administración General del País Vasco ha incorporado a la Infraestructura de Datos Espaciales, el contorno de las Geozonas (Figura 1, Gobierno Vasco, 2017). Sin embargo, esta delimitación no ha sido realizada siguiendo criterios coherentes y es relevante la falta de una cartografía con criterios unificados de nomenclatura y simbología para cada LIG. Además, la delimitación se ha realizado sin seguir criterios coherentes y homogéneos para los distintos tipos de Geozonas. A partir de esta necesidad, el Gobierno Vasco promueve la realización de un estudio en el que se establezca una propuesta metodológica para determinar los criterios que puedan servir como base para delimitar la zona de influencia sobre los LIG y realizar las cartografías de cada uno de los LIG y las Geozonas del inventario de la CAPV.

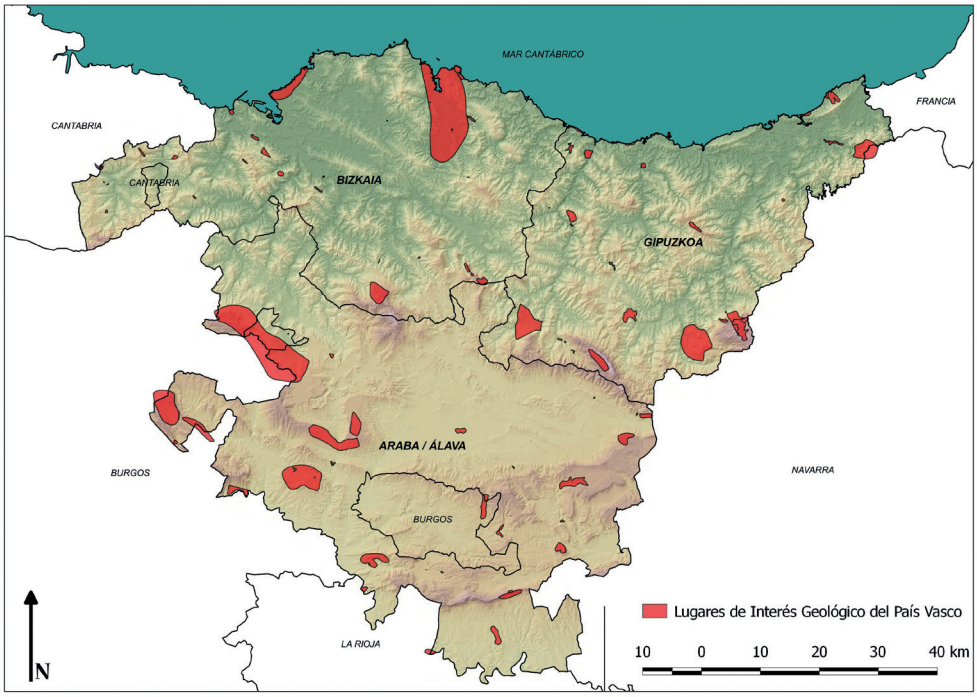


Figura 1. Representación cartográfica de los Lugares de Interés Geológico del inventario de la CAPV en el visor *geoEuskadi*.

CLASIFICACIÓN DE LOS LIG SEGÚN DISCIPLINAS GEOLÓGICAS

Los 150 LIG de la CAPV se clasifican en ocho tipos de interés principal (referido este interés a temas o disciplinas geológicas): geomorfología, hidrogeología, tectónica, estratigrafía/sedimentología, paleontología, petrología/mineralogía, minería y otros. Este último no será abordado en este trabajo. Es de destacar que son predominantes los tipos de LIG que tienen interés estratigráfico/sedimentológico (99 LIG), o geomorfológico (84 LIG), aunque no en todos sea su interés principal.

Elementos de interés geomorfológico

Hay 84 LIG con interés geomorfológico, de los cuales 35 presentan un interés muy alto, reflejo de la variedad paisajística de la CAPV. Estos LIG se corresponden en general con procesos litorales, tales como playas, dunas, rasas, acantilados, bahías y estuarios; procesos kársticos, tanto exo- como endo-kársticos; y procesos de modelado del relieve, incluyendo crestas montañosas y pináculos. Asimismo, aunque menos representadas, se incluyen cascadas fluviales, lagos y lagunas. A la hora de delimitar el área de influencia sobre el LIG y de realizar su cartografía la problemática puede resultar muy diversa. Por ejemplo, la delimitación de los procesos litorales como las rasas, que tienen siempre una parte inundada por el mar, no resulta sencilla. Del mismo modo al delimitar la zona de influencia sobre una cueva se puede considerar, de forma exclusiva, la cavidad, o puede expandirse a la totalidad del sistema kárstico.

Elementos de interés hidrogeológico

Son 28 los LIG con interés hidrogeológico y 8 de ellos presentan un interés muy alto. Los elementos a delimitar y cartografiar en este tipo de LIG son, en general, sumideros, surgencias, sistemas acuíferos, manantiales, humedales, lagos y lagunas. La delimitación de estos LIG puede realizarse desde un punto de vista simplista, ciñéndose estrictamente el punto o área que en el que afloran, o siendo más conservadores, tener en cuenta su área de influencia, que en algunos casos podría incluso extenderse a los límites de la cuenca hidrográfica (como en los casos de los estuarios). Algunos LIG incluidos en este grupo están relacionados con sistemas kársticos y su problemática se solapa con la de los LIG del grupo anterior.

Elementos de interés tectónico/estructural

Existen 42 LIG con interés tectónico y/o estructural, aunque en la mayoría de ellos, el interés principal corresponde a otras disciplinas. Solo 5 LIG presentan un interés tectónico muy alto. Estos elementos son principalmente pliegues de escala diversa, domos y cabalgamientos, aunque también se han definido mineralizaciones ligadas a fallas. La escala de algunos elementos complica la delimitación y la cartografía de estos LIG. Las estructuras de gran escala pierden interés por la imposibilidad de ser analizadas y observadas en su totalidad y puede resultar interesante reducir los límites de estas estructuras a afloramientos y/o cortes puntuales, en los que las estructuras sean visibles, analizables y entendibles.

Elementos de interés estratigráfico/sedimentológico

Entre los LIG de la CAPV, 99 de los 150 presentan algún interés estratigráfico y/o sedimentológico, y 27 de ellos presentan un interés muy alto. La gran proporción de LIG de este tipo se debe a que gran parte del

territorio de la CAPV se extiende sobre rocas sedimentarias de edades mesozoicas y cenozoicas. Estos LIG corresponden, en su gran mayoría, a rocas calizas cretácicas (urgonianas), afloramientos de tipo flysch, el límite K/Pg y los estratotipos de la costa vasca. Asimismo, algunos de estos LIG presentan un alto interés bioestratigráfico. Además, algunos corresponden a niveles o estratos individuales y su delimitación resulta problemática, pudiéndose restringir exclusivamente al afloramiento más representativo, o por el contrario extenderse siguiendo su traza cartográfica. En este último caso, habría que considerar la extensión idónea para este tipo de LIG.

Elementos de interés paleontológico

Son 45 los LIG que presentan un interés paleontológico, aunque solo 18 de ellos presentan un interés muy alto. La mayoría de este tipo de LIG corresponde a yacimientos de macrofósiles de distintas edades y grupos fósiles: flora y fauna paleozoica, belemnites y ammonites jurásicos, rudistas del Cretácico Inferior, ammonites y corales del Cretácico Superior, mamíferos, nummulites e icnofósiles del Eoceno, flora y fauna palustre del Mioceno y fauna del Cuaternario. Asimismo, algunos LIG corresponden a afloramientos de estratos con un contenido en microfósiles de gran importancia. Los criterios metodológicos para realizar la cartografía de este tipo de LIG pueden presentar cierto grado de complejidad. Por ejemplo, los yacimientos de vertebrados cuaternarios que se presentan en cuevas presentan la problemática mencionada previamente para las cuevas, mientras que las calizas lacustres han de ser delimitadas mediante criterios distintos, debido a su carácter estratiforme.

Elementos de interés petrológico/mineralógico

Hay 22 LIG con interés petrológico, de los cuales 16 tienen un interés muy alto. Dentro de esta tipología existe una gran variabilidad, destacando los complejos volcánicos del Cretácico Superior que contienen rocas piroclásticas (brechas, lapillis, cenizas), sills, diques, lavas masivas y almohadilladas. Asimismo, se definen otras rocas ígneas como granitos y gabros, conjuntos de espeleotemas de cuevas, mineralizaciones dolomíticas y playas cementadas, entre otros. Tanto la variabilidad petrológica como el carácter más o menos estratiforme de estos LIG representan complicaciones a la hora de establecer una metodología conjunta para delimitar el área de influencia y para la realización de su cartografía.

Elementos de interés minero

Existen 19 LIG con interés minero, y 13 de ellos presentan un interés muy alto. Estos LIG se corresponden con las principales explotaciones de minería metálica, barita, espato de Islandia y gas natural, encajadas en rocas cretácicas. Asimismo, son de destacar otros yacimientos minerales como por ejemplo las sales o los asfaltos. A la hora de delimitar y cartografiar este tipo de elementos, los criterios pueden ser restrictivos o inclusivos. La delimitación y cartografía restrictivas se circunscriben a los límites de los yacimientos geológicos, mientras que las inclusivas bien pueden considerar la incorporación de otros elementos. Por ejemplo, la incorporación de elementos del patrimonio industrial y minero dentro de los LIG, ayuda a tener una visión de conjunto y aporta un valor añadido al LIG, ya que estos elementos son parte fundamental de su interés minero (si no podrían limitarse a tener un interés petrológico/mineralógico). Otro de los problemas a tener en cuenta es el relacionado con la delimitación y cartografía de los yacimientos localizados en mar abierto.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La diversidad de LIG de la CAPV dificulta la unificación de criterios para la delimitación de la zona de influencia sobre los mismos y la realización de cartografías individuales y conjuntas. Incluso teniendo el mismo interés, como puede ser el caso de los LIG de interés paleontológico, estos pueden ser muy diversos, desde afloramientos de yacimientos hasta fósiles expuestos en museos.

Además de su clasificación por el interés temático, estos LIG son clasificados por su tipología (extensión y forma) sobre el mapa, siguiendo la metodología propuesta por Fuertes-Gutiérrez y Fernández-Martínez (2010; 2012) como puntos, líneas, áreas, puntos de observación y áreas complejas. Siguiendo estos parámetros se pretende delimitar el área de influencia sobre cada uno de los LIG y realizar cartografías individuales y de conjunto siguiendo una metodología común. El área de influencia delimitada alrededor del LIG no tiene porque tener relación directa con parámetros de conservación sobre el mismo.

Por otro lado, existen tipos de LIG particulares, como pueden ser los relacionados con procesos geomorfológicos, que pueden representar dificultades a la hora de delimitarlos y cartografiarlos, o aquellos que representan estructuras tectónicas de gran escala, en los que delimitar y cartografiar la estructura completa no aporta información adicional que enriquezca su interés o que facilite su entendimiento y compresión.

Una vez establecida la metodología y realizada la cartografía de los LIG, esta será incorporada a *geoEuskadi*, la Infraestructura de Datos Espaciales de la Administración General del País Vasco (Gobierno Vasco, 2017).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial de la Administración General del País Vasco mediante el proyecto 18519 (UPV/EHU).

REFERENCIAS

Estrategia de Geodiversidad de la Comunidad Autónoma del País Vasco, 2020, Gobierno Vasco 2014a, 09/02/2017, http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/plan_programa_proyecto/estrategia-de-geodiversidad-de-la-comunidad-autonoma-del-pais-vasco-2020/r49-u95/es/

Inventario de lugares de interés gológico de la CAPV, Gobierno Vasco 2014b, 09/02/2017, http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r49-u95/es/contenidos/informacion/lig/es_def/index.shtml

GeoEuskadi, Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), Gobierno Vasco 2017, 09/02/2017, http://www.geo.euskadi.eus/s69-bisorea/es/x72aGeoeuskadiWAR/index.jsp

Fuertes-Gutiérrez, I. y Fernández-Martínez, E. 2010. Geosites inventory in the Leon Province (Northwestern Spain): a tool to introduce geoheritage into regional environmental management. *Geoheritage*, 2, 47-52.

Fuertes-Gutiérrez, I. y Fernández-Martínez, E. 2012. Mapping geosites for Geoheritage Management: A Methodological Proposal for the Regional Park of Picos de Europa (León, Spain). *Environmental Management*, 50 (5), 789-806.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

CATÁLOGO DE ELEMENTOS GEOLÓGICOS Y GEOMORFOLÓGICOS DE PROTECCIÓN ESPECIAL DE CASTILLA-LA MANCHA. UNA HERRAMIENTA PARA LA GEOCONSERVACIÓN

CASTILLA-LA MANCHA CATALOGUE OF GEOLOGICAL AND GEOMORPHOLOGICAL SPECIAL PROTECTION ELEMENTS. A TOOL FOR GEOCONSERVATION

J. Luengo[1], Á. García-Cortés[1], J. Vegas[1], L. Carcavilla[1], E. Díaz-Martínez[1] y A. Salazar[1]

[1] Instituto Geológico y Minero de España (IGME). C/ Ríos Rosas 23.28003 Madrid.
j.luengo@igme.es, garcia.cortes@igme.es, j.vegas@igme.es, l.carcavilla@igme.es, e.diaz@igme.es, a.salazar@igme.es.

Resumen: El inventario de los elementos con valor patrimonial dentro de la geodiversidad de una región y su posterior análisis, constituye uno de los trabajos esenciales para establecer prioridades en la gestión del Patrimonio Geológico (PG). Con este fin durante los dos últimos años diversos especialistas, liderados por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), han desarrollado el Catálogo de Elementos Geológicos y Geomorfológicos de Protección Especial de Castilla-La Mancha (CEGGPE). Este Catálogo sistemático nace para desarrollar una de las herramientas contenidas en la Ley 9/1999 de Conservación de la Naturaleza de Castilla-La Mancha para la conservación de dicho patrimonio. Esta comunicación analiza los resultados obtenidos del estudio de los 1.394 lugares identificados durante la realización de este trabajo, examinando, entre otros factores, su ordenación por tipos de elementos o su distribución espacial.

Palabras clave: Castilla-La Mancha, catálogo, geoconservación, Lugares de interés geológico, patrimonio geológico.

Abstract: *The inventory of the most valuable occurrences of geodiversity in an area and the quantitative analysis of the data obtained, are essential steps in any geoconservation strategy and in the establishment of priorities for its administration. With this aim, and in development of Law 9/1999 of Nature Conservation of Castilla-La Mancha region (central Spain), during the last two years geoscientists of various institutions leaded by the Geological and Mining Institute of Spain (IGME) have developed a project aiming a new inventory of geological sites, named Castilla-La Mancha Catalogue of Geological and Geomorphological Special Protection Elements (*CEGGPE*). This communication describes the first results obtained from the study of the 1,394 geosites identified, analysing, among other factors, spatial distribution and size frequency.*

Key words: *Castilla-La Mancha region, catalogue, geological heritage, geoconservation, geosites.*

INTRODUCCIÓN

En el año 2015 la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha suscribió un convenio de colaboración con el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) para impulsar y desarrollar el "Conocimiento del patrimonio geológico de Castilla-La Mancha". Uno de los objetivos de ese convenio era dar cumplimiento a lo establecido en la Ley 9/1999, de Conservación de la Naturaleza de Castilla-La Mancha, en cuanto a la realización del Catálogo de Elementos Geológicos y Geomorfológicos de Protección Especial (CEGGPE). Para ello se acordó el desarrollo de una metodología propia para la elaboración del Catálogo, la realización del listado base de lugares o enclaves y finalmente la evaluación y diagnostico del Patrimonio Geológico (PG) de la comunidad autónoma en función de este inventario.

El Catálogo CEGGPE, del cual trata esta comunicación, constituye uno de los tres mecanismos o vías para la protección del PG que establece dicha Ley 9/1999. Además del CEGGPE, este marco regulador determina otras dos vías más convencionales para la protección del PG: 1) mediante la declaración de áreas protegidas, principalmente por medio de la figura de Monumento Natural y 2) mediante la declaración de Lugares de Interés Geológico.

A diferencia de los otros dos mecanismos, el CEGGPE se concibe como un inventario sistemático-temático donde los Elementos descritos en la Ley son el objeto de la protección, independientemente del enclave donde aparezcan y sin necesidad de declararlos o adscribirlos a espacios protegidos (Carcavilla y Ruiz, 2009). Supone un enfoque de protección horizontal que no protege enclaves, sino elementos de manera genérica, equivalentemente al modo en que se aplica a las especies amenazadas (Carcavilla y Ruiz, 2009).

Esta catalogación conlleva una protección genérica que obliga tanto a los estudios de impacto ambiental como a los instrumentos de planificación urbanística a señalar la presencia de estos Elementos y determinar las medidas precisas para asegurar su conservación. También conlleva la calificación urbanística de estas áreas como suelo rústico de protección ambiental, natural o paisajística. Además, se establecen prohibiciones genéricas en cuanto a la destrucción o realización de acciones que supongan su alteración negativa. Por último, también permite que sean declarados Zona Sensible, lo que asigna un régimen de evaluación de actividades permitidas específico y obliga a la existencia de un plan de gestión especialmente adaptado a las necesidades de conservación del lugar.

DESARROLLO DEL PROYECTO

La metodología para la realización del CEGGPE se basa en las normas que establecen el artículo 91 y el anejo 1D, de la Ley 9/1999, donde se fijan respectivamente los motivos por los que un lugar debe ser incluido y los tipos de Elementos que conformarán el Catálogo.

En las primeras fases de elaboración de la metodología se identificaron algunos inconvenientes derivados principalmente de los tipos de Elementos establecidos en la Ley. Para subsanar dicho problema el IGME y la Red de Áreas Protegidas de Castilla-La Mancha realizaron un documento (García-Cortés *et al.,* 2014b), donde se revisó la nomenclatura de algunos de ellos y se propusieron otros nuevos. Este documento, además establece las bases metodológicas para la valoración de cada uno de los lugares a incluir en el Catálogo. A partir de esta guía y posteriores pequeñas modificaciones, fruto de la realización práctica del trabajo, se ha propuesto una clasificación final en 17 Elementos geológicos (ver Tabla 1) y 45 subelementos. Por tanto, cada polígono (o lugar) del Catálogo debe ser descrito como perteneciente a uno o varios de estos 17 Elementos.

La valoración para la inclusión definitiva de los numerosos lugares analizados, se basa en la metodología del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico-IELIG (García-Cortés *et al*., 2014a), aunque en este caso se han establecido un conjunto de valores umbrales mínimos para cada uno de los parámetros característicos del tipo de Elemento. La metodología empleada para la realización del CEGGPE y la justificación de su uso, han sido descritas con mas detalle por Luengo *et al.,* (2016).

RESULTADOS

Con el objeto de una adecuada y potencial integración de este Catálogo en las cartografías existente de los espacios de la Red Natura 2000 de Castilla-La Mancha, cada lugar seleccionado se ha representado por medio de un polígono asociado a una base de datos compuesta por once campos que aportan información sobre aspectos tales como: código del polígono y elemento, nombre del elemento, superficie, estado de conservación, observador o fecha de revisión.

Nº	Denominación del Elemento	Nº de polígonos	Área total (km²)	Área media (km²/pol)
01	Cañones fluviales singulares	291	1094,37	3,761
02	Cascadas naturales	33	0,89	0,027
03	Humedales estacionales o permanentes	114	133,8	1,174
04	Crestones cuarcíticos relevantes	63	35,33	0,561
05	Berrocales, pedrizas y lanchares sobre rocas plutónicas	90	268	2.978
06	Escarpes naturales relevantes	103	91,08	0,884
07	Formas exokársticas. Lapiaces y depresiones cerradas	82	295,68	3,606
08	Barreras y edificios tobáceos	145	113,41	0,782
09	Cavidades naturales de origen kárstico	79	2,22	0,028
10	Formas y depósitos volcánicos	140	89,02	0,636
11	Yacimientos paleontológicos	58	33,1	0,571
12	Formaciones eólicas	12	45,16	3,763
13	Formas y depósitos de origen nivo-glaciar	9	9,24	1,027
14	Formas y depósitos periglaciares y de ladera	58	48,98	0,844
15	Estratotipos y otros niveles de referencia	133	683,83	5,142
16	Lugares de interés mineralógico y metalogenético	72	71,67	0,995
17	Estructuras tectónicas y otros rasgos estructurales	56	161,92	2,891

Tabla 1. Áreas ocupadas por cada uno de los 17 elementos propuestos del Catálogo de Elementos Geológicos y Geomorfológicos de Protección Especial (CEGGPE) de Castilla-La Mancha.

El Catálogo CEGGPE, a fecha de septiembre de 2016, está constituido por un total de 1394 polígonos o lugares, de los cuales 1167 son simples y 227 son mixtos (definidos por varios Elementos). El conjunto de los 1394 polígonos ocupa una superficie de 2.866,35 km^2, lo que representa el 3,6% de la superficie de la comunidad autónoma. Esta superficie puede parecer elevada si la comparamos con otras figuras de protección del PG como el inventario IELIG regional, pero debe tenerse en cuenta que este Catálogo contempla un mayor rango de categorías y comprende lugares de interés regional y local. Por otra parte, esta área también es mayor, en un 80%, al inventario previo que realizó la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (Vallejo y Cocero, 1997), donde se cartografiaron más de 5.200 polígonos. Esta diferencia entre inventarios se debe principalmente a dos factores: 1) muchos de los elementos de la cartografía previa fueron representados de forma puntual y no por medio de un área poligonal y 2) no se tuvieron en cuenta nuevos elementos (de grandes dimensiones) ahora añadidos, como rañas o estructuras tectónicas. Sin embargo, esta superficie es muy pequeña si la comparamos con otras figuras de catalogación del patrimonio natural biótico. La Red Natura 2000 en Castilla-La Mancha ocupa una superficie de 1.839.296 hectáreas, lo que representa el 23% del territorio autonómico.

El análisis por separado de cada uno de los Elementos muestra grandes diferencias, tanto en frecuencia como en distribución (ver Tablas 1 y 2). El número de polígonos por Elemento varía desde los 291 de "01-Cañones fluviales singulares", hasta los 9 de "13-Formas y depósitos de origen nivo-glaciar". Esta diferencia en la distribución de numero de polígonos se pone de manifiesto en que tan solo cuatro de ellos (01-Cañones fluviales singulares, 08-Barreras y edificios tobáceos, 10-Formas y depósitos volcánicos, 15-Estratotipos y otros niveles de referencia) acumulan mas del 50%.

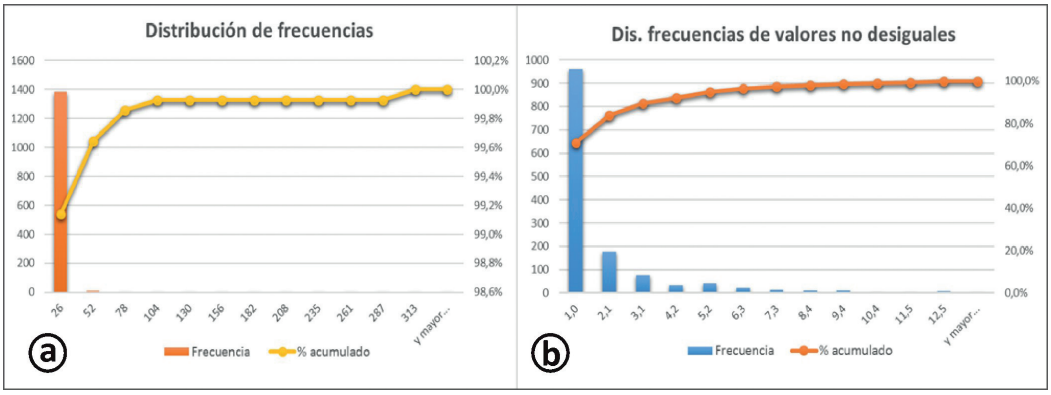


Figura 1. Gráficos de distribución de frecuencias (histogramas) y de valores acumulados (línea de tendencia) de las áreas de los polígonos del Catálogo (en km^2). a) Total de los polígonos del Catálogo. b) Zoom del rango menor de frecuencias del anterior gráfico, elaborado a partir de la exclusión de los valores superiores a la desviación estándar del valor medio.

La distribución de frecuencias de las áreas de los 1394 polígonos es muy desigual, variando desde 0,5 km^2 (superficie mínima establecida en el proyecto) hasta los 312,74 km^2. La Figura 1 muestra la distribución de frecuencias y de valores acumulado de las áreas cartografiadas. El gráfico de la izquierda (Figura 1a) muestra como mas del 99% de los valores se agrupan en el rango inferior (columna de la izquierda, valores por debajo de 26 km^2) y solo 17 polígonos de gran dimensión hacen variar en gran medida tanto la superficie

total como el valor medio ($\overline{X}$=2,05 km^2). El gráfico de la derecha (Figura 1b), muestra un zoom del rango menor de frecuencias del anterior gráfico, elaborado a partir de la exclusión de los valores superiores a la desviación estándar del valor medio (valores desiguales). Esta muestra que aproximadamente el 70% de los polígonos del CEGGPE cartografiados tiene un área menor al kilómetro cuadrado, lo cual da una idea más real de la dimensión general.

Los lugares inventariados no se distribuyen regularmente por el territorio, sino que con frecuencia aparecen concentrados en zonas de mayor valor geológico. La distribución provincial tampoco resulta homogénea (Tabla 2), aunque en este caso las diferencias no son muy notables. Destacan Guadalajara (383) y Cuenca (348), seguidos en orden decreciente por Ciudad Real (287), Toledo (220) y Albacete (176). La suma del total de los polígonos por provincias es de 1550 y no 1394, debido a que hay 20 polígonos que comparten dos provincias y otros que son mixtos (suma de más de un Elemento) y por tanto se han contabilizado doblemente. A diferencia del número de polígonos, el área que ocupan en cada una de las provincias es similar. Guadalajara cuenta con la mayor superficie (644 km^2) seguido de Toledo (600 km^2), Cuenca (552 km^2), Ciudad Real (544 km^2) y Albacete (503 km^2). Toledo es la única provincia que no sigue una regularidad entre número de polígonos y área, (pocos polígonos y una gran superficie comparativamente) debido al tipo de elementos dominantes.

Nº Elemento	Albacete		Ciudad Real		Cuenca		Guadalajara		Toledo	
01	42	229,80	22	83,69	111	315,35	88	344,75	33	120,28
02	7	0,10	4	0,11	9	0,36	8	0,13	535	0,19
03	35	9,60	41	55,14	15	16,11	9	1,54	15	51,74
04	8	2,87	29	17,34	0	0	8	2,29	17	12,49
05	0	0	0	0	0	0	1	0,01	89	268,35
06	3	1,03	2	0,63	44	38,07	53	22,66	3	29,15
07	19	88,33	0	0	49	131,22	16	74,81	0	0
08	32	13,28	1	0,36	44	19,79	67	79,99	0	0
09	8	0,12	2	0,04	36	0,75	33	1,33	0	0
10	2	2,62	137	86,34	0	0	1	0,07	0	0
11	3	1,28	14	11,86	8	4,48	21	9,30	11	6,18
12	2	0,56	5	38,70	5	5,91	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	9	9,24	0	0
14	1	0,07	19	13,68	2	1,47	3	3,14	36	30,62
15	15	114,49	21	247,72	27	31,14	55	119,94	17	166,33
16	8	6,63	14	10,76	11	6,65	23	31,56	16	15,73
17	7	55,27	0	0	11	28,04	34	76,05	4	2,55

Tabla 2. Distribución por provincias del número de lugares y superficie que ocupan de cada uno de los 17 Elementos del Catálogo.

CONCLUSIONES

El resultado, obtenido hasta la fecha, del Catálogo de Elementos Geológicos y Geomorfológicos de Protección Especial (CEGGPE) es indicativo del variado y extenso PG de Castilla-La Mancha. Gracias a las reformas realizadas durante las diferentes fases de elaboración, respecto a los tipos de Elementos que enumera la Ley, éste representa más adecuadamente la geodiversidad de la comunidad autónoma.

Los resultados muestran como existe un claro predominio de algunos Elementos sobre otros, aunque esto no es indicativo de su mayor valor sino de ser más representativos de la comunidad autónoma. El elevado número de polígonos con dimensiones por debajo del kilómetro cuadrado y la gran dispersión que muestran los polígonos identificados son una clara desventaja para su gestión, especialmente en aquellos lugares que carecen de la protección de los Espacios Naturales Protegidos. Desde este punto de vista, las características que determina la Ley 9/1999 en cuanto a la protección genérica de los lugares incluidos en el Catálogo CEGGPE, hacen del mismo una herramienta básica para la protección del PG y primordial para la gestión del territorio.

Por último, destacar que los datos anteriormente expuestos muestran singularidades propias para cada uno de los 17 Elementos. El estudio pormenorizado de estas peculiaridades parece imprescindible para una gestión más eficaz de estos espacios, estableciendo objetivos y sistemas de protección específicos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca dentro del convenio de colaboración para el "Conocimiento del patrimonio geológico de Castilla-La Mancha" financiado entre el IGME y la Empresa Pública de Gestión Ambiental de Castilla-La Mancha, S.A.

REFERENCIAS

Carcavilla, L. y Ruiz, R. 2009. La geoconservación en Castilla-La Mancha. Estado actual y perspectivas de futuro. *Rev. C. & G.*, 23 (3-4), 11-26.

García-Cortés, A., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E. y Vegas, J. 2014a. *Documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG). Propuesta para la actualización metodológica*. Versión 5/12/2014. Instituto Geológico y Minero de España, 1-64.

García-Cortés, A., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E., Vegas, J., Bernat, M. Delvene, G. y Jiménez, R. 2014b. *Caracterización del Catálogo de Elementos Geológicos y Geomorfológicos de Interés Especial (Anexo 1D de la ley 9/1999, de Conservación de la Naturaleza de Castilla-La Mancha) y bases metodológicas para el desarrollo del Inventario Regional de Lugares de Interés Geológico (ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad)*. IGME (inédito).

Luengo, J., García-Cortés, Á., Carcavilla, L., Vegas, J., Díaz-Martínez, E., Bernat, M., Delvene G., Hera, Á., Jiménez, R., Rábano, I. y Salazar, A. 2016. Marco legislativo y bases metodológicas para la elaboración del sistema de información geográfica del Catálogo de Elementos Geológicos y Geomorfológicos de Interés Especial de Castilla-La Mancha. IX Congreso Geológico de España, Huelva. *Geo-Temas,* 16.

Vallejo, M. y Cocero, A. 1997. El patrimonio geomorfológico de la Comunidad de Castilla-La Mancha: inventario de puntos de interés. En: Pallí, L. y Carreras, J. (eds) *Comunicaciones a la III Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico*. Sociedad Geológica de España y Universidad de Girona, 90-95.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

YACIMIENTOS PALEONTOLÓGICOS DESAPARECIDOS ¿POR QUÉ INVENTARIARLOS?

PALEONTOLOGICAL SITES DISAPPEARED. WHY INVENTORY THEM?

Á. Salazar[1], L. Carcavilla[2], E. Díaz-Martínez[2], Á. García-Cortés[2] y J. Vegas[2]

[1] Instituto Geológico y Minero de España (IGME). La Calera, 1. 28760 Tres Cantos. a.salazar@igme.es
[2] Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid.
l.carcavilla@igme.es, e.diaz@igme.es, garcia.cortes@igme.es, j.vegas@igme.es.

Resumen: Es frecuente que el descubrimiento de un yacimiento paleontológico sea el resultado de una intervención antrópica y, por ello, es probable que esa misma intervención acabe por destruirlo. Cuando se trata de yacimientos de suficientes interés, una vez desaparecido el yacimiento, surge la duda de si es conveniente regístralo en los inventarios de patrimonio geológico como lugares de interés. En este trabajo se analizan tres ejemplos de yacimientos paleontológicos de la Cuenca del Tajo-La Mancha y se discute algunas de las posibles ventajas de mantener su registro en los inventarios de patrimonio geológico.

Palabras clave: Cuenca del Tajo, Lugar de interés geológico, Paleontología, Patrimonio geológico, yacimiento paleontológico.

Abstract: *Often the discovery of a paleontological site is the indirect result of an anthropic work, and, therefore, it is likely that the same intervention will eventually destroy it. If it is a place of great interest, once the paleontological site has disappeared, the question arises as to whether it is convenient to record it in the geological heritage inventories as a site of interest. This paper analyzes three examples of paleontological sites located in the Tajo-La Mancha Basin and discusses some of the advantages of maintaining their record in geoheritage inventories.*

Key words: *Geoheritage, geosite, paleontological site, Paleontology, Tajo basin.*

INTRODUCCIÓN

La excavación de todo tipo de labores mineras y obras civiles, que dejan al descubierto afloramientos de rocas y sedimentos, tiene como consecuencia secundaria el hallazgo de nuevos datos geológicos y paleontológicos. Por ello, desde los albores de las Ciencias de la Tierra, ha existido un vínculo inevitable entre el descubrimiento geológico y la excavación (Veneer, 2006). Lo habitual es que la entidad promotora de las labores u obras persiga otros fines no científicos, por lo que, si nada lo remedia, el final del nuevo hallazgo será su desaparición, cerrando así un proceso con cierto carácter cíclico de excavación – descubrimiento – investigación - destrucción. No es de extrañar que muchos de los hallazgos de nuevos yacimientos paleontológicos y arqueológicos se realicen precisamente en las áreas periurbanas (Martín-Escorza y Baquedano, 1999),

caracterizadas por su situación transicional, sometidas a continuas intervenciones y transformaciones y que, finalmente, son completamente incorporados al núcleo urbano consolidado. Tanto si han sido o no investigados, el final casi inevitable de esos yacimientos es su desaparición bajo nuevas construcciones y desarrollos.

Cuando se trata de un yacimiento cuyo valor lo hace merecedor de figurar en un inventario de patrimonio geológico, tras su desaparición, surge una pregunta ¿Es necesario mantener el yacimiento registrado en el inventario? El propósito de esta comunicación es, a través de la presentación de algunos ejemplos seleccionados, tratar de dar una respuesta o, al menos, iniciar un debate al respecto.

EJEMPLOS DE YACIMIENTOS PALEÓNTOLOGICOS DESAPARECIDOS

Se presentan a continuación tres ejemplos de yacimientos paleontológicos de la Cuenca del Tajo-La Mancha, que cumplen con las premisas anteriores, ya que tanto su descubrimiento como su desaparición se deben a la intervención antrópica y tienen valor científico suficiente para merecer su consideración en el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG).

San Isidro (Madrid): el recuerdo de un yacimiento de valor histórico excepcional

El yacimiento denominado San Isidro, Tejares de San Isidro o Tejar de las Ánimas fue descubierto a mediados del siglo XIX por Joaquín Ezquerra del Bayo, Mariano de Paz Graells y Casiano de Prado. Fue el primer yacimiento con fauna del Pleistoceno estudiado en España (De Verneuil y Lartet, 1862; De Prado, 1964) y el segundo yacimiento con industria lítica estudiado en Europa. Se trataba de una cantera, localizada entre la ermita y cementerio de San Isidro y el cementerio Sacramental de San Justo, al noroeste, y el cementerio Sacramental de Santa María, al sureste, (Figura 1), situada en el distrito de Carabanchel (Madrid). La cantera explotaba una terraza fluvial del valle del río Manzanares, cuya base se localizaba a unos +30 m del cauce actual y su techo a +45 m. El yacimiento contenía restos de fauna pleistocena (*Elephas antiquus*, *Bos* sp., *Cervus elaphus*, *Equus* sp.) y, sobre todo, una gran cantidad de industria paleolítica. También hay citas de restos de fauna miocena, encontrados en la base de la terraza, e industria neolítica en los niveles superiores.

Este yacimiento fue visitado y estudiado por numerosos autores en el siglo XIX y comienzos del siglo XX, lo que dio lugar a una gran dispersión del material entre diversos museos españoles y europeos. En muchas ocasiones, el material fue recuperado directamente por los obreros de la explotación, que posteriormente lo vendían a los investigadores, lo que originó una literatura científica abundante, pero un tanto confusa. Para poner en orden los datos existentes, Paul Wernet y José Pérez de Barradas realizaron en 1926 un estudio bibliográfico-crítico muy completo de los más de 60 trabajos sobre el yacimiento que existían. Califican el yacimiento como agotado en esas fechas, indican que "*el corte se encuentra cubierto de derrubios que enmascaran la estratigrafía*" y que la cantera estaba ya abandonada (Wernet y Pérez de Barradas, 1926).

En las fotos área de 1927 a 1956 aún era posible distinguir la ubicación aproximada de las antiguas canteras, pero en 1970 se inauguró el llamado Parque de San Isidro, ubicado directamente sobre los restos del yacimiento, que quedó completamente sepultado. Dada la importancia histórica de este yacimiento, en la década de los años noventa se levantó un monumento conmemorativo, que señala aproximadamente su ubicación. El monumento consta de una escultura de hierro y un conjunto de losas con inscripciones que detallan la historia y contenidos del yacimiento.



Figura 1. Ubicación del yacimiento de los Tejares de San Isidro según el plano Parcelario de Madrid de 1872 (izquierda) y según la ortofoto PNOA (Plan Nacional de Ortofotografía Aérea) del año 2013 (derecha). Fuente: elaboración propia a partir de imágenes del Instituto Geográfico Nacional.

Pinedo (Toledo): la conservación del contexto geológico

Se trata de una gravera en niveles fluviales (terraza +25-30 m) del Pleistoceno, localizado aguas arriba del meandro o "Torno" de Toledo, en el valle del río Tajo. Esta gravera entró en funcionamiento en la época de la guerra civil o postguerra, pero es entre los años 1957 y 1959 cuando D. Máximo Martín Aguado realiza las primeras recolecciones y descripciones de material (Martín Aguado, 1964). La Dirección General de Bellas Artes adquirió una parcela de 3 has de terreno, realizado entre los años 1972 y 1974 la excavación sistemática del yacimiento (Querol y Santonja, 1979). Los restos paleontológicos incluyen *Cervus elaphus*, *Equs* sp., *Hippopotamus anphibius*, *Palaeodoxon antiquus*, *Bos* sp., *Elephas antiquus*, etc, y una abundante industria lítica Achelense sobre lascas y núcleos de cuarcita, sílex y cuarzo.

Dada su importancia paleontológica y arqueológica, el yacimiento figura en la Carta Arqueológica del Termino Municipal de Toledo, formando parte de un amplio polígono denominado "A.16 Ámbito de protección Zalencas-Pinedo". A pesar de ello, la nueva autovía TO-22 lo corta parcialmente y dificulta el acceso. Casi toda la grava del Cuaternario ha sido explotada y retirada, y el yacimiento se encuentra parcialmente relleno por vertidos (Figura 2). El Plan Municipal de Ordenación de Toledo programó una actuación urbanizadora en este entorno, que como resultado de la crisis del sector inmobiliario no se ha realizado todavía.

Villaluenga de la Sagra: la importancia de la posición estratigráfica del yacimiento

Este yacimiento de vertebrados del Mioceno se sitúa en las canteras del Cerro del Águila, muy cerca de la base, en el término municipal de Villaluenga de la Sagra (Toledo) y aparece citado en diversos trabajos de síntesis (Calvo *et al.*, 1990). El yacimiento está ubicado en las facies carbonatadas del ciclo superior de la Unidad Intermedia del Mioceno (Junco y Calvo, 1983). Como parte de los trabajos de apoyo a la cartografía geológica 1:50.000 (Díaz de Neira *et al.,* 2007), este yacimiento fue estudiado de nuevo a finales de la década de los años noventa por el Dr. Jorge Morales, lo que permitió asignarlo al Aragoniense superior. Debido

a su interés, este yacimiento fue propuesto como Lugar de Interés Geológico, figurando en el inventario del IGME con el código 604005.



Figura 2. Estado actual de la parcela donde se ubicó el yacimiento paleontológico de Pinedo (Toledo).

La cantera en la que se ubica este yacimiento abastece a una fábrica de cementos líder del sector, cuya capacidad de producción es de 2,3 millones de toneladas/año. Debido a ello, el Cerro del Águila ha desaparecido casi al completo, y el yacimiento fue recubierto por un potente terraplén, de cara a su restauración ambiental (Figura 3).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A pesar de que el yacimiento de San Isidro había desaparecido hacía tiempo, el primer inventario de patrimonio geológico de la provincia de Madrid (COPLACO, 1975) lo incluyó en su listado, indicando un nivel de protección de "alerta". También aparece señalado en otro inventario posterior, pero tan solo en relación con su contenido fosilífero del Mioceno y sin precisar su ubicación (Ayala *et al.*, 1988). Las actuaciones sucesivas indican que esta fue una decisión acertada. En 1993 se declaró el Bien de Interés Cultural "Terrazas del Manzanares" (BOCM de 09/12/1993; BOE de 11/02/1994) que, además del yacimiento San Isidro, incluía

una amplia zona del valle del Manzanares, en el entorno urbano y periurbano de Madrid, y otros yacimientos de alto interés paleontológico, como los de TRASFESA-TAFESA, en un contexto geológico similar (Baena *et al*., 2010). Excavaciones realizadas con motivo de nuevas obras en el entorno próximo del yacimiento San Isidro han dado lugar al descubrimiento de nuevas piezas de industria lítica, pero sin contenido paleontológico asociado (Gómez *et al*., 2005).



Figura 3. Terraplén que recubre el yacimiento de Villaluenga de la Sagra, impidiendo el acceso al mismo.

Si bien el yacimiento de Pinedo está desmantelado casi al completo, todavía es posible observar niveles equivalentes en el área próxima, como por ejemplo los taludes de la autovía TO-22. La conservación de estos niveles equivalentes ha posibilitado aplicar técnicas de datación que no existían en el momento de excavación del yacimiento, como OSL (López-Recio *et al*, 2015). Siendo así que, aunque el yacimiento ya no exista como tal, su contexto geológico sigue teniendo un interés especial y, por lo tanto, debe ser inventariado.

Por último, aunque el yacimiento de Villaluenga no es accesible, el conocimiento preciso de su ubicación permitió a investigadores posteriores utilizarlo como un punto de referencia importante en un estudio magnetoestratigráfico del Mioceno de la Cuenca de Madrid (Montes *et al*., 2006).

El análisis de estos tres ejemplos permite asegurar que, aunque un yacimiento este seriamente deteriorado o haya desaparecido, su presencia en los inventarios de Lugares de Interés Geológico sigue siendo pertinente y ventajosa.

REFERENCIAS

Ayala Carcedo, F. J., Olivier Díaz de Monasterio, C., Galindo Rodríguez, J. M., Cabra Gil, P., Echegaray Giménez. M. y Gallego Valcarce, E. 1988. *Atlas Geocientífico de la Comunidad de Madrid*. ITGE - Comunidad de Madrid, Madrid, 83 pp.

Baena, J., Baquedano, I., Benítez, P., Cañaveras, J. C., Carrión, E., Lario, J., Martín Escorza, C., Mazo, A.V., Millán, A., Sánchez, S. Sanz, E., Sesé, C., Silva, P. G., e Yravedra, J. 2010. Síntesis: interpretación general del yacimiento de TAFESA (Madrid). *Zona arqueológica*, 14, 193-204.

Calvo, J. P., Hoyos, M., Morales, J. y Ordoñez, S. 1990. Neogene stratigraphy, sedimentology and raw materials of the Madrid Basin. *Paleontologia i Evolució*, Memòria especial, núm. 2 (Iberian neogene basins), 63-95.

COPLACO. 1975. *Plan Especial de Protección de Medio Físico de la Provincia de Madrid*. Comisión de Planeamiento y Coordinación del Área Metropolitana de Madrid, 129 pp.

De Prado, C. (1864). Descripción física y geológica de la provincia de Madrid. Junta General de Estadística, Madrid, 219 pp.

De Verneuil, E. y Lartet, L. 1862. Note sur un silex taillé, trouvé dans le diluvium des environs de Madrid. *Bulletin de la Société Géologique de France*. 2ª serie, 20, 698-702.

Díaz de Neira, A., López Olmedo, F., Ortega, L. I., Solé Pont, J. y Calvo Sornado, J. P. 2007. *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja 604, Villaluenga de la Sagra*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 77 pp.

Gómez Hernanz, J., Márquez Mora, B., Nicolás Checa, E., Pérez-González, A. y Ruiz Zapata, B. 2005. San Isidro (Madrid): 1862-2002. Nuevos hallazgos paleolíticos en la terraza de +30m del río Manzanares. *Trabajos de Prehistoria,* 62 (1), 157-164.

Junco, F. y Calvo, J. P. 1983. Cuenca de Madrid. En: *Libro jubilar J.M. Ríos: Geología de España*, *Tomo II*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 534-542.

Martín Aguado, M. 1964. El hombre primitivo en Toledo. *Toletum: boletín de la Real Academia de Bellas Artes y Ciencias Históricas de Toledo*, 3, 175-206.

Martín-Escorza, C. y Baquedano Beltrán, I. 1999. La arqueología y la transformación del territorio: variación de los hallazgos en el área periurbana de Madrid. *Boletín de la Asociación Española de Amigos de la Arqueología*, 39-40, 345-366.

Montes, M., Beaumud, B., Garcés, M. y Calvo, J. P. 2006. Magnetoestratigrafía de las unidades Inferior e Intermedia del Mioceno de la Cuenca de Madrid. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 19 (3-4), 281-298.

López-Recio, M., Silva, P.G., Roquero, E., Cunha, P. P., Tapias, F., Alcaraz-Castaño, M., Baena, J., Cuartero, F., Morín, J., Torres, T., Ortiz, J. E., Murray, A.S., y Buylaert, J. P. 2015. Geocronología de los yacimientos achelenses de Pinedo y Cien Fanegas (Valle del Tajo) e implicaciones en la evolución fluvial en el entorno de Toledo (España). *Estudios Geológicos* 71(1), e029. http://dx.doi.org/10.3989/egeol.41816.340.

Querol, M. A. y Santonja, M. 1979. *El yacimiento achelense de Pinedo (Toledo)*. Ministerio de Cultura, Madrid, 181 pp.

Veneer, L. 2006. Provincial Geology and the Industrial Revolution. *Endeavour*, 30, 76-80.

Wernert, P. y Pérez de Barradas, J. 1925. El yacimiento paleolítico de San Isidro. Estudio bibliográfico-crítico. *Revista de la Biblioteca, Archivo y Museo del Ayuntamiento de Madrid* (tirada aparte), 40 pp.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

LA COLECCIÓN GEOLÓGICA Y PALEONTOLÓGICA DE BENITO MERCADAL PONS (1925-1999).

THE GEOLOGICAL AND PALEONTOLOGICAL COLLECTION OF BENITO MERCADAL PONS (1925-1999).

M. Fernández[1], J. Florit[2], A. Obrador[3] y J. Quintana[4,5]

[1] Camí vell de Sant Climent "Villa Francisco", 07712 Maó (Menorca) e-mail: canxicu@telefonica.net

[2] Carrer de sa Rovellada de Dalt, 44-bajos, 07703 Maó (Menorca) e-mail:pau.bufoga@gmail.com

[3] Mare de Deu de Montserrat, 19, 3er, 1ª. 08024 Barcelona. e-mail: antoni.obrador@gmail.com

[4] Carrer Gustau Mas, 79-1er. 07760 Ciutadella de Menorca (Illes Balears) e-mail: picoguevo@hotmail.com

[5] Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont. Universitat Autònoma de Barcelona. Edifici ICTA-ICP.
Carrer de les Columnes s/n. Campus de la UAB. 08193 Cerdanyola del Vallés (Barcelona)

Resumen: Benito Mercadal Pons fue, desde muy joven, un entusiasta apasionado por la geología y la paleontología de Menorca. Se le puede considerar como el pionero del estudio del Plio-Pleistoceno continental, los cetáceos y los peces del Mioceno superior de Menorca.

Palabras clave: Cuaternario, Menorca, Patrimonio paleontológico, Plio-Pleistoceno.

Abstract: *Already in his early days, Benito Mercadal Pons revealed his passion for the geology and paleontology of Minorca. This amateur scientist was a pioneer in the study of continental Plio-Pleistocene, and of the cetaceans and fish of the early Miocene in the island.*

Key words: *Minorca, palaentological heritage, Plio-Pleistocene, Quaternary.*

LA PERSONA. SUS PRIMERAS PUBLICACIONES

Benito Mercadal Pons (Sant Lluís, 1925-Palma de Mallorca, 1999) fue, desde muy joven, un entusiasta apasionado por la geología y la paleontología de Menorca: su interés por estas disciplinas se intensificó gracias a la amistad que mantuvo con Joan Sacares durante su estancia en Llucmajor (Mallorca) por motivos profesionales (1954-1957) y con Juan Cuerda, vehemente especialista del Cuaternario de Mallorca; a quien siempre consideró su maestro y con quien mantuvo una honesta y respetuosa correspondencia. El ultimo año de su estancia en Mallorca coincidió con la clausura del V Congreso Internacional de Cuaternario (INQUA, 1957), participando en algunas excursiones; en ellas oyó decir que en Menorca había muy poco Cuaternario y que la búsqueda, en 1956, de nuevas localidades a las pocas ya conocidas, por A. Muntaner, había resul-

tado infructuosa. El desacuerdo con esta afirmación le animó, estimulado por sus amigos mallorquines, a estudiar el Cuaternario de su isla natal. El primer envío de material fósil a Cuerda para su clasificación debió desanimarle, dado que *"aunque lo haya Ud. recogido a escasa altitud sobre el nivel del mar este material no es cuaternario"* (carta de Cuerda a Mercadal del 21 de diciembre de 1957). Se trataba de diferentes especies de dientes de peces del Mioceno entre las que figuran *Carcharocles megalodon* (Agassiz, 1837), *Hemipristis serra* (Agassiz, 1843), *Labrodon multidens* (Von Münster, 1846), etc. Posiblemente fue en julio de 1958 cuando muestra sus primeros descubrimientos de playas tirrenienses al Dr. Solé Sabarís y a su amigo Muntaner. A finales de este mismo año manda el borrador de su primera publicación a Cuerda pidiéndole su honesta opinión[1]. Hemos localizado este borrador mecanografiado con fecha de 14 de enero de 1959 donde menciona el hallazgo de *Mastus pupa* Brug. (=*Chondrula (Mastus) gymnesica* Quintana, 2006) en diferentes localidades. Finalmente envía su trabajo, incluyendo todas las sugerencias recibidas por parte de Cuerda, a la Societat d'Història Natural de les Balears: fue presentado a la comisión de publicaciones en la sesión del 7 de febrero de 1959 y publicado este mismo año en el Boletín de la Sociedad (Mercadal 1959a). En este mismo número aparece su segunda publicación (remitida el 14 de septiembre, Mercadal, 1959b) referida al hallazgo de un incisivo del bóvido insular *Myotragus* Bate, 1909, en una cueva menorquina junto a cerámica neolítica. Esta publicación tuvo mucha repercusión científica en su época, pero le ocasionó muchos disgustos personales como queda patente en la prensa local de la época y en la correspondencia recuperada.

Por todo ello creemos que es de justicia considerar a Mercadal como el pionero del estudio del Plio-Pleistoceno continental, aunque él considerara, con su habitual modestia, que fue Juan Pons y Soler el precursor de este estudio[2], de los cetáceos, con la primera cita (Mercadal *et al.* 1985) de un diente de *Scaldicetus grandis* (Du Bus, 1872) y de los peces del Mioceno superior de Menorca.

El resultado de sus investigaciones queda reflejado en las 22 referencias recopiladas por Obrador (1999) y publicadas, de manera prioritaria, en la Revista de Menorca, el Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears y Acta Geológica Hispánica, entre otras. A esta lista hay que añadir su colaboración en el *"Llibre Blanc de la Gestió de la Natura als Països Catalans: Natura, Üs o Abüs (1976)"* aportando datos como miembro de la Agrupació d'Història Natural de l'Ateneu de Maó, de cuya entidad fue conservador, durante los años 1966-1971, de su Museo de Història Natural. Asimismo contribuyó con el Dpto. de Geología de la Universitat Autònoma de Barcelona acompañando a los alumnos en las prácticas de campo que se realizaban en la isla redactando los itinerarios (Mercadal 1970 y 1975) que le asignaban.

Durante mucho tiempo fue el único socio menorquín de la Societat d'Història Natural de Balears a la que pidió, con mucha modestia[3], su ingreso como socio en 1957. Asimismo era el socio nº 3 del *Grup Ornitològic Balear Menorca*. Fue miembro fundador del Institut Menorquí d'Estudis (IME) y coautor del primer tomo de

1 "Como Ud me pide opinión sobre la publicación del mismo..... he creído conveniente devolverle el trabajo y hacerle las siguientes sugerencias: respecto al preámbulo, que responde a su modesta exposición de atreverse poco a iniciarse sobre el asunto, no puede Ud manifestarlo pues ello predispone al lector a dar poca importancia a su nota.....
Lo he repasado y le incluyo una nota mía orientándolo y resaltando lo mas interesante...."
Fragmento de la carta enviada por J. Cuerda a Benito Mercadal, el día 7 de enero de 1959 (la carta esta fechada, por error, el 7/1/1958. Archivo Museo de Menorca).

2 "por el hecho de ver en su colección un fragmento de playa Tirreniense II con varias especies marinas, entre ellas, la más abundante *Cardium (Cerastoderma) edule,* Linne, recogido de una terraza próxima a Cala Galdana" (Mercadal 1966).

3 "Me permito significarle que Ud posee la rara virtud de la modestia, pues así puede definirse sus escrúpulos de ingresar en nuestra Sociedad, en atención a considerarse un simple aficionado a las Ciencias Naturales. Debo confesarle para su tranquilidad, que la mayor parte de los que figuramos socios de la Sociedad somos aficionados y si el tiempo que hemos dedicado, con entusiasmo y buena voluntad a esta clase de estudios nos ha permitido adquirir pocos conocimientos sobre la materia, sirven estos no más que para recordarnos continuamente nuestra ignorancia, pues sabido es que cuando más se ahonda en una actividad, llamémosle si se quiere incipiente especialidad, tanto más se percata uno de lo poco que sabe y de lo mucho que queda para aprender en este vasto mundo de la naturaleza.
Dejado esto sentado puede Ud estar bien tranquilo que si desea ingresar como socio, será muy bien recibido por todos....."
Fragmento de la carta enviada por J. Cuerda a Benito Mercadal, el 21 de diciembre de 1957. Archivo Museo de Menorca.

la *Enciclopedia de Menorca* dedicado a la Geografía Física de la isla. Era un contacto obligado (figura 1) para todos los investigadores interesados en la Historia Natural de Menorca, tal como atestigua la correspondencia recuperada. L. Gasull, malacólogo catalán afincado en Mallorca, le dedicó una nueva especie de gasterópodo terrestre (*Oxychilus [Ortizius] mercadali* Gasull, 1968) (Martínez-Ortí y Robles, 2003). Su perfil científico está ampliamente documentado en Mascaró Pasarius (1980) y Seguí (1995). Su aspecto humano queda patente en la entrevista publicada en la revista AUBA (Pons y Seguí, 1990) y en los obituarios que se publicaron tras su deceso (Alcover, 1999, Fernández Escandell *et al.,* 1999, Obrador, 1999, Seguí, 1999).



Figura 1. Benito Mercadal en monte Toro (agosto de 1972) con los profesores J. Rosell, J. Trilla y A. Obrador, de la Universitat Autònoma de Barcelona.

EL LEGADO

Poco después de la muerte de Benito Mercadal, investigadores y amigos, conscientes de la importancia de su legado, contactaron con sus herederos con el fin de conservar su colección paleontológica y biblioteca. Desgraciadamente las negociaciones no prosperaron y la iniciativa se paralizó temporalmente, hasta que la venta de su vivienda en 2016, precipitó, en cierta manera, los acontecimientos. Nuevamente expresamos a los herederos la voluntad de recuperar el legado con el único fin de evitar la pérdida de este patrimonio y perpetuar la memoria de Benito. En esta ocasión, la buena disposición de los mismos permitió involucrar al Departamento de Patrimoni del Consell Insular de Menorca (CIM), quien asumió desde este momento las

gestiones iniciadas a título personal. Durante 2017 uno de nosotros (J.Q.), gracias a una beca del Consell Insular de Menorca, procederá a inventariar la colección geológica y paleontológica depositada. Un estudio muy preliminar de la misma (que ocupa, aproximadamente unas 20 cajas de 30x30x40cm), permite afirmar que en ella aún se conservan la mayoría de los ejemplares que sirvieron para realizar sus publicaciones junto a otros que fueron incorporados a la colección a partir de los numerosos contactos que mantuvo con diferentes investigadores. Los ejemplares conservados pertenecen a grupos taxonómicos muy diferentes, pero dominan claramente los vertebrados y moluscos cuaternarios de Menorca y Mallorca. Junto a estos ejemplares, se conserva, además, la biblioteca personal, formada casi exclusivamente con libros y revistas de temática geológica y paleontológica.

Con la ayuda de la beca se pretende, en primer lugar, evitar la pérdida definitiva de este legado, depositado en el Museo de Menorca, y proceder a su normalización museográfica. Queremos destacar que esta iniciativa responde únicamente al hecho de que ninguno de los museos de titularidad publica de Menorca cuenta con el personal especializado (geólogos, paleontólogos o biólogos) para inventariar y catalogar este tipo de bienes, a pesar de que, según los artículos 2 y 39 de la *Llei de Museus de les Illes Balears* los museos tienen las funciones de inventariar y catalogar las colecciones de carácter paleontológico.

LA IMPORTANCIA DEL LEGADO

Esta comunicación quiere dejar constancia de la importancia de conservar el recuerdo, la colección y la biblioteca de Benito Mercadal, e insistir, nuevamente, en la demanda efectuada en 1999: *"no haurien de permetre que el teu treball, i sobretot el teu record, es perdi. L'esforç de la teva dedicació no pot acabar als fems. Creiem que ara és el moment de demanar, en nom teu l'obertura (encara que no sabem a qui ni a on) d'una sala que exposés de manera permanent el que durant uns anys va ser part de la teva vida; una sala (que seria just que dugués el teu nom) amb la teva col·lecció de pedres i llibres.....que considerem no son propietat de ningú sinó de Menorca"* (Fernández Escandell *et al*, 1999).

Si bien es cierto que el patrimonio geológico y paleontológico de Menorca es cada vez más conocido y valorado, no es menos cierto que algunos ejemplares "históricos" (aquellos que aparecen citados o figurados en publicaciones especializadas, o han sido expuestos, temporalmente, en algunas entidades privadas) se han perdido de forma irremediable debido al desconocimiento, la desidia, el desinterés o la dejadez del propio recolector (investigador o aficionado) o de las administraciones publicas e instituciones privadas. A ello hay que añadir, la pérdida de patrimonio por la erosión natural y antrópica; tal como canta el poeta Verdaguer al narrar en su poema "Atlantida", el origen de las Baleares: "*cada día que pasa, cada instante que transcurre, una ínfima porción de nuestras costas desaparece en las profundidades mediterráneas"* (Colom, 1950, p. 26). Pensamos que esta acción erosiva debida a las aguas que rodean nuestra isla es equiparable, a una escala diferente, a la desidia con la cual dejamos perder cualquier "piedra" recogida por cualquiera de los aficionados que nos han precedido, perdiendo por tanto parte de nuestro patrimonio natural. Durante mucho tiempo, el libro de Colom "*Más allá de la prehistoria*", inició a muchos aficionados en el conocimiento de la geología de Menorca, admitiendo haberlo escrito gracias al incansable trabajo de una pléyade de ilustres investigadores a los que rinde homenaje, difundiendo sus nombres entre los estudiosos de la naturaleza.

Afortunadamente, cada vez existe una mayor conciencia de la necesidad de proteger el rico patrimonio geológico y paleontológico de la isla, principalmente por su carácter único e irrepetible. En este sentido, la colección de Benito Mercadal también forma parte de este patrimonio y de la historia de la geología de la

isla, debido a la posesión de unos rasgos personales y temporales propios, únicos e irrepetibles. Su legado tiene valor, tanto por documentar su entusiasmo por recuperar, dar a conocer y defender este patrimonio (en una época en que era mucho menos valorado que en la actualidad), como por los ejemplares que componen su colección o por los documentos bibliográficos que integran su biblioteca. La lectura superficial de su correspondencia nos ha permitido conocer, entre otras cosas, las impresiones de Benito en su visita, en el año 1981, al *British Museum*, siguiendo el rastro del *Myotragus* y de otra fauna depositada allí por Miss. Bate, y su agradecimiento por las atenciones recibidas. No pudo ver, sin embargo, los ejemplares de la tortuga gigante de Menorca (*Cheirogaster gymnesica,* Bate, 1914), debido a que los mismos estaban depositados, en realidad, en el museo de Cambridge. Como contrapartida, regresó a Menorca con un molde de *Hynomys mahonensis* Bate, 1918, procedente del Cap de Bajolí, como obsequio de la dirección del *British Museum*.

Benito Mercadal fue quien nos inició, hace más de 30 años, en el conocimiento práctico de la geología de nuestra isla y por ello, queremos que su nombre sea recordado en esta Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico, y que su legado sea considerado oficialmente patrimonio geológico-paleontológico de Menorca.

AGRADECIMIENTOS

Nuestro agradecimiento a los herederos del legado de Benito Mercadal por su altruismo y las facilidades que nos han dado y a todas las personas que, de una manera u otra, han apoyado esta iniciativa. A los revisores, Isabel Rábano y Manu Monge-Ganuzas, por sus acertados comentarios que han permitido mejorar el manuscrito.

REFERENCIAS

Alcover, J. A. 14 de febrero de 1999. En la mort de Benet Mercadal. *Diario de Baleares, 6*.

Colom, G. 1950. *Más allá de la prehistoria*. Colección Cauce, 5, CSIC, 285.

Fernández Escandell, M., Florit Gomila, J. y Obrador Tudurí, A. 3 de febrero de 1999. A Benet Mercadal, un geòleg menorquí autodidacta. *Diari Menorca*, 5.

Gasull, L. 1968. Descripción de una nueva especie de zonítido del sudeste ibérico *Oxychilus mercadali* n. sp. *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares* 14,142-144.

Martínez-Ortí, A. y Robles, F. 2003. *Moluscos continentales de la Comunidad Valenciana*. Generalitat Valenciana, Conselleria de Territori i Habitatge, 261 pp.

Mascaró Pasarius, J. 1980. Menorquines a través de la Historia: Benito Mercadal Pons. En: Mascaro Pasarius (ed.), *Geografía e Historia de Menorca*, 1, 150-151.

Mercadal, B. 1959a. Noticia sobre la existencia de restos de terrazas del Tirreniense en la costa Sur de Menorca. *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares*, V, 39-44.

Mercadal, B. 1959b. Breve noticia sobre el hallazgo de un incisivo de Myotragus en una cueva menorquina junto a cerámica neolítica. *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares*, V, 57-59.

Mercadal, B. 1966. Nuevas aportaciones al conocimiento del Cuaternario de Menorca. *Revista de Menorca*. LIV, 148-161.

Mercadal, B. 1970. *Formaciones marinas y terrestres del Pleistoceno menorquín*. Inédito, 4 pp.

Mercadal, B. 1975. *Itinerario geológico: Mercadal-Monte Toro*. Inédito, 4 pp.

Mercadal, B. 1976. Aportaciones varias (Problemàtica del medi geològic y Litoral menorquí. En: R. Folk (ed.), *Natura, Üs o Abüs: Llibre Blanc de la Gestió de la Natura als Països Catalans.* Editorial Barcino, Barcelona, 91-93 y 307-311.

Mercadal, B. Pilleri, G. y A. Casinos, 1985. A. Tooth of *Scaldicetus grandis* (Du Bus, 1872) (Physeteridae) from Aire Island (Menorca, Spain). En: G. Pilleri (ed.) *Investigations on Cetacea,* 31-34.

Obrador, A. 1999. Benet Mercadal i Pons (1925-1999), In Memoriam. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears* 42: 194-197.

Pons, P. y Segui, T. Marzo de 1990. Benet Mercadal Pons o la pasión por la geología. *S'Auba*, 3, 10-11.

Quintana, J. 2006. Reconsideració taxonòmica de *Chondrula (Mastus)* fòssil de Mallorca i Menorca (Gastropoda: Pulmonata: Enidae). *Bolletí Societat Història Natural de Baleares*, 49, 21-38.

Seguí, T. Diciembre de 1995 La labor científica de Benet Mercadal. *S'Auba,* 72, 13.

Seguí, T. Febrero de 1999. Mor el geòleg santlluïser Benet Mercadal Pons. *S'Auba*, 110, 15.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

ESTADO DE AVANCE DEL INVENTARIO ESPAÑOL DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO (IELIG) EN LA ZONA CANTÁBRICA, ZONA CENTROIBÉRICA, PREBÉTICO Y COBERTERA TABULAR DE LA MESETA, Y CUENCA DEL TAJO-LA MANCHA.

STATE OF PROGRESS OF THE SPANISH GEOSITES INVENTORY IN THE CANTABRIAN ZONE, CENTRAL IBERIAN ZONE, PREBETICS AND TABULAR COVER OF THE MESETA, AND TAJO BASIN-LA MANCHA DOMAINS.

Á. García-Cortés[1], L. Carcavilla[1], E. Díaz-Martínez[1], J. Vegas[1], A. Salazar[1] y A. Cabrera[1]

[1] Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid. garcia.cortes@igme.es, l.carcavilla@igme.es, e.diaz@igme.es, j.vegas@igme.es, a.salazar@igme.es.

Resumen: En esta comunicación se presenta el estado de avance de los diferentes proyectos en curso que afrontan el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG) en cuatro dominios geológicos: Zona Cantábrica, Zona Centroibérica, Prebético-Cobertera Tabular de la Meseta y Cuenca del Tajo-La Mancha. Tras una breve referencia a la metodología y antecedentes inmediatos de estos proyectos (el inventario piloto en la Cordillera Ibérica), se aportan datos sobre los paneles de expertos que han participado en cada uno de estos cuatro proyectos, el número de lugares de interés geológico (LIG) identificados en ellos, sus tipos de interés, aquellos que hasta la fecha han sido estudiados y delimitados, incorporados a la base de datos y los que faltan por estudiar y delimitar. Finalmente, para los LIG de estos cuatro dominios que han sido incorporados a la base de datos del IELIG, se presentan los resultados de los cálculos de su valor científico, didáctico y turístico, su susceptibilidad y riesgo de degradación, vulnerabilidad intrínseca y estado de conservación.

Palabras clave: Cuenca del Tajo, Lugar de interés geológico, Macizo Ibérico, Patrimonio geológico, Prebético.

Abstract: *This paper shows the state of progress of the different projects that are developing the Spanish Inventory of Geological Heritage (IELIG) in four geological domains: Cantabrian Zone, Central Iberian Zone, Prebetic and Albacete Domain, and Tajo-La Mancha Basin. After a brief reference to the methodology and immediate antecedents of these projects (the first inventory in the Iberian Mountain Range), the paper provides data about the experts who have participated in each of these four projects, the number of geosites (LIG) identified in them, their types of interest, those that have been studied and delimited to date, those incorporated into the inventory database, and those that remain to be studied and delimited. Finally, for the geosites of these four domains that have been incorporated into the IELIG database, a quantitative evaluation of their scientific, educational and tourist value, their degradation susceptibility and risk, intrinsic vulnerability and the state of conservation is made and showed.*

Key words: *Geological heritage, Geosite, Iberian Massif, Prebetic, Tajo Basin.*

INTRODUCCIÓN

Tras la promulgación de la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, que establece el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG), el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) diseñó en 2009 una metodología de inventario que actualizaba la que desarrolló en 1978 para el Inventario Nacional de Puntos de Interés Geológico (Duque *et al.*, 1979). Esta metodología fue aplicada en un proyecto-piloto para el inventario de lugares de interés geológico (LIG) de la Cordillera Ibérica, desarrollado entre 2010 y 2012 (García-Cortés *et al.*, 2012) y que sirvió para validar la metodología, mejorándola con la introducción de algunas modificaciones. En síntesis, esta metodología consiste en establecer, para cada dominio geológico considerado y en base a la recopilación bibliográfica realizada, un panel de expertos que cubran las diferentes disciplinas geológicas. Este panel es consultado en dos ocasiones, la primera para que proponga los lugares de interés que consideren y la segunda para que todos sus integrantes se pronuncien sobre la conveniencia de incluir estos lugares en el IELIG. De acuerdo con sus respuestas se seleccionan los LIG que finalmente serán estudiados, caracterizados y delimitados mediante las pertinentes campañas de campo (García-Cortés *et al.*, 2014).

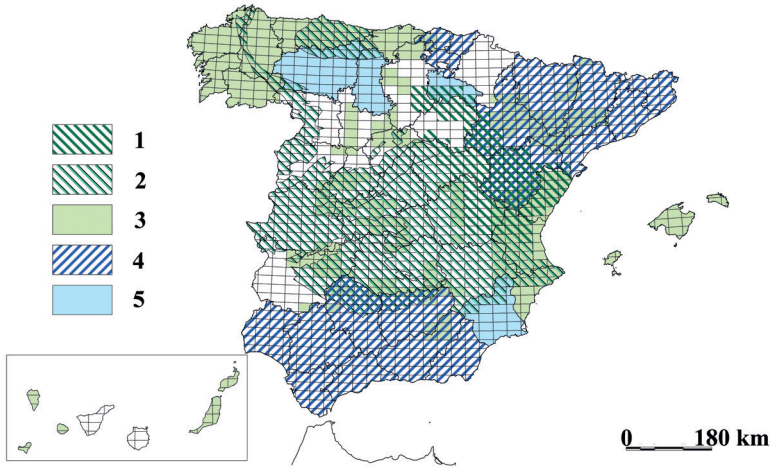


Figura 1. Estado de avance del IELIG: 1, Proyecto piloto; 2, IELIG en proceso; 3, antiguo INPIG; 4, Inventarios autonómicos; 5, Inventarios autonómicos preliminares.

Con esta metodología mejorada, a finales de 2013 se iniciaron sendos proyectos de inventario en la Zonas Cantábrica y Centroibérica, y al iniciarse 2015, aprovechando un Convenio suscrito entre el IGME y la empresa Gestión Ambiental de Castilla-La Mancha S.A., se lanzaron otros dos proyectos para el inventario de la Cuenca del Tajo-La Mancha y del Prebético y Cobertera Tabular de la Meseta. Este trabajo presenta sus avances y principales resultados obtenidos hasta la fecha. A día de hoy, la situación del IELIG, donde se integran los inventarios autonómicos y el del IGME (que se realiza de forma subsidiaria en aquellas comunidades autónomas que no abordan sus propios inventarios), se sintetiza en la Figura 1.

ESTADO DE AVANCE DE LOS PROYECTOS DEL IELIG

Efectuada la recopilación bibliográfica de los trabajos publicados en los cuatro dominios inventariados, se constituyeron los paneles de expertos de cada uno de ellos. La composición, procedencia y especialidades de dichos expertos se detallan en las Tabla 1 y Figura 2A.

Como resultado de la primera consulta realizada a estos paneles de expertos, se identificaron un total de 306 potenciales LIG en la Zona Cantábrica, 589 en la Centroibérica, 301 en la Cuenca del Tajo-La Mancha y 266 en el Prebético-Cobertera Tabular. Tras la selección efectuada gracias a las valoraciones realizadas por los expertos en la segunda consulta, se identificaron finalmente 133 LIG en la Zona Cantábrica, 248 en la Centroibérica, 168 en la Cuenca del Tajo-La Mancha y 147 en el Prebético-Cobertera Tabular. El porcentaje de propuestas retenidas varía desde el 42% en el caso de la Centroibérica al 56% en el caso de la Cuenca del Tajo-La Mancha. En total, 696 LIG han sido finalmente retenidos; son objeto de un reconocimiento en campo para su caracterización y descripción definitiva, tras lo que reciben su denominación final y se delimitan cartográficamente, siguiendo los criterios de Vegas *et al*. (2011) y Lozano *et al*. (2011), respectivamente.

Al iniciarse el año 2017, los trabajos están más avanzados en la Zona Cantábrica y la Centroibérica que en los otros dos dominios, dado que en estos últimos los proyectos de inventario arrancaron un año después. En la Figura 2B se muestra, por dominios geológicos, el número de LIG introducido en la base de datos de IELIG, los descritos y delimitados pero todavía no cargados en la base de datos y, finalmente, aquellos cuyo estudio y delimitación están en curso.

Centro	1	2	3	4
Comunidad Autónoma de Extremadura		2		
Confederación Hª del Guadiana		1		
Confederación Hª del Tajo			1	
CSIC		1	3	2
Empresa privada			2	
ICOG			1	1
IGME	9	14	14	12
Instituto Estudios Albacetenses				4
INTA			1	
MUJA	2			
UNED		1	1	
Universidad Autónoma Madrid			1	1
Universidad Complutense		4	7	3
Universidad de Alicante			1	3
Universidad de Castilla-La Mancha		1	1	
Universidad de Extremadura		2		
Universidad de Granada		1		
Universidad de Huelva		1		
Universidad de Jaén				4
Universidad de León	2			
Universidad de Oviedo	12			
Universidad de Salamanca	1	7		
Universidad de Valencia				1
Universidad de Vigo	1	1		
Universidad del País Vasco		1		
Universidad Politécnica de Cartagena				1
Universidad Politécnica Madrid			1	
TOTAL EXPERTOS POR PANEL	**27**	**37**	**34**	**32**

Tabla 1. Procedencia de los expertos de los paneles de los dominios inventariados. 1: Zona Cantábrica; 2: Centroibérica; 3: Cuenca del Tajo-La Mancha; 4: Prebético-Cobertera Tabular.

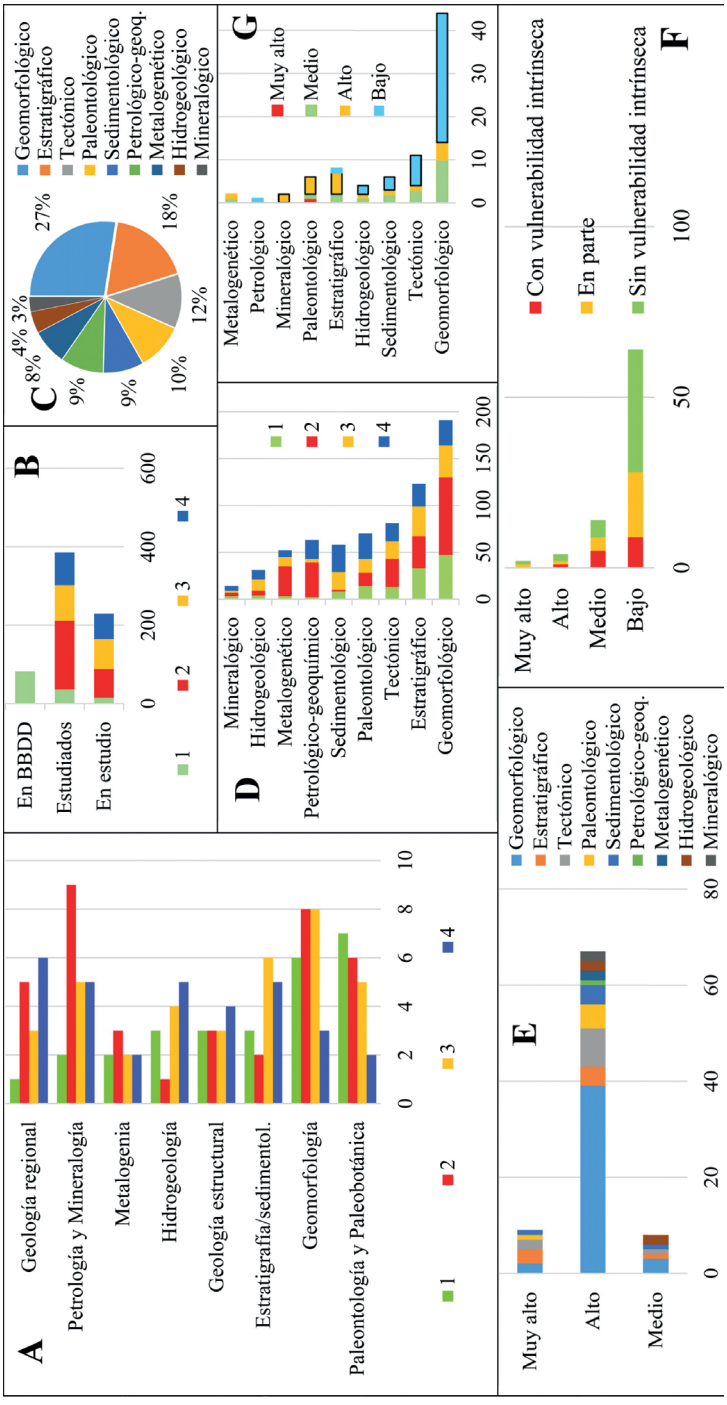


Tabla 2. A: Especialidades de los expertos de los paneles los dominios geológicos inventariados. 1: Zona Cantábrica; 2: Centroibérica; 3: Cuenca del Tajo-La Mancha; 4: Prebético y Cobertera Tabular. B: Grado de avance del inventario en los 4 dominios considerados. C: Distribución del interés principal de los 696 LIG inventariados en los 4 dominios. D: Distribución de los LIG en cada dominio inventariado, según el tipo de interés principal (1: Zona Cantábrica; 2: Centroibérica; 3: Cuenca del Tajo-La Mancha; 4: Prebético y Cobertera Tabular). E: Distribución de los tipos de interés principal según los rangos de valor obtenidos para el valor científico. F: Distribución de los LIG según su riesgo de degradación por procesos naturales e incidencia de la vulnerabilidad intrínseca. G: Riesgo de degradación antrópica de los LIG en función de su interés principal. Sectores con borde remarcado: moda.

CARACTERIZACIÓN DE LOS LIG. PRIMEROS RESULTADOS OBTENIDOS

La distribución de los 696 LIG inventariados, según su tipo de interés principal, se representa en la Figura 2C. La Figura 2D muestra esta distribución en cada uno de los dominios.

Una vez introducidos los LIG en la base de datos del IELIG, ésta se diseñó para calcular automáticamente, a partir de los datos introducidos, el valor científico, didáctico y turístico de cada LIG, su susceptibilidad de degradación (entendida como la facilidad que presenta un LIG para degradarse en función de su fragilidad y de su vulnerabilidad natural y antrópica), así como su riesgo de degradación (factor que combina la susceptibilidad de degradación del LIG con su valor, y que mide el daño potencial para el patrimonio geológico en función de la magnitud de las consecuencias de la degradación del LIG). Dado que en estos cuatro proyectos de inventario tan sólo se han introducido en la base de datos 84 LIG de la Zona Cantábrica, los resultados que se exponen a continuación se refieren tan sólo a ese 12% de LIG identificados.

La Figura 2E presenta los resultados del cálculo del valor científico, agrupando los LIG en tres rangos de valor. En cada rango se indican los tipos de interés principal representados.

En función de la susceptibilidad de degradación natural y del valor de los LIG se obtiene su riesgo de degradación por procesos naturales. Cuando los procesos geodinámicos que provocan la alteración o deterioro del lugar son los mismos que lo han generado o que lo caracterizan, cabe hablar de vulnerabilidad intrínseca, en el mismo sentido que Master *et al.* (2012) lo aplican a los ecosistemas. Este concepto, equivalente al de fragilidad de García-Ortiz *et al.* (2014), es de interés para la gestión del lugar ya que es discutible que deban plantearse actuaciones de geoconservación para hacer frente a este tipo de vulnerabilidad natural. Por ello, en la Figura 2F se refleja la incidencia que tiene la vulnerabilidad en el riesgo de degradación por procesos naturales de los LIG inventariados.

Por otro lado, del resultado del cálculo del riesgo de degradación por causas antrópicas de estos 84 LIG, se desprende que 44 de ellos (52%) tienen un riesgo de degradación bajo, 20 (24%) medio, 19 (23%) alto y tan sólo uno tiene un riesgo degradación muy alto (el yacimiento paleontológico devónico de Colle, en Boñar, León). Debe tenerse en cuenta, sin embargo que factores aleatorios, que difícilmente pueden contemplarse en estas evaluaciones, pueden incidir en la degradación de un LIG.

Finalmente, en las visitas de campo se analizó el estado de conservación de estos LIG. De ellos, 35 (42%) presentan un estado de conservación favorable, es decir que se encuentran bien conservados, prácticamente íntegros. En 41 LIG (49%) el estado de conservación es favorable con alteraciones, presentando algunos deterioros que no afectan de manera determinante al valor o interés del LIG. Siete LIG están alterados por deterioros que impiden apreciar algunas características de interés y tan sólo uno degradado (la cueva de la Peña de Candamo, Asturias), ya que, a pesar de su declaración como Monumento Nacional en 1923, el yacimiento ha sufrido un importante deterioro debido, entre otros factores, a los graffiti realizados por los visitantes, las obras de acondicionamiento y las agresivas labores de restauración llevadas a cabo en el pasado. Ningún LIG presenta el grado de fuertemente degradado. A pesar de este buen estado de conservación general, debe tenerse en cuenta el ya mencionado alto o muy alto riesgo de degradación antrópica de casi una cuarta parte de los LIG. Este riesgo alto o muy alto se presenta más frecuentemente, como era previsible, en los LIG cuyo interés principal es paleontológico, mineralógico y estratigráfico (Figura 2G), mientas que los de carácter geomorfológico y tectónico son los que, en general, presentan menor riesgo de degradación antrópica.

CONCLUSIONES

Los proyectos de inventario que se llevan a cabo en la Zona Cantábrica, Centroibérica, Cuenca del Tajo-La Mancha y Prebético-Cobertera Tabular se encuentran bastante avanzados, habiéndose descrito, caracterizado y delimitado un 67% de los 696 LIG identificados. El 33% restante está en proceso de estudio. Sin embargo, tan sólo se han cargado 84 de estos LIG (el 12%) en la base de datos del IELIG.

Los tipos de interés principal de los 696 LIG identificados presentan un espectro muy similar al de otros dominios ya inventariados, destacando en número, por este orden, los LIG geomorfológicos, estratigráficos, tectónicos y paleontológicos. Por el contrario los menos numerosos son los LIG mineralógicos, seguidos de los hidrogeológicos y metalogenéticos.

En cuanto al valor científico de los LIG, como ocurre en otros dominios inventariados, la gran mayoría (79%) se agrupa en la categoría alto, mientras que sólo unos pocos (11%) alcanzan el valor muy alto y una cantidad similar (10%) desciende al valor medio. Sin embargo estos porcentajes pueden variar según los tipos de interés principal como ocurre con los estratigráficos (38% con valor muy alto, 50% valor alto y 12% valor medio). Entra también dentro de la norma que el 75% de los LIG con mayor valor turístico posean un tipo de interés principal geomorfológico.

Por lo que se refiere al riesgo de degradación, mientras que tan sólo un 7% de los LIG presenta un riesgo de degradación por procesos naturales alto o muy alto, este porcentaje se eleva al 24% en el caso del riesgo de degradación antrópica.

Finalmente, el estado de conservación es mayoritariamente (más del 90%) favorable o favorable con alteraciones, sólo un 8% de los LIG se encuentran alterados y tan uno sólo degradado. Esto puede inducir a una falsa visión satisfactoria, teniendo en cuenta que una cuarta parte de los LIG presenta un riesgo alto o muy alto e degradación antrópica.

AGRADECIMIENTOS

Los cuatro proyectos de inventario objeto de esta comunicación están siendo financiados por el IGME y la Consejería de Agricultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha (a través de la empresa pública GEACAM, S.L.) en el territorio de dicha Comunidad Autónoma.

REFERENCIAS

Duque, L. C., Murcia, V., Abril, J., García Salinas, F. y Elízaga, E. 1979. *Proyecto previo de Puntos de Interés Geológico. Memoria del proyecto*, Centro de Documentación del IGME, 82 pp.

García-Cortés, Á., Carcavilla Urquí, L., Díaz-Martínez, E. y Vegas Salamanca, J. 2012. *Inventario de Lugares de Interés Geológico de la Cordillera Ibérica. Informe final*. Madrid, 95 pp +51 pp (anexos), Centro de Documentación del IGME.

García-Cortés, Á., Carcavilla Urquí, L., Díaz-Martínez, E. y Vegas Salamanca, J. 2014. *Documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG). Versión 05-12-2014.* 64 pp, 24/01/2017, http://www.igme.es/patrimonio/descargas.htm

García-Ortiz, E., Fuertes-Gutiérrez, I. y Fernández-Martínez, E. 2014. Concepts and terminology for the risk of degradation of geological heritage sites: fragility and natural vulnerability, a case study. *Proceedings of the Geologists' Association.* 125 4, 463–479, http://dx.doi.org/10.1016/j.pgeola.2014.06.003

Lozano, G., Vegas, J. y García-Cortés, A. 2011. Representación cartográfica de los lugares de interés geológico: consideraciones de cara a la gestión, Enguídanos (Cuenca). En: Fernández-Martínez, E. y Castaño de Luis, R. (eds.), *Avances y retos en la conservación del patrimonio geológico en España. Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico* (Sociedad Geológica de España). Universidad de León, 152-155.

Master, L. L., Faber-Langendoen, D., Bittman, R., Hammerson, G. A., Heidel, B., Ramsay, L., Snow, K., Teucher, A. y Tomaino, A. 2012. *NatureServe Conservation Status Assessments: Factors for Evaluating Species and Ecosystem Risk*. NatureServe, Arlington, VA, 64 pp.

Vegas, J., Lozano, G., García-Cortés, A., Carcavilla, L. y Díaz-Martínez, E. 2011. Adaptación de la metodología del inventario español de Lugares de interés geológico a los inventarios locales de Patrimonio geológico: municipio de Enguídanos (Cuenca). En: Fernández-Martínez, E. y Castaño de Luis, R. (eds.), *Avances y retos en la conservación del Patrimonio Geológico en España*, Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España). Universidad de León. 271-276.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

GEOMORPHOSITES IN THE CEARÁ CENTRAL DOMAIN, BORBOREMA PROVINCE: POTENTIAL FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF THE NORTHEASTERN SEMIARID OF BRAZIL

LUGARES DE INTERÉS GEOMORFOLÓGICO DEL DOMÍNIO CEARÁ CENTRAL, PROVINCIA BORBOREMA: POTENCIAL PARA EL DESARROLLO SOSTENIBLE DE LA REGIÓN SEMIÁRIDA DEL NORDESTE DE BRASIL

P. Moura[1,2] y M.G.M. Garcia[1,2]

[1] Federal University of Ceará, Centre of Sciences. Geology Postgraduate Program.
Campus do Pici, Bloco 912. CEP 60440-554, Fortaleza, Ceará, Brazil. pamella.moura@usp.br

[2] Centre for Research Support in Geological Heritage and Geotourism, Institute of Geosciences, University of São Paulo,
Rua do Lago, 562, CEP 05508-080, São Paulo, SP, Brazil. mgmgarcia@usp.br

Abstract: The inventory of the geoheritage of the Ceará Central Domain, Northeastern Brazil, encompasses geosites showing many geological interests, distributed in eight geological frameworks. Five of these geosites represent the framework "Geomorphological Units" and were selected due to their potential for educational and geotourism uses. These geosites are composed of crystalline lithologies and comprise relevant features of the local landscape, normally associated to both cultural and ecological values and located in legally protected areas. This work brings up the characterisation of these geosites and highlights some features that can be used in geoconservation strategies aiming the sustainable development at the semiarid of Brazil, mainly by means of geotourism and educational practices.

Key words: Ceará, geoconservation, geoheritage, geomorphosites, geotourism

Resumen: *El Inventario del Patrimonio Geológico del Dominio Tectónico Ceará Central, en la región nordeste de Brasil, se compone de geosítios de intereses geológico diversos, repartidos en ocho categorias geológicas. Dentro de ese conjunto, cinco geositios englobados en la categoria de Unidades Geomorfológicas y han sido seleccionados para este estudio debido a su potencial para el uso educativo y geoturístico. Los geositios presentan litologías ígneas y metamórficas y revelan las principales características del paisaje del Dominio. De modo general, los geositios están asociados con valores culturales y ecológicos y se encuentran en áreas legalmente protegidas. Este trabajo presenta la descripción de los geositios destacando algunas características que pueden ser aplicadas en estrategias de geoconservación que promuevan el desarrollo sostenible de la región semiárida de Brasil, centrado principalmente en el geoturismo y en prácticas educativas.*

Palabras clave: *Ceará, geoconservación, geomorfositios, geoturismo, patrimonio geológico*

INTRODUCTION

Geomorphosites are locations whose main values are associated with relief forms and geomorphological dynamics processes. The set of these sites constitutes the geomorphological heritage, which may have scientific, cultural, historical, aesthetic, social or economic value (Panizza, 2001, Reynard *et al.*, 2007). As important records of landscape evolution and frequently associated with people's belonging feelings, these places may act as powerful tools in actions on sustainable land use.

In this context, this paper aims to characterise the geomorphosites that compound the inventory of geoheritage of the central-northern portion of Ceará Central Domain (CCD), Borborema Province, Northeastern Brazil (Figure 1). The inventory was carried out during 2015-2016 and was based on Brilha's (2016) inventory method and Wimbledon's (1999) frameworks approach. The selected geosites are intended to be used to reconstruct the geological history, as well as to propose geoconservation-based possibilities for sustainable development in this semiarid part of Brazil. Among the geosites, there are five geomorphosites comprising features that may be applied in geoconservation strategies such as geotourism and educational practices.

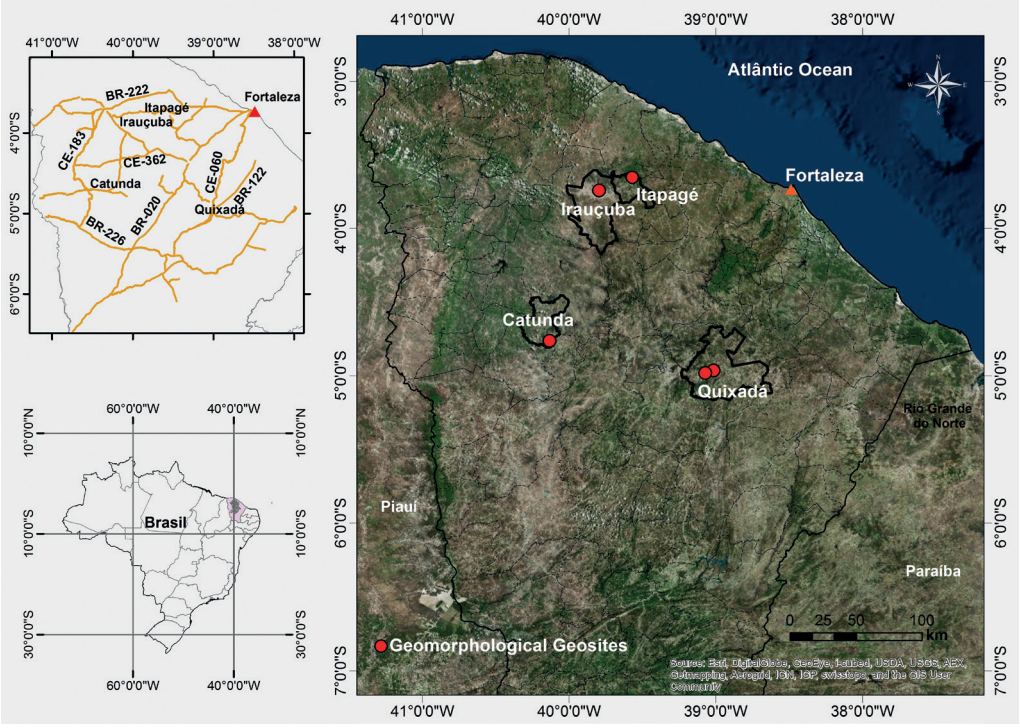


Figure 1. Location of the study area and geomorphosites (Source: Landsat Image available on the Google Earth, 2016).

Socioeconomic Setting

In the study area, the Human Development Index (HDI) ranges from 0.605 and 0.659, below Ceará State (0.682) and Brazil (0.727) averages. Local economy is strongly based on public resources and people earn their living as government employees or by means of social assistance programmes. Almost 70% of the population lives in a situation of vulnerability to poverty (PNUD, 2013).

Geological, Geomorphological and Environmental Setting

The CCD comprises a strongly deformed and intensely migmatised crystalline rock assemblage, with ages between ca. 2.9 Ga and 467 Ma, mainly resulted from West Gondwana collage: *i*) Archean Nuclei; *ii*) Paleoproterozoic juvenile gneissic basement; *iii*) Neoproterozoic volcano-sedimentary supracrustal sequence; and *iv*) Neoproterozoic plutonic rocks with magmatic arc isotopic signatures (Santa Quitéria Magmatic Arc) (Fetter *et al.*, 2003; Arthaud, 2007). Alkaline granitoid bodies also occur with lithological composition ranging from granodiorites, sienites, sienogranites, monzonites to monzogranites and granites with ages between 590 and 470 Ma (Almeida *et al.*, 1999, Castro *et al.*, 2012). These comprise the main lithotypes that compound the geomorphosites presented in this study.

The CCD landscape is dominated by hinterland depressions represented by a flat, slightly wavy relief whose elevations range between 130 and 150 meters. Residual massifs formed by ca. 600 meters-high acute-convex dissection patterns with mostly NNE-SSW-oriented inselbergs and areas with widespread saprolite remnants also compound the landscape (Lima *et al.*, 2000; Meireles, 2007; Maia *et al.*, 2015). Tropical climate predominates with temperatures ranging between 26 and 28ºC and rainfall regime under 800 mm/year, alternating prolonged dry and short rainy seasons.

GEOMORPHOSITES

The geomorphosites described here represent relevant features of CCD´s relief, considering the main geomorphological units and landforms (Table 1).

Geomorphosite	Geomorphological Unit	Landform Pattern	Associated Values
Inselbergs of Irauçuba	Residual Massif	Inselberg	NLP/Cult
Pedra do Frade	Residual Massif	Humid mountain ridge and flat plain	APP/Cult/Tour
Pedra do Cruzeiro Inselberg	Sertaneja Depression	Inselberg	DM/Cult/Tour
Inselberg Fields of Quixadá	Sertaneja Depression	Inselberg and flat plain	UC/Cult/Tour
Serra Branca Peak	Residual Massif	Dry mountain ridge	APP/Eco/Tour

Table 1. Main characteristics of the geomorphosites included in the inventory of geological heritage of the CCD. **APP**: Permanent Protected Area, **DM:** Municipal Decree, **NLP:** No Law Protection, **UC**: Unit of Conservation. **Cult:** Cultural, **Eco:** Ecological, **Tour**: Tourism.

Inselbergs of Irauçuba

It comprises an inselberg field composed of porphyritic granites associated to the Santa Quitéria Magmatic Arc and occurs in the northern portion of CCD, mainly in the town of Irauçuba. These inselbergs show similar fracture patterns and medium- to small migmatised-gneiss blocks can be found surrounding the site. The area has potential to be classified as Conservation Unit according to Brazilian Federal Law n. 9.985/2000, being necessary more detailed studies to define a proper territorial ordering (Figure 2A, B).

Pedra do Frade

Located in the town of Itapagé, this geosite represents the *Uruburetama* Residual Massif, being also one of the best viewpoints for observation of Ceará's semiarid landscape. The main lithology is essentially composed of porphyritic grey monzogranites with elongated feldspar phenocrysts associated to the Santa Quitéria Magmatic Arc. The area can be classified as Permanent Protected Area (Article IV of Brazilian Forest Code), being a private property with infrastructure for camping. The name has its origins due to a legend about a friar (in Portuguese, frade) who was petrified after falling in love with a nun (Figure 2C, D).

Pedra do Cruzeiro

Inselberg of Pedra do Cruzeiro is about 190 meters high and is characterised by dissolution features, such as flute types. It is composed of porphyritic calc-alkaline granite with plagioclase phenocrysts and dykes and mafic enclaves, representing the central portion of the Inselbergs Fields of Quixadá. Although being legally protected as Environmental Protected Zone (Quixadá Municipal Law 1903/2000), radio and telephony antennas have been installed on its top, as well as a cruise where religious events used to be held in the past. Located in the middle of the urban zone, the site represents one of the most relevant tourism spots at Quixadá (Figure 2E, F).

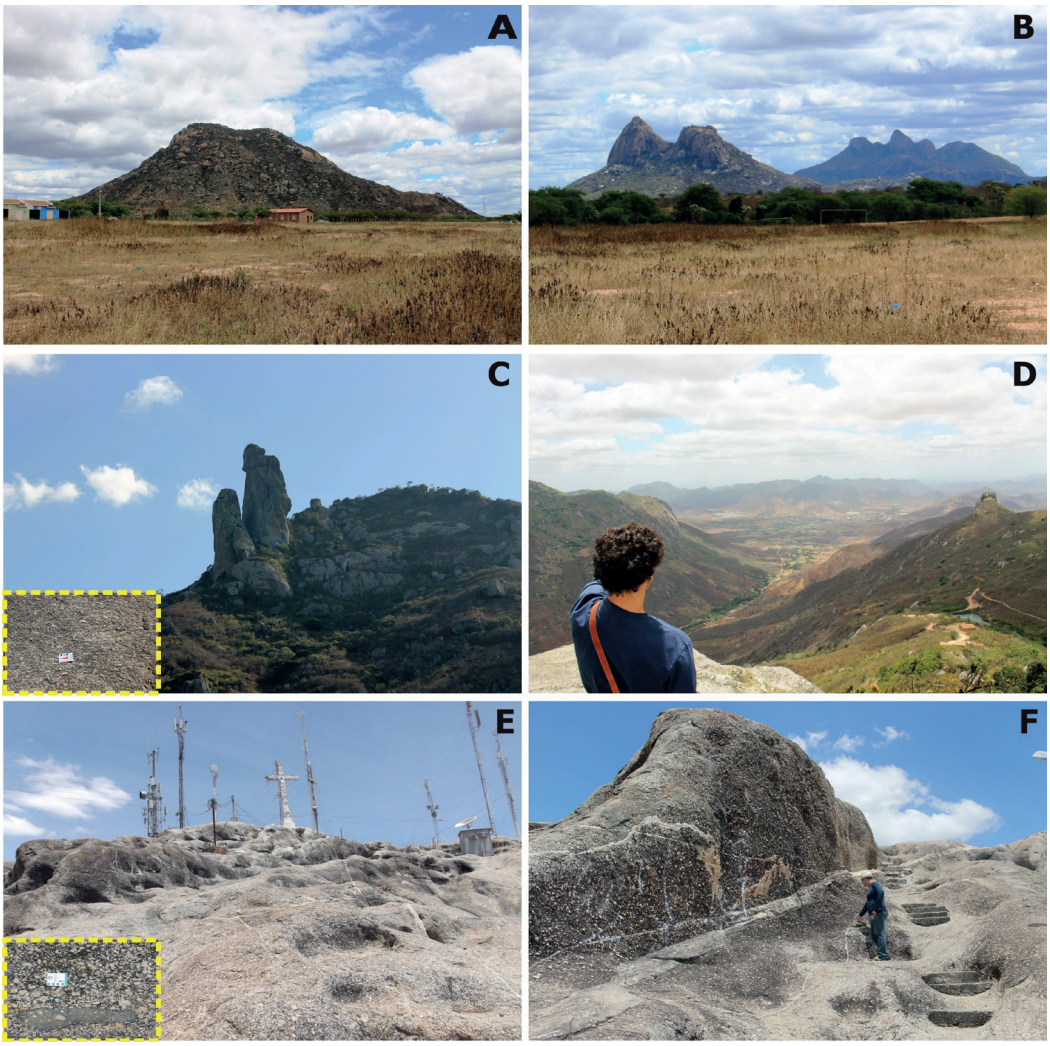


Figure 2. *Inselbergs of Irauçuba Geosite* (**A/B**) *Pedra do Frade Geosite* (**C/D**) *Pedra do Cruzeiro Geosite* (**E/F**).

Inselbergs Fields of Quixadá

This geosite represent the most relevant inselberg fields of the CCD and one the most known of Brazil. Porphyritic calc-alkaline granite with plagioclase phenocrysts, several dykes and mafic enclaves, besides small leucocratic portions are the main lithotypes of these inselbergs. The *Galinha Choca*, with around 320 meters high, is the largest one, but many other inselbergs crosscutting the hinterland depression can be observed from its top. Regarding legal protection, this area is located on the historic *Cedro Reservoir*, protected as

Cultural Heritage according to the Brazilian Federal Law n 25/1937 and also classified as protected area by Ceará State Law n 26.805/2002. The whole set is the traditional postcard of the city of Quixadá, receiving many tourists each year (Figure 3C, D).

Serra Branca Peak

This peak constitutes the CCD's highest elevation, with 1154 meters high. The outcrop is located in the town of Catunda and represents a relevant residual massif named *Serra das Matas*. It is predominantly composed of K-feldspar granite with small quartz veins, associated to the Santa Quitéria Magmatic Arc. Highlands with average elevations between 500 and 600 meters can be observed from its top. The site is located in an area that can be classified as Permanent Protected Area, according to Article IV of Brazilian Forest Code (Figure 3A, B).



Figure 3. *Inselbergs Field of Quixadá Geosite* (**A/B**) *Serra Branca Peak* Geosite (**C/D**)

CONCLUSIONS

The geomorphosites selected in the inventory of geoheritage of the Ceará Central Domain represents valuable landscape features associated with both scenic and cultural aspects. All the selected sites have potential to be used to promote local geotourism and educational practices, taking into account security and accessibility conditions. From the features here described a set of priority conservation actions were delineated:

i) Quantitative evaluation of educational and tourism potential uses;

ii) Development of geotourism plans regarding the geosites located in Quixadá, Irauçuba, Itapagé, and Catunda;

iii) Development of interpretative panels for all geomorphological geosites;

iv) Proposal of a protected area surrounding the Inselbergs of Irauçuba Geosite, according the Brazilian Federal Law n 9.985/2000;

v) Incentive to the academic community to develop new and detailed research about the Inselbergs of Irauçuba, Pedra do Frade and Serra Branca Peak geosites.

ACKNOWLEDGMENTS

The authors are thankful to Andrés Díez Herrero for his helpful comments, and also thank to CAPES for mobility scholarship PDSE Program/Process n 88881.132168/2016-01.

REFERENCES

Almeida, A.R., Ulbrich, H.G.J. and Mcreath, I. 1999. O Batólito Quixadá: petrologia e geoquímica. *Revista de Geologia*, 12(1), 29-52.

Arthaud, M. H. 2007. *Evolução Neoproterozóica do Grupo Ceará (Domínio Ceará Central, NE Brasil): da Sedimentação à Colisão Continental Brasiliana*. Instituto de Geociências, Universidade Federal de Brasília, Brasília, 170 pp.

Brilha, J. 2016. Inventory and Quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage,* 8(2), 119-134.

Castro, N. A. Araújo, C. E. G., Basei, M. A. S., Osako, L. S., Nutman, A. A. and Liu, D. 2012. Ordovician A-type granitoid magmatism on the Ceará Central Domain, Borborema Province, NE-Brazil. *Journal of South American Earth Sciences,* 36(1), 18-31.

Fetter, A. H., Santos, T. J. S., Van Schmus, W. R., Hackspacher, P.C., Brito Neves, B. B., Arthaud, M. H., Nogueira Neto, J. A. and Wernick, E. 2003. Evidence for neoproterozoic continental arc magmatism in the Santa Quiteria Batholith of Ceara State, NW Borborema Province, NE Brazil: Implications for the assembly of West Gondwana. *Gondwana Research,* 6(2), 265-273.

Lima, L. C., Morais, J. O. and Souza, M. J. N. 2000. *Compartimentação Territorial e Gestão Regional do Ceará*. Fortaleza, FUNECE, 268 pp.

Maia, R. P., Nascimento, N. A. L., Bezerra, F. H. R., Castro, H. S., Meireles, A. J. A. and Rothis, L. M. 2015. Geomorfologia do campo de Inselbergues de Quixadá, nordeste do Brasil. Revista *Brasileira de Geomorfologia*, 16(2), 239-253

Meireles, A. J. A. 2007. As unidades morfo-estruturais do estado do Ceará. In: Silva, J. B. *et al*. (eds.) *Ceará: um novo olhar geográfico*, 2. Fortaleza, Edições Demécrito Rocha, 141-167.

Panizza, M. 2001. Geomorphosites: concepts, methods and example of geomorphological survey. In: *Chinese Science Bulletin*, 46 Suppl Bd: 4-6.

Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento. 2013. Organização das Nações Unidas. *Atlas do Desenvolvimento Humano no Brasil*, 2013, 11/07/2016, http://www.pnud.org.br/atlas/ranking/Ranking-IDHM-Municipios-2010.aspx

Reynard, E., Fontana, G. and Kozlik, L. 2007. A method for assessing "scientific" and "additional values" of geomorphosites. *Geographica Helvetica*, 62: 147-158.

Wimbledon, W. A. P., Andersen, S., Cleal, C. J., Cowie, J. W., Erikstad, L., Gonggrijp, G. P., Johansson, C. E., Karis, L. O. and Suominen, V. 1999. Geological World Heritage: GEOSITES - A global comparative site inventory to enable prioritisation for conservation. *Memorie Descrittive della Carta Geologica D'italia*, 54, 45-60.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

INVENTARIO Y VALORACIÓN DIDÁCTICA DE LOS LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO DEL PARC NATURAL DE SANT LLORENÇ DEL MUNT I L'OBAC

INVENTORY AND DIDACTIC EVALUATION OF THE SANT LLORENÇ DEL MUNT I L'OBAC NATURAL PARK GEOSITES

M. Tudela[1], A. Martínez[2], I. Camps[3] y R. Espínola[4]

[1] c/Mossèn Cinto Verdaguer, nº3, àt. 4ª, Calella 08370 info@itinerarisgeologics.com

[2] Repartidor, 44 local 2, Barcelona 08023 a@albertmartinez.com

[3] Severo Ochoa, 12 bajos icamps@colgeocat.org

[4] Carrera Santiago Russinyol 3, 4-2 de Esplugues de Llobregat 08950 respinolac@gmail.com

Resumen: En los últimos años se ha experimentado en nuestro país una importante revalorización del patrimonio geológico, y un creciente interés por parte de las administraciones y entidades de cara a conocerlo, conservarlo y aprovecharlo. En esta línea, el Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac nos encargó el pasado año 2015 la realización de un inventario de lugares de interés geológico del parque, y una guía de uso de su patrimonio para técnicos, trabajadores y directivos.

Palabras clave: Aprovechamiento patrimonio geológico, GeoParc Catalunya Central, lugar interés geológico, parque natural, Sant Llorenç del Munt i l'Obac.

Abstract: *In the last few years, there has been in our country an increasing interest for the geological heritage, and the willing by the administrations to know, preserve and take profit of it. On this sense, last year the Sant Llorenç del Munt i l'Obac natural park commissioned to us the elaboration of an inventory of geosites, and a guide of use of its geological heritage for its technicians, workers and managers.*

Key words: *Catalunya Central Geopark, geological heritage exploitation, geosite, natural park, Sant Llorenç del Munt i l'Obac.*

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac es actualmente, y ha sido históricamente, una zona de gran atractivo para geólogos y aficionados a la naturaleza. Sus características geológicas hacen de sus afloramientos lugares excepcionales para la divulgación, didáctica e investigación de materias como la estratigrafía y la sedimentología. Como consecuencia, desde principios de los años noventa ha sido objeto de numerosos estudios, tesis doctorales y salidas de campo por parte de universidades y empresas del sector del petróleo.

En el año 1999, el Departament de Medi Ambient de la Generalitat de Catalunya, junto con la Universidad de Barcelona, ponen en marcha un proyecto para inventariar los principales lugares de interés geológico de Catalunya: el IEIGC (Inventari d'Espais d'Interès Geològic de Catalunya). En él se usan, por un lado, el concepto *geòtop* equivalente al español de *geotopo* y del anglosajón *geotope,* para localidades de dimensiones reducidas que no superen las 100 Ha. Por otra parte el término *geozona* (en inglés *geosite*) para definir áreas mayores que pueden, o no, englobar a uno o varios geotopos (Carcavilla *et al.* 2007). En el 2001 el proyecto es aprobado y presentado, y en él se incluye la Geozona de Sant Llorenç i l'Obac – Cova Simanya, Geozona 223 (P. Pérez, 2001). En esta se describen de forma sintética las características geológicas del macizo, y su relevancia respecto a su interés patrimonial. Recoge también siete Geotopos, que son: La Mola, El Montcau – cova Simanya, la Cova del Drac, la Riera de les Arenes, les Pedritxes, la Carena del Paller de tot l'Any y la Font de Carlets – els Caus. Posteriormente, en una publicación de la Diputación de Barcelona (P. Pérez, 2007), el mismo autor actualiza los conocimientos del inventario con algunos puntos de interés más.

Sin embargo, aunque la elaboración del IEIGC resulta un hito en la historia de la conservación del patrimonio geológico catalán y sus fichas son siempre una referencia, actualmente este se revela como poco práctico y demasiado sintético de cara a la gestión de los recursos por parte del administrador. Hay que tener en cuenta que el IEIGC consta de 157 Geozonas, cada una de ellas con varios Geótopos, por lo que su grado de detalle y practicidad se podrían calificar, cuanto menos, de superficial.

Es por esto que en los últimos años, desde la Diputación de Barcelona, aún y disponer de Geozonas de sus parques, se han encargado estudios más detallados y precisos de cara a poder gestionar mejor el patrimonio natural de sus parques.

PRESENTACIÓN DEL INVENTARIO

Para la elaboración del inventario y la descripción de cada punto se ha usado como referencia la definición de Lugar de Interés Geológico (LIG) propuesta por el IGME en su "Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico" (García-Cortés y Carcavilla, 2013). Con tal de no abandonar por completo la metodología usada en la elaboración del IEIGC, y con él objetivo de facilitar a los gestores y técnicos del parque la comprensión y gestión del patrimonio, se ha elaborado una ficha propia que trata de combinar ambas propuestas. Para su elaboración, se han tomado elementos de las fichas propuestas por el IGME y IEIGC. Se ha usado el formato tabla más sintético de la ficha del IGME, pero incluyendo algunos campos más descriptivos de la del IEIGC, como son las valoraciones según **interés turístico**, **científico** o **didáctico**.

En dicha ficha se recogen aspectos básicos sobre la situación y geología de cada punto, su relación con el resto del patrimonio cultural y natural, y su potencialidad de cara a su preservación y divulgación. Dicha ficha se presenta en la Tabla 1.

Con el objetivo de determinar los puntos que debían o no incluirse en el inventario a partir del estudio bibliográfico y de campo de la zona, se han definido seis categorías de puntos, cada una relacionada con distintas disciplinas de la geología. Estas son: **sedimentología**, **geomorfología**, **paleontología**, **tectónica**, **estratigrafía** e **hidrogeología**. A partir de estas categorías se ha establecido una codificación para cada punto que ayude a facilitar su gestión. En la Tabla 2 se presentan los 36 puntos seleccionados y descritos, según su categoría y codificación, y en la Figura 1 su distribución espacial en el contexto del parque, que ha sido también un criterio para seleccionar los puntos.

LLOC D'INTERÈS GEOLÒGIC: títol

1. IDENTIFICACIÓ
Codi:
Denominació:
Categoria:
Breu Descripció:

2. LOCALITZACIÓ	
Municipi:	Comarca:
ETRS89, UTM Fus 31 N (m)	
X:	
Y:	
Z:	
Accés:	
Mapa Situació	

3. SITUACIÓ GEOLÒGICA
Descripció:
Mapa Geològic:

4. INTERÈS	
Interès geològic:	
Justificació:	
Representativitat:	
Grau de coneixement científic del lloc:	
Estat de conservació:	
Condicions d'observació:	
Raresa:	
Espectacularitat i bellesa:	
Interès científic:	x/5
Interès didàctic a nivell divulgatiu i d'ensenyament bàsic:	x/5
Interès didàctic a nivell mig i superior:	x/5
Interès turístic:	x/5

5. PROTECCIÓ I VULNERABILITAT
Forma part d'algun inventari existent:
Amenaces antròpiques:
Amenaces naturals:
Recomanacions per a la seva preservació:

6. DADES PER A L'ORGANITZACIÓ DE VISITES
Habilitat mirador, taules, bancs, panell informatiu, etc.:
Forma part d'un itinerari existent (GR, sender, etc.):
Perillositat:
Propostes:

7. SIGNIFICACIÓ HISTÒRICA I LOCAL

8. FOTOGRAFIES DEL LLOC

9. REFERÈNCIES

MAPA

Tabla 1. Ficha desarrollada y utilizada para la elaboración del Inventari de Punts d'Interès Geològic del Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac.

INFORMACIÓN DIDÁCTICA, UN VALOR AÑADIDO A LOS INVENTARIOS

Es importante remarcar que todo el trabajo hecho en la recopilación de puntos y redacción del inventario no va a tener ningún sentido si no es utilizable por parte de los gestores y técnicos del parque. Es por esto que además del inventario de puntos en sí mismo, se ha incluido en el trabajo y se considera igual de importante, una parte en que se dan instrucciones al gestor para interpretar y usar dicho inventario.

En ella se hace una síntesis de la geología del parque, usando un lenguaje poco técnico que el personal después pueda usar en sus explicaciones. Se ponen de manifiesto los aspectos en que el patrimonio del parque tiene más relevancia, y se incluyen diferentes propuestas de itinerarios geológicos, procurando satisfacer las necesidades de los distintos públicos. Por ejemplo, se ha planteado un itinerario donde el usuario tiene la opción de visitar algunos de los puntos más relevantes del parque de forma aislada y en coche, por lo que se adapta a un público curioso ocasional que tal vez no está dispuesto a dedicar un día entero a esta temática.

Sedimentologia	Geomorfologia	Paleontologia	Tectònica	Estratigrafia	Hidrogeologia
SLs01:seqüències de mitjana escala de Sant Jaume de Vallhonesta.	**SLg01:** avenc en conglomerats eocens de l'Espluga.	**SLp01:** bioturbacions en el la Riera de Santa Creu.	**SLt01:**Klippe paleozoic de Can Torres	**SLe01:** ventall al·luvial proximal de la Mola	**SLh01:**surgència intermitent en Caus de Mura.
SLs02: estructures contractives en la Riera de Santa Creu.	**SLg02:**avenc en conglomerats eocens del Montcau.	**SLp02:** fòssils de la plataforma Pedrera del Farell	**SLt02:** encavalcament paleozoic els Caus.	**SLe02:** ventall al·luvial del Montcau	**SLh02:** surgència intermitent Caus del Guitard.
	SLg03:balma en conglomerats i lutites eocenes de l'Espluga.		**SLt03:** metavulcanites ordovicianes (Pedritxes).	**SLe03:** panoràmica de la Mola i el Montcau	**SLh03:** surgència intermitent font Barbotera.
	SLg04:coves càrstiques en conglomerats eocens de Mura.		**SLt04:** roques metasedimentàries ordovicianes de la Serra del Troncó.	**SLe04:** ventall al·luvial distal del Coll de Lligabosses	**SLh04:** surgència intermitent en font dels Carlets.
	SLg05:cova càrstica en conglomerats eocens Simanya.		**SLt05:** falles normals als conglomerats de la Mola.	**SLe05**: fàcies de front Deltaic de la Riera de Mura (Fm. Collbàs).	**SLh05:** surgència intermitent de la Font de la Saiola.
	SLg06:cova càrstica en conglomerats eocens del Manel.			**SLe06:**fàcies de prodelta de la Riera de Santa Creu .	
	SLg07:agulla de conglomerats eocens del Cavall Bernat.			**SLe07:** dipòsits travertínics de la Font del Foradot.	
	SLg08: agulla de conglomerats eocens del Paller de Tot l'Any.			**SLe08:** conca quaternària de la riera de les Arenes (Barata.)	
	SLg09: cingleres i monòlits en conglomerats eocens, la Castellassa de Can Torres.				
	SLg10: monòlit en conglomerats eocens de Castellsapera.				
	SLg11: modelat en conglomerats eocens de la Carena del Camí Ral.				
	SLg12: balma en conglomerats i gresos eocens del Puig de la Balma.				
	SLg13: cavitats en conglomerats eocens de les Foradades de les Pedritxes.				
	SLg14: cova en l'agulla de conglomerats eocens del Morral del Drac.				

Tabla 2. Puntos inventariados según las categorías establecidas y su codificación.

Por otro lado se han planteado itinerarios más específicos, de conocimiento acumulativo, donde el público más experto va a encontrar paradas y material suficiente para ocupar varios días. En resumen, se ha procurado dar, además de la información técnica requerida, pautas y herramientas para ayudar al gestor a conocer y aprovechar de la mejor manera posible el patrimonio geológico que gestiona.

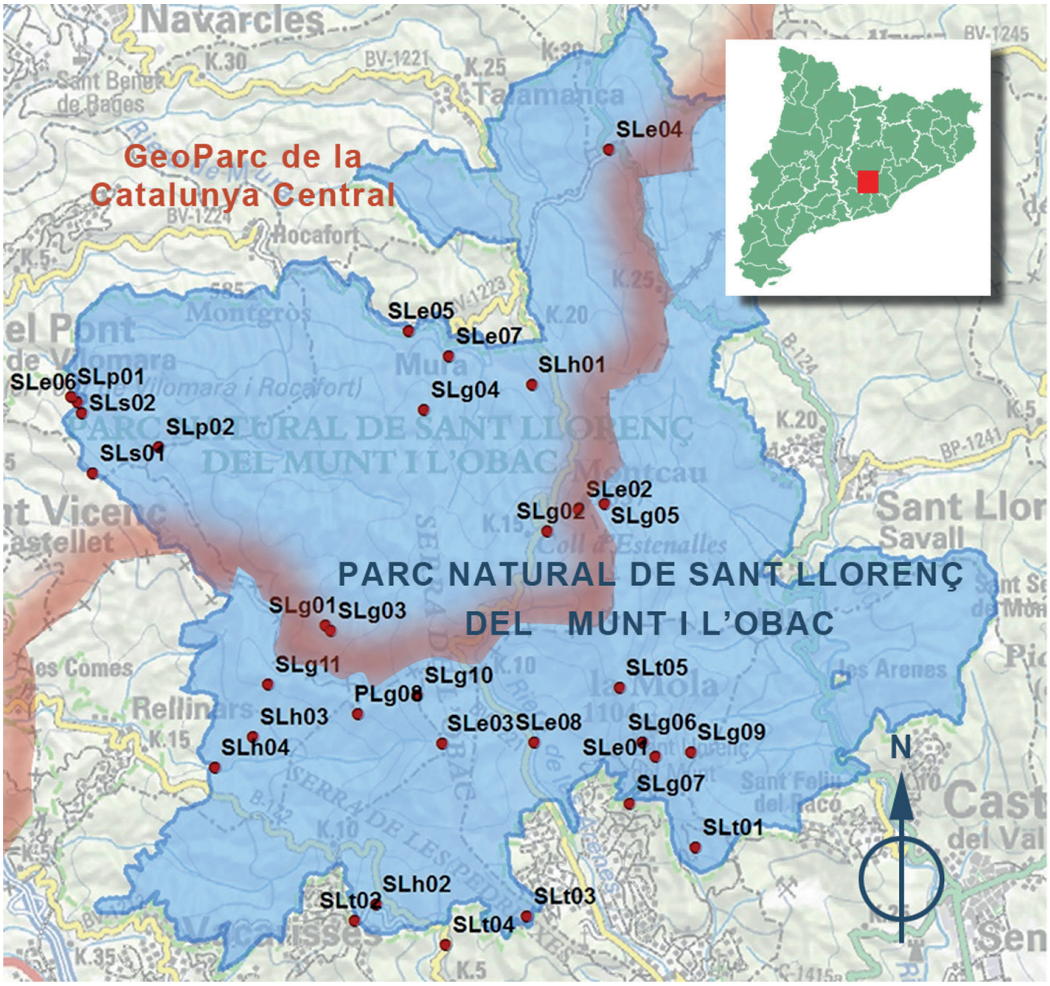


Figura 1. Situación de los límites del parque, de los puntos inventariados y el límite del Geoparque de la Catalunya Central (base ICGC).

CONCLUSIONES

A pesar de la existencia de una importante cantidad de información relacionada con el patrimonio geológico de Catalunya, mucha de ella relacionada con el IEIGC, ocurre que muchas veces esta información es poco práctica del cara al gestor que tiene que establecer medidas de protección o plantear su explotación como elemento de interés turístico. Así pues, con el fin de mejorar la gestión del patrimonio geológico por parte de la administración, es necesario tener en cuenta los siguientes puntos:

1- Adaptar el lenguaje de los informes de valoración del patrimonio geológico a un lenguaje útil e inteligible para el gestor no experto.

2- Dotar estos informes no solo del inventario de puntos, sino también de guías de interpretación y propuestas de actuaciones para su uso.

3- Dentro de la máxima homogenización posible, intentar adaptar las características del trabajo a las necesidades del cliente y la zona, priorizando su utilidad antes que su total adaptación a los modelos estándar propuestos.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se ha financiado con los fondos de la Diputación de Barcelona. Agradecemos el encargo y coordinación del proyecto a Josep Torrentó y al resto de técnicos del Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac.

REFERENCIAS

Carcavilla, L., López, J y Durán, J. J. 2007. *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. IGME. Madrid, 360 pp.

Garcia-Cortés, A. y Carcavilla, L. 2013. *Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico (IELIG)*. Versión 18-07-2013. Ministerio de Ciencia e Innovación. 61 pp. 17/01/16. http://www.igme.es/patrimonio/novedades/METODOLOGIA%20IELIG%20web.pdf

Pérez, P. 2001. *GEOZONA 223 Sant Llorenç del Munt i l'Obac.* http://mediambient.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/patrimoni_natural/sistemes_dinformacio/inventari_despais_dinteres_geologic/consulta_de_les_fitxes_descriptives_dels_eig/documentos/223_descrip.pdf

Pérez, P. 2007. *El Parc Natural de Sant Llorenç del Munt i l'Obac en l'inventari d'espais d'interès geològic*. VI Trobada d'Estudiosos de Sant Llorenç del Munt i l'Obac Diputació de Barcelona: 155-159.

Inventari d'espais d'interès geològic de Catalunya. Departament de Territori i Sostenibilitat. 17/01/2016. http://mediambient.gencat.cat/ca/05_ambits_dactuacio/patrimoni_natural/sistemes_dinformacio/inventari_despais_dinteres_geologic/consulta_de_les_fitxes_descriptives_dels_eig/

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

CONTRIBUCIÓN DEL PATRIMONIO HIDROGEOLÓGICO DE ALICANTE AL INVENTARIO ESPAÑOL DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO

CONTRIBUTION OF THE HYDROGEOLOGICAL HERITAGE OF ALICANTE TO THE SPANISH GEOSITES INVENTORY

R. Morales[1], L. Vega[1], J.J. Durán[1], J.A. Domínguez[2] y A. García-Cortés[1]

[1] Instituto Geológico y Minero de España (IGME). C/ Ríos Rosas 23. 28003 Madrid.
r.morales@igme.es, l.vega@igme.es, jj.duran@igme.es, garcia.cortes@igme.es

[2] Instituto Geológico y Minero de España (IGME). C/ Cirilo Amorós, 42. Entlo. 1ª. 46004 Valencia.
ja.dominguez@igme.es

Resumen: La provincia de Alicante cuenta con un rico y variado patrimonio hidrogeológico, representado por numerosos enclaves identificados en estudios y publicaciones previas. No obstante, su evaluación conjunta y homogénea no se abordó hasta el año 2012, cuando el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y el Departamento de Ciclo Hídrico de la Diputación Provincial de Alicante llevan a cabo el proyecto de Patrimonio Hidrogeológico de la provincia de Alicante (IGME-DPA, 2014). En este proyecto, que nace con la finalidad de identificar los lugares hidrogeológicos de mayor interés patrimonial de la provincia, se emprende la valoración de estos elementos hidrogeológicos utilizando una metodología basada en la desarrollada por el Área de Patrimonio Geológico y Minero del IGME para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG). La aplicación de esta metodología a nivel provincial constituye un paso conveniente de cara a facilitar su potencial inclusión futura en el IELIG.

Palabras clave: Alicante, divulgación, Lugares de Interés Hidrogeológico, patrimonio hidrogeológico, valoración.

Abstract: *The province of Alicante has a rich and varied hydrogeological heritage, represented by numerous sites that are identified in studies and previous publications. However, their joint and homogeneous assessment was not addressed until 2012, when the Geological Survey of Spain (IGME) and the Water Cycle Department of the Provincial Council of Alicante carry out the project Hydrogeological Heritage of the province of Alicante (IGME-DPA, 2014). In this project, which was born with the purpose of identifying the hydrogeological places of greater heritage interest of the province, it is undertaken the valuation of these hydrogeological elements using a methodology based on the one developed by IGME applied for the elaboration of the Spanish Inventory of Geosites (IELIG). The application of this methodology at the provincial level is a convenient step in order to facilitate its potential future inclusion in IELIG.*

Key words: *Alicante, divulgation, hydrogeological heritage, Sites of Hydrogeological Interest, valuation.*

INTRODUCCIÓN

El patrimonio geológico está formado por aquellos lugares que presentan una especial relevancia debido, fundamentalmente, a su interés científico, didáctico o turístico. Forma parte del Patrimonio Natural e incluye formas, elementos y estructuras ligadas a cualquier disciplina de la geología. Así, en la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (modificada por la Ley 33/2015, de 21 de septiembre), el patrimonio geológico se define como "el conjunto de recursos geológicos de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar el origen y evolución de la Tierra, los procesos que la han modelado, los climas y paisajes del pasado y presente, y el origen y evolución de la vida".

Los Lugares de Interés Geológico se valoran atendiendo a la importancia de sus contenidos geológicos específicos, por lo que es frecuente que se realicen estudios temáticos, utilizándose entonces términos como patrimonio mineralógico, geomorfológico, paleontológico o hidrogeológico. Este trabajo se centra fundamentalmente en los Lugares de Interés Hidrogeológico (LIHs) que integran, en su conjunto, el patrimonio hidrogeológico de un territorio.

Dado que el objetivo final de un estudio de patrimonio natural es identificar los elementos con mayor valor para promover su conservación y uso sostenibles, es necesario, en primer lugar y siguiendo una metodología específica, identificar y valorar esos elementos y, a continuación, y siempre que su conservación esté garantizada, efectuar una tarea de divulgación efectiva.

La divulgación y puesta en valor de los LIHs es uno de los principales objetivos de los organismos gestores del territorio, ya que se concibe como un recurso capaz de fomentar el desarrollo socioeconómico, principalmente a través de la actividad turística. Este es el motivo por el que el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y el Departamento de Ciclo Hídrico de la Diputación Provincial de Alicante han elaborado conjuntamente el Inventario de Lugares de Interés Hidrogeológico (LIHs) de la provincia de Alicante, adaptando a nivel local la metodología de valoración desarrollada para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG).

METODOLOGÍA

La metodología utilizada para la identificación y valoración de los LIHs de la provincia de Alicante se basa en la desarrollada por el Área de Patrimonio Geológico y Minero del IGME para la elaboración del IELIG (García-Cortés *et al.,* 2014) previsto en la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, que actualiza la existente hasta ahora en este organismo para el Inventario Nacional de Puntos de Interés Geológico. Se trata de una adaptación de esta metodología a nivel provincial y únicamente para identificar y valorar lugares de interés en el ámbito hidrogeológico. La experiencia se ha iniciado en la provincia de Alicante debido a que posee un rico y variado patrimonio geológico y, en concreto, hidrogeológico, caracterizado por la presencia de numerosos enclaves singulares, gran parte de los cuales se encuentran identificados en diversos estudios y publicaciones previas.

En síntesis, la metodología plantea una primera fase de consulta a expertos que, mediante encuestas y sucesivas puestas en común, elaboran un listado preliminar de LIHs. Para evitar que se incluyan lugares por el interés particular de un experto, en una segunda encuesta cada miembro del panel de expertos evalúa todas las propuestas.

Previamente a la elaboración de este listado preliminar, los LIHs a identificar se diferenciaron en distintas tipologías, que responden a un esquema conceptual que pretende reproducir los principales elementos de la fase subterránea del ciclo hidrológico:

– **Zonas de infiltración:** Áreas de recarga preferente en acuíferos; tramos de río perdedor; campos de lapiaces (morfologías exokársticas); dolinas, poljes, y colapsos kársticos (morfologías exokársticas); barrancos kársticos (morfologías exokársticas); y cavidades kársticas: cuevas, simas (avencs) y ríos subterráneos (morfologías endokársticas).
– **Zonas de descarga:** Humedales, zonas encharcadas (albuferas, marjales) y lagunas; tramos de río ganador y surgencias de flujo difuso; nacimiento de ríos y manantiales notables; surgencias y sumideros submarinos; y manantiales de aguas minerales y/o termales.
– **Acuíferos y otros.**

Así, de la puesta en común de los lugares propuestos por los expertos en cada una de las tipologías definidas, se obtuvo como resultado la identificación de 102 LIHs, de los cuales finalmente se seleccionaron 40 LIHs que se considera que conforman el Inventario de LIHs de la provincia de Alicante.

A continuación, se realizó el estudio y descripción de cada uno de los LIH, con la recogida de información y la visita de campo, lo que permitió rellenar las fichas descriptivas diseñadas con el fin de realizar una valoración posterior cuantitativa, de acuerdo con unos parámetros de valor intrínseco ligados a su potencialidad científica, didáctica y turístico-recreativa. De esta forma, a través de su valoración homogénea, se obtuvo la puntuación del interés científico, didáctico, turístico o recreativo y total de cada uno.

La tabla 1, que ordena los LIHs de mayor a menor puntuación según el interés total, proporciona un sistema de medida relativo de la importancia de los 40 LIHs estudiados. También muestra la puntuación obtenida en cada tipo de interés y se resaltan en rosa los de un rango de interés muy alto, en amarillo los de interés alto y en verde los de interés medio.

Siguiendo la metodología, el último paso consiste en evaluar su susceptibilidad a la degradación y, a partir de ésta y de la valoración previa de sus grados de interés, deducir las prioridades de protección.

EL PATRIMONIO HIDROGEOLÓGICO DE ALICANTE EN EL INVENTARIO ESPAÑOL DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO

En el año 2011, el R.D. 1274/2011, que aprueba el Plan Estratégico del Patrimonio Natural y la Geodiversidad, encomienda al IGME elaborar una metodología homogénea para el estudio e inventario del patrimonio geológico en España que, en la actualidad, desarrolla el Área de Patrimonio Geológico y Minero. Esta metodología se aplica a los dominios geológicos de España, que se corresponden con los definidos en el Plan GEODE de cartografía geológica digital continua del IGME, obteniéndose un inventario por dominios geológicos que, junto con los inventarios autonómicos oficiales, integran el IELIG.

En el planteamiento del proyecto de Patrimonio Hidrogeológico en la Alicante (IGME-DPA, 2014) se analizaron las metodologías utilizadas en anteriores inventarios de LIHs, como el realizado en la parte española de la Demarcación Hidrográfica del Guadiana (2010), en Andalucía (2006) o en las islas Baleares (2006), y se decidió adaptar la metodología IELIG, en la versión disponible en ese momento (2009), para la identificación y valoración de los LIHs de Alicante bajo la premisa de que al aplicar esta metodología homogénea los

resultados serían intercomparables para todo el territorio nacional, lo que facilitaría que dichos resultados pudieran ser incluidos en las propuestas de importancia regional, que a su vez formarán parte del IELIG, o incluso de un posible inventario internacional.

Código	Denominación	Interés Científico	Interés Didáctico	Interés Turístico o Recreativo	Interés Total
LIH01	Cueva de las Calaveras	275	275	280	830
LIH02	Marjal de Pego-Oliva	265	305	260	830
LIH03	Cova del Moraig	265	260	210	735
LIH04	Lagunas de La Mata y Torrevieja	170	275	260	705
LIH05	Acuífero Mediodía	200	240	265	705
LIH06	Barranc de l'Infern	220	220	250	690
LIH07	Fonts de l'Algar	210	230	220	660
LIH08	Cueva del Canalobre o de Bussot	185	250	215	650
LIH09	Cova del Rull	160	245	240	645
LIH10	Lenar de Vall d'Ebo	250	195	190	635
LIH11	Curso y badlands del río Monnegre	215	235	165	615
LIH12	Els Frares	280	195	130	605
LIH13	Barranco de La Encantada	145	210	240	595
LIH14	Dolina de La Llacuna y El Clotet	220	195	170	585
LIH15	Laguna de Gayanes	170	195	215	580
LIH16	Racó de Sant Bonaventura-Canalons	115	225	240	580
LIH17	Avencs de Partagat	230	180	155	565
LIH18	Manantiales salinos en rambla Salada	170	220	175	565
LIH19	El Hondo de Elche	145	220	195	560
LIH20	Río Serpis	155	210	190	555
LIH21	Cabezo de la Sal	200	155	180	535
LIH22	Río Gorgos	195	205	130	530
LIH23	Acuífero Beniardá-Polop	140	205	185	530
LIH24	Els Bassars-Clot de Galvany	130	210	170	510
LIH25	Dolinas de Benimantell-Benifató	160	185	150	495
LIH26	El Forat	170	175	140	485
LIH27	Río Girona	145	195	145	485
LIH28	Eoceno de Aitana	190	170	110	470
LIH29	Avenc Ample	155	175	135	465
LIH30	Manantial El Molinar	120	180	165	465
LIH31	Eoceno de Serella	190	170	90	450
LIH32	Morro de Toix	205	140	95	440
LIH33	Manantiales en la cabecera del río Agres	105	175	150	430
LIH34	Manantial de La Bolata	135	135	125	395

Código	Denominación	Interés Científico	Interés Didáctico	Interés Turístico o Recreativo	Interés Total
LIH35	Cova del'Aigua Dolçe	115	140	100	355
LIH36	Desembocadura del río Algar	80	135	120	335
LIH37	Laguna de Salinas	65	115	140	320
LIH38	Lagunas de Rabasa	60	165	90	315
LIH39	El Rodriguillo	85	115	95	295
LIH40	Lagunas de Villena	25	130	140	295

Tabla 1.- Lugares de Interés Hidrogeológico ordenados por su interés total

En la actualidad, se está terminando el IELIG en el dominio geológico del Prebético y Cobertera Tabular de la Meseta. Tras la fase de identificación de LIG, en la que se identificaron 265 LIG, se procede a la descripción y delimitación de los 147 LIG que han sido seleccionados por el comité de expertos. En la tabla 2, que muestra la distribución por provincias del número de LIG en el dominio geológico, se constata que entre los LIG seleccionados, se encuentran algunos de los que integran el Inventario de LIHs de Alicante.

PROVINCIAS	**Fase 1: Selección preliminar e identificación de los LIG**	**Fase 2: Estudio y descripción de los LIG**	**Propuesta LIH Alicante**
Albacete	93	39	
Albacete-Almería	1	0	
Albacete-Ciudad Real	1	1	
Albacete-Jaén	1	1	
Albacete-Murcia	1	0	
Albacete-Valencia	3	2	
Alicante	65	45	12
Alicante-Valencia	1	1	1
Almería	1	0	
Ciudad Real	1	1	
Granada	12	2	
Jaén	43	23	
Jaén-Albacete	2	1	
Murcia	27	20	
Murcia-Albacete	1	1	
Valencia	12	10	
TOTAL	**265**	**147**	**13**

Tabla 2. Distribución y número de LIG en el dominio geológico Prebético y Cobertera Tabular de la Meseta

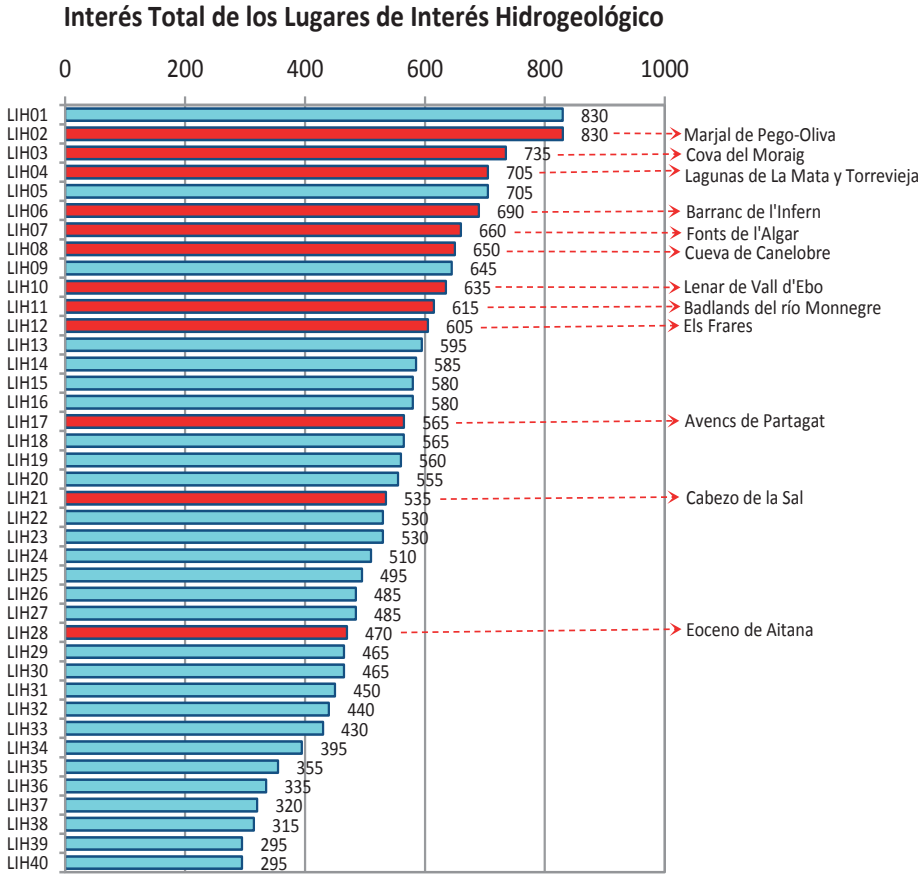


Figura 1. Valoración de los LIHs de Alicante. Las barras en rojo destacan los incluidos en el IELIG.

De los 40 LIHs provinciales de Alicante, se encuentran incluidos en la propuesta regional 13 de ellos (Marjal Oliva-Pego; Lenar de Vall d'Ebo, Barranc de l'Infern, Cova y manantial del Moraig, Megalapiaz de Els Frares, Nacimiento del río Algar, Avencs de Partagat, Eoceno de Aitana, Cueva de Canelobre, Curso y badlands del río Monnegre, Cabezo de la Sal, Laguna de La Mata y Salinas de Torrevieja) como se puede ver en la figura 1, en la que se ha representado el interés total de estos 40 LIH y se ha destacado en color rojo los incluidos en el IELIG dominio Prebético y Cobertera Tabular de la Meseta.

Cabe aclarar que algunos de los LIHs alicantinos presentan también un elevado interés por su contenido geomorfológico (Barranc de l'Infern, Curso y badlands del río Monnegre), tectónico (Cabezo de la Sal) o estratigráfico (Eoceno de Aitana), por lo que al trascender a nivel nacional, su interés principal pueda pasar a ser otro, quedando el hidrogeológico como secundario. Esta situación únicamente refleja en este caso que el estudio original provincial se ha centrado en identificar y valorar los lugares de interés dentro del ámbito estrictamente hidrogeológico, con objeto de estudiar, ilustrar e interpretar el ciclo del agua subterránea.

CONCLUSIONES

El estudio de los LIHs es relativamente reciente en España y por sus peculiares características todavía no se ha establecido una metodología de valoración específica por lo que la aplicación de la metodología IELIG en el ámbito hidrogeológico puede considerarse una experiencia pionera en este campo, posiblemente extrapolable a futuros proyectos de valoración del patrimonio natural a nivel regional.

La utilización de la metodología IELIG en la valoración de los LIHs de Alicante no sólo ayuda en la homogenización de los valores a nivel local, sino que, como se ha comprobado en este caso, su aplicación puede facilitar su inclusión en inventarios de escala nacional o internacional, por lo que constituye una herramienta potencial de desarrollo socioeconómico para las entidades locales.

Además, ésta metodología proporciona un sistema de medida relativo de la importancia de los LIHs que puede servir para facilitar la toma de decisiones para la gestión por parte de las autoridades locales, estableciendo prioridades de actuación de uso o de conservación en la región considerada.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al personal del Departamento de Ciclo Hídrico de la Diputación Provincial de Alicante, al personal del Área de Patrimonio Geológico y Minero y al resto del equipo del IGME, su participación y seguimiento del proyecto Patrimonio Hidrogeológico en la provincia de Alicante, realizado en convenio de colaboración por ambos organismos. Así como a D. Francisco Guillén Modéjar por la minuciosa revisión de esta comunicación.

REFERENCIAS

García-Cortés, Á., Carcavilla Urquí, L., Díaz-Martínez, E. y Vegas Salamanca, J. 2014. *Documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG).* 64 pp. (versión original de 2009) http://www.igme.es/patrimonio/descargas.htm

IGME-DPA. 2014. *Patrimonio Hidrogeológico en la provincia de Alicante*. Informe inédito, Madrid, 399 pp +38 pp (anexos), Centro de Documentación del IGME.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

APROXIMACION AL INVENTARIO DE YACIMIENTOS DEL CUATERNARIO EN EL LITORAL DE MENORCA *(ILLES BALEARS)*

APPROXIMATION TO THE INVENTORY OF QUATERNARY PALEONTOLOGICAL SITES IN THE MENORCA COAST (ILLES BALEARS)

Guillem X. Pons[1,2,3], Damià Vicens[1, 2] y Miquel Mir-Gual[1]

[1] Departament de Geografia, Universitat de les Illes Balears. Carretera de Valldemossa km 7,5. 07122 Palma de Mallorca.
Grup de recerca BIOGEOMED. guillemx.pons@uib.es

[2] Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). Margarida Xirgu, 16, baixos. 07011. Palma de Mallorca

[3] Institut Menorquí d'Estudis (IME) Camí des Castell, 28 07702 Maó (Menorca)

Resumen: A partir de la bibliografía consultada y datos inéditos se ha realizado un inventario sobre los yacimientos litorales del Cuaternario de la isla de Menorca que contienen restos paleontológicos. Como resultado de este análisis la isla de Menorca cuenta con 4 yacimientos litorales del Pleistoceno inferior y 34 del Pleistoceno superior. Muchos de estos yacimientos podrían ser declarados Lugares de Interés Geológico (LIG).

Palabras clave: Menorca, Pleistoceno inferior, Pleistoceno medio, Pleistoceno superior, yacimientos.

Abstract: *From the bibliography consulted and unpublished data is presented an inventory on the coastal Quaternary deposits of the Menorca island that contain paleontological remains. As a result of this analysis the island of Minorca has 4 coastal deposits of the lower Pleistocene and 34 of the upper Pleistocene. Many of these sites could be declared Sites of Geological Interest (LIG).*

Key words: *Lower Pleistocene, Middle Pleistocene, Minorca, Paleontological sites, Upper Pleistocene.*

ANTECEDENTES

Inventario de los yacimientos Cuaternarios de Menorca

Mercadal (1966) considera que el precursor del estudio del Cuaternario fue Joan Pons Soler (1826-1906) por el hecho de tener en su colección particular un fragmento de playa perteneciente al un nivel a +4 metros (Tirreniense II) con varias especies marinas, la más abundante *Cardium edule* (seguramente *Cerastoderma glaucum*) de Cala Galdana. Pero es Nolan (1933) quien publica por primera vez la presencia de niveles cuaternarios con fósiles de moluscos marinos. Más de cinco lustros han de pasar para que Mercadal (1959) y Muntaner (1959), autores pioneros del estudio del Cuaternario de Menorca, publican sus artículos en el

Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears y en la *Revista de Menorca*, y analizan los yacimientos del litoral desde una perspectiva moderna y actualizada, para la época, en esta

ocasión sobre yacimientos del sur de la isla. Un año después, Mercadal (1960) realiza un artículo sobre la costa Norte, no habiendo hallado playas del Pleistoceno.

El primer inventario es el que efectúa Solé Sabarís (1962) que sitúa sobre un mapa de Menorca los yacimientos del Pleistoceno marino y realiza 9 cortes estratigráficos. Sintetiza el conocimiento que se tiene del Cuaternario hasta la fecha, comentando que las formaciones cuaternarias marinas en Menorca son escasas y tienen poca extensión, al contrario de lo que sucede en las islas de Mallorca e Ibiza.

Mercadal (1962a) describe algunos yacimientos del municipio de Sant Lluís. Mercadal (1962b) en la búsqueda infructuosa en Menorca de *Persististrombus latus* (Gmelin, 1791)(= *Strombus bubonius*, Lamarck, 1822) cita tres yacimientos con terrazas tirrenienses (Cala en Porter, Son Bou y Cales Coves, todas ellas en Alaior i Cala Trebalúger).

En el año 1962 Gasull encontró, en dos localidades muy próximas entre sí (Cala Mesquida y Cap Negre, Maó), debajo de una duna de edad würmiense, en unos limos amarillos situados a unos 50 m sobre el nivel del mar, una nueva especie de gasterópodo terrestre, endémica de Menorca, que describió al año siguiente (Gasull, 1963) como *Xeroplexa cuerdai* (actualmente *Xerocrassa cuerdai):*

Mercadal (1966) aporta nuevas localidades del Cuaternario de Menorca, recorriendo todo el sur de Menorca.

Cuerda *et al*. (1966) revisaron los yacimientos estudiados por los autores anteriores y comentan que no hay aportaciones significativas, sin embargo estudiaron un yacimiento muy interesante a unos 500 m al Oeste de cala Galdana.

Mercadal *et al.* (1970) efectúan una síntesis sobre las eolianitas del Cuaternario y los moluscos terrestres fósiles hallados en ellas. Poco después, Mercadal *et al*. (1972) describen los niveles marinos y continentales de la *Illa de l'Aire*.

En su obra sobre el Cuaternario de las Islas Baleares, Cuerda (1975) realiza un análisis del estado de la cuestión sobre el Cuaternario de Menorca. Este autor considera que Menorca es relativamente rica en yacimientos del Pleistoceno superior, sin embargo son pobres en cuanto contenido faunístico y con pocos ejemplares de las denominadas "especies senegalesas", si los comparamos con los de Mallorca. Localiza los siguientes yacimientos cuaternarios; uno del Pleistoceno inferior y 17 del Pleistoceno superior.

Obrador y Mercadal (1981), dentro de una obra general sobre la geología de Menorca, recopilan los yacimientos cuaternarios marinos de la isla y realizan un listado de su fauna terrestre.

Cuerda (1987) en su catálogo de moluscos marinos del Pleistoceno balear, sitúa en un mapa 17 yacimientos marinos del Pleistoceno superior en Menorca.

Quintana (1995) indica nuevas localidades de dunas wurmianas con la presencia del endemismo exclusivo de Menorca de *Xerocrassa cuerdai*.

Quintana (1998) realiza un inventario de los yacimientos de vertebrados del Mio-Pleistoceno. Atendiendo lo que dice Sondaar *et al*. (1995), es muy probable que la mayoría de estos yacimientos sean de origen kárstico.

DISCUSIÓN

Hasta el momento no existía un inventario actualizado de los yacimientos litorales del Cuaternario de Menorca. Este inventario es pues, una primera aproximación (Tabla 1, Figura 1).

	Yacimiento	Municipio	Edad	Fauna	Referencia
1	Llatzaret	Maó	Pleist. Sup.	T	Obrador y Mercadal (1969)
2	Es Cap Negre	Maó	Pleist. sup.	T	Gasull (1963)
3	Sa Mesquida	Maó	Pleist. sup.	T	Gasull (1963)
4	Es Grao	Maó	Pleist. sup.	T	Mercadal (1960)
5	Cala Presili	Maó	Pleist. sup.	T	Datos inéditos
6	Cami de Favàritx	Maó	Pleist. sup.	T	Datos inéditos
7	Es Bec Vermell	Maó	Pleist. sup.	T	Datos inéditos
8	Na Macaret	Es Mercadal	Pleist. sup.	T	Quintana (1995)
9	Mola de Fornells	Es Mercadal	Plioc-Pleist. inf.	T	Bourrouilh y Magné (1963)
10	Fornells	Es Mercadal	Pleist. sup.	T	Mercadal (1960)
11	Es Guix	Es Mercadal	Pleist. sup.	T	Cuerda (1975)
12	Cap de Cavalleria	Es Mercadal	Plioc-Pleist. inf.	T	Mercadal et al., (1970)
13	Binimel·là	Es Mercadal	Pleist. sup.	T	Quintana (1995)
14	Cala Pregonda	Es Mercadal	Pleist. sup.	M	Cuerda (1975)
15	El Pilar	Ciutadella	Pleist. sup	T	Quintana (1995)
16	Punta des Vernís	Ciutadella	Pleist. sup.	T	Quintana (2006)
17	Es Tancant (Alagaiarens)	Ciutadella	Pleist. sup	T	Quintana (1995)
18	Cala Algaiarens	Ciutadella	Pleist. sup.	M	Cuerda (1975)
19	Punta de na Gallamina	Ciutadella	Plioc-Pleist. inf.	T	Mercadal et al., (1970)
20	Cova zona Punta Nati	Ciutadella	Pleist. sup	T	Quintana (1995)
21	Cala en Blanes	Ciutadella	Pleist. sup.	T, M	Mercadal (1966)
22	Caleta d'en Gorrias	Ciutadella	Pleist. sup.	T, M	Mercadal (1966)
23	Cala Macarella ♣	Ciutadella	Pleist. sup	M	Cuerda et al. (1966)
24	Cala Santa Galdana	Ferreries	Pleist. sup	T, M	Mercadal (1959)
25	Cala Trebalúger	Es Migjorn Gran	Pleist. sup.	M	Mercadal (1959; 1962b)
26	Platja de Binigaus	Es Migjorn Gran	Pleist. sup.	T	Mercadal (1966)
27	Son Bou	Alaior	Pleist. sup.	T, M	Muntaner (1959); Mercadal (1962b)
28	Cala de Llucalari	Alaior	Pleist. sup.	T	Mercadal (1959)
29	Cala en Porter	Alaior	Pleist. sup.	M	Mercadal (1959; 1962b)
30	Cova de sa Duna	Alaior	Pleist. sup.	T	Quintana y Arnau (2004)
31	Cales Coves	Alaior	Pleist. sup.	T, M	Mercadal (1959, 1962b; 1966)
32	Cova de ses Atxes ♥	Sant Lluís	Pleist. sup.	T, M	Mercadal (1959; 1966)
33	Cala Binisafúller	Sant Lluís	Pleist. sup.	T	Mercadal (1959, 1962a))
34	Biniancolla	Sant Lluís	Pleist. sup.	T	Mercadal (1959; 1962a)
35	Cova des Pont	Sant Lluís	Pleist. sup.	M	Mercadal y Petrus (1980)
36	Illa de l'Aire	Sant Lluís	Pleist. sup.	M	Mercadal et al., (1972)
37	Illa de l'Aire	Sant Lluís	Plioc-Pleist. inf.	T	Mercadal et al., (1970)
38	Cala Rafalet	Es Castell	Pleist. sup.	M	Mercadal (1959; 1962a)

Tabla 1. Yacimientos litorales del Plio-Cuaternario de la isla de Menorca. El registro fósil puede ser de origen continental (T) y de origen marino (M). Las referencias bibliográficas no son exhaustivas. ♣: Se trata de un yacimiento situado entre Cala Santa Galdana y Cala Macarella. ♥: Esta cueva está situada en Es Canutells. No se han tenido en cuenta los yacimientos de origen kárstico.

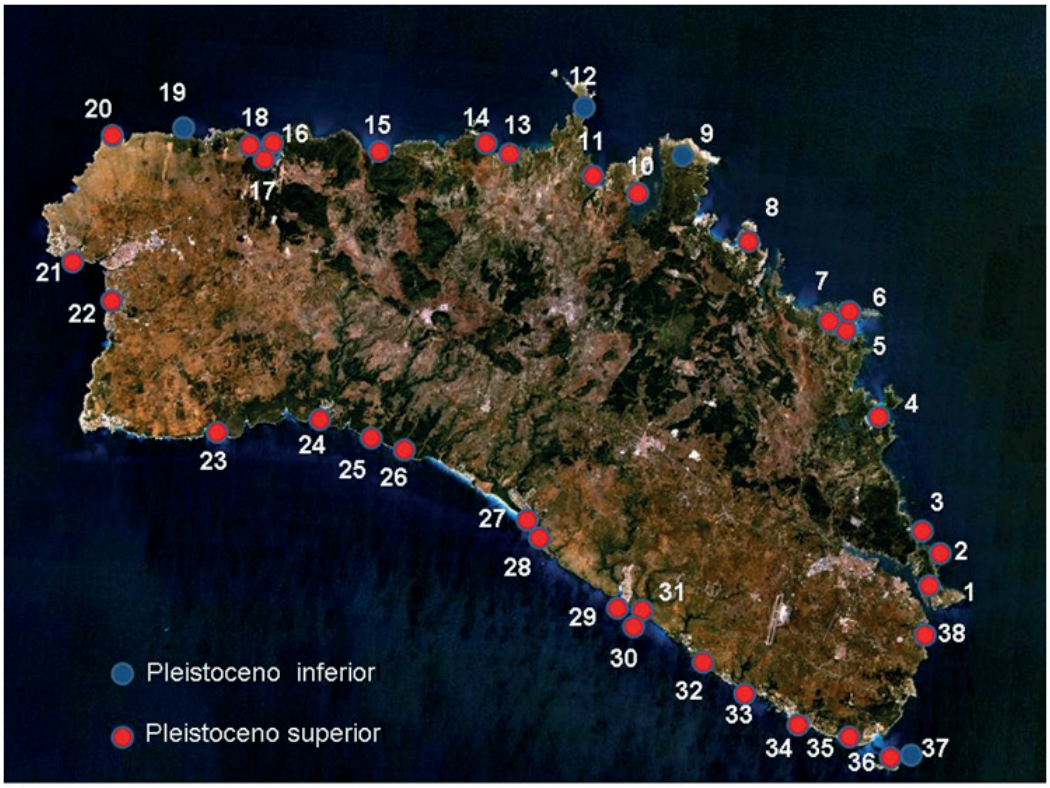


Figura 1. Mapa de yacimientos litorales del Plio-Cuaternario de Menorca.

Referente al registro paleontológico de los yacimientos, son modestos, hecho comentado anteriormente por Cuerda (1975). Los yacimientos con fósiles marinos del Cuaternario no son abundantes, sino al contrario son más bien escasos, incluso en el S de la isla, en donde por la topografía sería más fácil hallarlos. La cifra de ellos probablemente se podría incrementar explorando más a fondo el litoral y buscando yacimientos pequeños.

La ausencia de fósiles biocronoestratigráficos tan abundantes en Mallorca como por ejemplo *Strombus bubonius*, no citado en Menorca (Mercadal, 1962b).

Según Obrador y Mercadal (1981) las dunas y playas fósiles de Menorca distinguen cuatro niveles en función de su edad y dureza: a) Cavalleria, cap de Fonells y Sivinar de Montgofre, que son las más antiguas y duras; b) las de la Illa de l'Aire; c) el complejo de dunas del Tirreniense están distribuidas en pequeñas manchas en todo el litoral de Menorca, y d) las arenas actuales o casi actuales Würmienses, fijadas en parte por vegetación detrás de las playas actuales como se puede observar en Binimel·là, Tirant, Pregonda, etc.

La presencia de un endemismo terrestre exclusivo de Menorca en dunas casi actuales Würmienses, *Xerocrassa cuerdai* (Figura 2)

A estas unidades también se han de incorporar los mantos eólicos descritos recientemente en Menorca (Pons *et al.,* 2012). En algunos de estos mantos han aparecido moluscos terrestres. En el manto de Favàritx y de Marina de s'Arena (Bec Vermell) se ha observado *Xerocrassa cuerdai*.

En los primeros tipos de dunas descritos por Obrador y Mercadal (1981) se indica la presencia de distintos endemismos de fauna malacológica terrestre como: *Oxychilus lentiformis, Xerocrassa nyeli* y *Iberellus minoricensis*. En las segundas, en las de la Illa de l'Aire también recogen fauna malacológica terrestre, además de posibles coprolitos de *Myotragus balearicus*. En las más modernas a parte de las arenas actuales o casi actuales, cerca de la línea de costa, se caracterizan por la presencia de otro endemismo malacológico terrestres *Chondrula gymnesica*, que desaparece con la bajada de temperaturas en la última glaciación.
Por su singularidad faunística o por motivos geomorfológicos, algunos de estos yacimientos merecerían la inclusión como Lugares de Interés geológico (LIG).



Figura 2. *Xerocrassa cuerdai*, endemismo terrestre exclusivo de yacimientos cuaternarios del norte de Menorca (especímenes de na Macaret). Fotografía Josep Quintana.

CONCLUSIONES

Se presenta un inventario de los yacimientos del Cuaternario de la isla de Menorca, en el cual hay 34 yacimientos del Pleistoceno superior y 4 yacimientos del Pleistoceno inferior.

Este inventario pretende ser un punto de partida y de trabajo, para ir incrementando y conociendo mejor los yacimientos litorales del Cuaternario menorquín.

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Josep Quintana la cesión de la fotografía de *Xerocrassa cuerdai*. Sea este un sincero agradecimiento a personajes como Benet Mercadal que gracias al fruto de la pasión por la geología, en tiempos muy difíciles, nos dejaron unos excelentes conocimientos sobre el cuaternario de Menorca.

REFERENCIAS

Bourrouilh, M. R. y Magné. 1963. À propos de dépôts du Pliocène supérieur et du Quaternaire sur la côte Nord de l'ile de Minorque (Baléares). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 5: 298-302.

Cuerda, J. 1975. *Los tiempos Cuaternarios en Baleares*. Institut d'Estudis Baleàrics. Palma, 304 pp.

Cuerda, J. 1987. *Moluscos marinos y Salobres del Pleistoceno balear.* Caja de Baleares " Sa Nostra ". Palma, 420 pp.

Cuerda, J., Sacarès, J. y Mercadal, B. 1966. Nuevos yacimientos marinos del Pleistoceno superior de Cala Santa Galdana (Menorca). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears,* 12: 101-105.

Gasull, L. 1963. Descripción de unas nuevas formas del género Helicella (Xeroplexa) de las Baleares. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears,* 9: 83-92.

Mercadal, B. 1959. Noticias sobre la existencia de restos de terrazas del tirreniense en la costa Sur de Menorca. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears,* 5: 39-44.

Mercadal, B. 1960. El tirreniense de la costa Norte de Menorca. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears,* 6: 73-74.

Mercadal, B. 1962a. Nota geológica y geográfica de San Luis. *Revista de Menorca*, 51-63.

Mercadal, B. 1962b. El *Strombus bubonius* y los restos de terrazas tyrrenienses de Menorca. *Revista de Menorca*, 412-419.

Mercadal, B. 1966. Nuevas aportaciones al conocimiento del Cuaternario de Menorca. *Revista de Menorca*, 148-161.

Mercadal, B. y Pretus L. 1980. Nuevo yacimiento de *Testudo gymnesicus* Bate, 1914 en la isla de Menorca. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears,* 24: 15-21.

Mercadal, B.; Obrador, A. i Rosell, J. 1972. Fauna malacológica del Cuaternario marino de la isla del Aire (Menorca). *Acta Geológica Hispánica*, 6: 178-179.

Mercadal, B., Villalta, F., Obrador, A. y Rosell, J. 1970. Nueva aportación al conocimiento del Cuaternario menorquín. *Acta Geológica Hispánica,* 5(4): 89-93, Barcelona.

Muntaner, A. 1959. Nota preliminar sobre las formaciones tirrenienses de la Isla de Menorca. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 5: 33-39.

Nolan, H. 1933. Notas sobre diversos puntos de la geología menorquina para dilucidar y comprobar. *Revista de Menorca*, 28: 152-159.

Obrador, A. y Mercadal, B. 1969. Sobre la presencia de depósitos cuaternarios continentales en el puerto de Mahón. *Revista de Menorca*, 171-173.

Obrador, A. y Mercadal, B. 1981. *Geomorfologia.* En: Enciclopèdia de Menorca. Obra Cultural Balear de Menorca. Tomo I. 265-320.

Pons, G. X., Martín-Prieto, J. A., Roig-Munar, F. X., Fraga, P., Rodríguez-Perea, A., Gelabert, B. y Mir-Gual, M. 2012. Mantos eólicos de Menorca (Islas Baleares). En: *Avances de la geomorfología en España 2010-2012*. XII Reunión Nacional de Geomorfología (Santander) editores, A.González Díez... [*et al.*]. 367-370.

Quintana, J. 1995. Nuevas localidades con *Xeroplexa cuerdai* (Gasull, 1963) (Gastropoda: Pulmonata) *Revista de Menorca,* 27-39.

Quintana, J. 1998. Aproximación a los yacimientos de vertebrados del Mio-Pleistoceno de la isla de Menorca. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears,* 41: 101-197.

Quintana, J. 2006. Reconsideració taxonòmica de *Chondrula (Mastus)* fósil de Mallorca i Menorca (Gastropoda: Pulmonada: Enidae). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 49: 21-38.

Quintana, J. y Arnau, P. 2004. Descripció dels rastres i les petjades d'*Hypnomys* Bate, 1918 (Mammalia: Gliridae) de la cova de sa Duna (Alaior, Menorca). *Endins,* 26: 7-14.

Solé Sabaris, L. 1962. Le Quaternaire marin des Baleares et ses rapports avec les côtes mediterranéenes de la Peninsule Iberique. *Quaternaria*, 6: 309-342.

Sondaar, P.Y.; McMinn, M.; Seguí, B. y Alcover, J.A. 1995. Interès paleontològic dels jaciments càrstics de les Gimnèsies i les Pitiüses. *Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 3. *Endins*, 20: 155-170.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

YACIMIENTOS PALEONTOLÓGICOS DEL CUATERNARIO EN EL LITORAL DE LAS ISLAS PITIUSAS: APROXIMACIÓN AL INVENTARIO DE LAS ISLAS DE *EIVISSA* Y *FORMENTERA*

QUATERNARY PALEONTOLOGICAL SITE ON THE COAST OF THE PITYUSIC ISLANDS: APPROXIMATION TO THE INVENTORY OF THE ISLANDS OF EIVISSA AND FORMENTERA

Guillem X. Pons [1,2], Laura del Valle [2], Damià Vicens [1,2] y Miquel Mir-Gual[1,2]

[1] Departament de Geografia, Universitat de les Illes Balears. Carretera de Valldemossa km 7,5. 07122 Palma de Mallorca.
Grup de recerca BIOGEOMED. guillemx.pons@uib.es

[2] Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). Margarida Xirgu, 16, baixos. 07011. Palma de Mallorca

Resumen: Se ha realizado un inventario, a partir de la bibliografía existente y de la tesis doctoral de Laura del Valle, sobre los yacimientos litorales del Cuaternario de las islas Pitiusas. La isla de *Eivissa* posee citados 28 yacimientos, y la isla de *Formentera* 12. Las Islas Pitiusas (*Eivissa, Formentera*, e islotes adyacentes) difieren del contenido faunístico continental pleistoceno de las Gimnésicas (Mallorca, Menorca, Cabrera, e islotes adyacentes), no así el del Pleistoceno marino, sin embargo cada isla presenta peculiaridades en cuanto a la presencia de yacimientos cuaternarios.

Palabras clave: *Eivissa*, *Formentera*, Pleistoceno, Yacimientos paleontológicos.

Abstract: *An inventory was made based on the bibliography and de PhD of Laura del Valle, on the littoral deposits of the Quaternary of the Pityusic Islands. The island of Eivissa has 28 sites, and the island of Formentera 12. The Pityusic Islands (Eivissa, Formentera, and adjacent islets) differ from the continental Pleistocene fauna content on the Gymnesic Islands (Mallorca, Menorca, Cabrera, and adjacent islets), not thus the one of the Pleistocene marine, nevertheless each island presents peculiarities as far as the presence of Quaternary deposits.*

Key words: *Formentera, Ibiza, Paleontological site, Pleistocene.*

INTRODUCCIÓN

Las Islas Pitiusas (*Eivissa, Formentera*, e islotes adyacentes) difieren del contenido faunístico continental pleistoceno de las Gimnésicas (Mallorca, Menorca, Cabrera, e islotes adyacentes), no así el del Pleistoceno marino, sin embargo cada isla presenta peculiaridades en cuanto a la presencia de yacimientos cuaternarios (Cuerda, 1975), incluso cada isla ha sido estudiada en diferentes fechas y por diferentes autores, siendo el autor común en el estudio del Cuaternario de todas las islas, el cuaternarista Joan Cuerda.

Las Pitiusas son las islas que se localizan en la zona más sud-occidental del archipiélago Balear, al mismo tiempo, son las que se encuentran más cercanas a la Península Ibérica (Servera, 1999).

Haciendo historia, en el siglo XIX, Thos (1876), Vidal y Molina (1888) y Nolan (1895) son los autores que aportan las primeras referencias del Cuaternario pitiuso. Ya en el siglo XX, diversos autores hacen comentarios al respecto, sin embargo quienes aportan más al conocimiento del Pleistoceno en el litoral son Solé-Sabarís (1962) y Butzer y Cuerda (1962). Años después, es el trabajo de Cuerda (1975) quien sintetiza sobre los conocimientos adquiridos del Cuaternario de las Pitiusas, y posteriormente en un monográfico sobre la historia natural de las islas, actualiza los conocimientos (Cuerda, 1984). Rangheard (1984), en la misma monografía, sintetiza los conocimientos geológicos de ambas islas, situando los depósitos del Cuaternario sobre mapas. Dicha síntesis proviene de su tesis, publicada años antes por el IGME (Rangheard, 1971).

Estudios que complementan los anteriores son los realizados a partir de yacimientos kársticos por diferentes autores (ver Sondaar *et al*., 1995; Vicens y Pons, 2011).

Recientemente, una tesis doctoral pone de manifiesto la importancia de los depósitos del Pleistoceno en la isla de *Eivissa* (Del Valle, 2016).

INVENTARIO DE LOS YACIMIENTOS

Antecedentes

El primer inventario es el que efectúa Solé Sabarís (1962) que sitúa sobre un mapa de *Eivissa* los yacimientos litorales del Pleistoceno superior más significativos.

Cuerda (1975) localiza los yacimientos cuaternarios de *Eivissa* y *Formentera* del Pleistoceno superior. Cuerda (1987) en su catálogo de moluscos del Pleistoceno balear, sitúa en un mapa 8 yacimientos del Pleistoceno superior en *Eivissa*, 2 en *S'Espalmador* y 6 en *Formentera*.

Gasull (1964) también cita numerosas localidades con moluscos fósiles del Pleistoceno de *Eivissa*.

Vicens *et al*. (1992) sitúan en un mapa de *Formentera* los yacimientos del Pleistoceno superior conocidos hasta la fecha. Abad *et al*. (1998) recogen en un artículo todos los trabajos geológicos sobre *Formentera*, citando todos los yacimientos del Cuaternario estudiados.

Aproximación al inventario de *Eivissa* y de *Formentera*

Se ha realizado un inventario de los yacimientos litorales del Cuaternario a partir de la bibliografía existente (Figura 1). En este inventario no se han tenido en cuenta los yacimientos de origen kárstico. Se puede consultar en la tabla 1 los yacimientos de *Eivissa*, y en la tabla 2 los yacimientos de *Formentera*. El inventario de *Eivissa* está simplificado, ya que en muchos de los yacimientos obtenidos a partir de Del Valle (2016) se podrían desglosar en dos o más yacimientos, sin embargo hemos optado en el presente comunicado por asimilar yacimientos muy cercanos en uno solo.

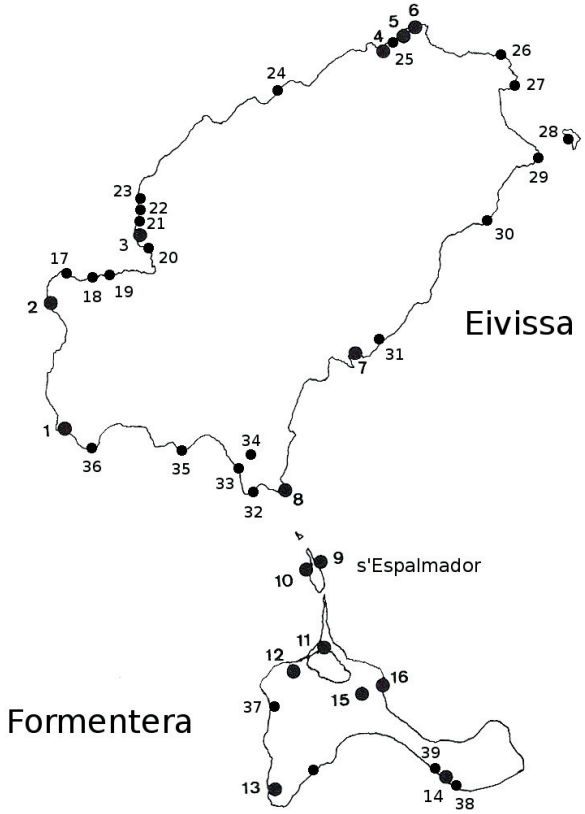


Figura 1. Situación de los yacimientos del Pleistoceno de las Islas Pitiusas. Del número 1 al número 16 son los yacimientos que situa Cuerda (1984). 1- Cap Jueu. 2- Punta de s'Embarcador. 3- Cala Gració. 4- Cala Xarraca. 5- Cala Portinatx. 6- Punta Galera. 7- Platja de Talamanca. 8- Punta Portas. 9- Cala Bocs. 10- Punta de Castaví. 11- Ses Salines. 12- Cala Sabina. 13- Cap de Barbaria. 14- Caló des Mort. 15- Sant Ferran. 16- Cala en Baster. 17- Cala Bassa. 18- Punta de sa Pedrera. 19- Punta d'en Xinxó. 20- Coves Blanques. 21- Cap Negret. 22- Punta de sa Galera. 23- Cala Salada. 24- Port de Balansat. 25- Cala Xuclar. 26- S'Aigia Dolça. 27- Punta Grossa. 28- Tagomago. 29- Cap Roig. 30- Punta Arabí. 31- S'Estanyol. 32- Cap Falcó. 33- Es Codolar. 34- Sa Canal. 35- Punta des Jondal. 36- Cap Llentrica. 37- Pujol des Fum. 38- Es Ram. 39- Es Copinyar. 40- Torrent Fondo.

DISCUSIÓN

Las Pitiusas no han tenido investigadores locales del Cuaternario, como ha tenido la isla de Mallorca, en concreto Joan Cuerda y Andreu Muntaner, y la isla de Menorca, Benet Mercadal. Es por ello que el estudio del Cuaternario de las Pitiusas ha ido con un cierto retraso respecto las otras, sin embargo se tiene un buen conocimiento de los yacimientos pleistocenos litorales de *Formentera*, y la isla de *Eivissa*, que estaba no muy estudiada, se ha visto muy documentada con la reciente tesis de Del Valle (2016).

Estos inventarios son un punto de partida para poder trabajar en la gestión y mejor conocimiento de los yacimientos del Cuaternario de las Pitiusas.

La tesis de Del Valle (2016) da un salto cualitativo y cuantitativo en la interpretación de cortes estratigráficos, facies y dataciones de eolianitas de Eivissa.

Los yacimientos de Eivissa y Formentera son, en general, de menor entidad y con menor número de especies registradas. Muchos de los yacimientos en los que aparecen fauna terrestre se corresponden con eolianitas. En Formentera destacan los yacimientos des Copinar y es Ram (Gàsser, 1998; 2002), en el segundo con la presencia de especies bioindicadoras termófilas o senegalenses.

Yacimiento	Municipio	Edad	Fauna	Referencia
Cap Jueu	Sant Josep	Pleist. sup.	M	Cuerda (1984)
Puntade s' Embarcador	Sant Josep	Pleist. sup.	T, M	Cuerda (1984)
Cala Gració	Sant Antoni	Pleist. sup.	M	Solé Sabarís (1962)
Cala Xarraca	Sant Joan	Pleist. sup.	M	Cuerda (1984)
Portinatx	Sant joan	Pleist. sup.	M	Solé Sabarís (1962)
Punta Galera	Sant Joan	Pleist. sup.	M	Cuerda (1984)
Platja de Talamanca	Eivissa	Pleist. sup.	M	Solé Sabarís (1962)
Punta Portas	Sant Josep	Pleist. sup.	T, M	Gasull (1964),Cuerda (1984)
Cap Falcó	Sant Josep	Cuaternario		Del Valle (2016)
Sa Canal	Sant Josep	Pleist. sup.	T	Gasull (1964)
Es Codolar	Sant Josep	Cuaternario	T	Del Valle (1964)
Punta des Jondal	Sant Josep	Pleist. sup.	T	Gasull (1964)
Cap Llentrisca	Sant Josep	Pleist. sup.	T	Gasull (1964)
Cala Bassa	Sant Josep	Cuaternario	T, M	Del Valle (2016)
Punta de sa Pedrera	Sant Josep	Cuaternario	T	Del Valle (2016)
Punta d'en Xinxó	Sant Josep	Pleist. sup.	T	Gasull (1964)
Coves Blanques	Sant Antoni	Pleist. sup.	T	Gasull (1964)
Cap Negret	Sant Antoni	Cuaternario	T	Del Valle (2016)
Punta de sa Galera	Sant Antoni	Cuaternario	T	Del Valle (2016)
Cala Salada	Sant Antoni	Pleist. inf.	T	Paul (1982)
Port de Balansat	Sant Joan	Pleist. sup.	T	Gasull (1964)
Cap Roig	Santa Eulàlia	Pleist. sup.	T	Gasull (1964)
Cala Xuclar	Sant Joan	Cuaternario	T	Del Valle (2016)
S'Aigua Dolça	Sant Joan	Cuaternario	T	Del Valle (2016)
Punta Grossa	Sant Joan	Pleist. sup.	T	Gasull (1964)
Tagomago	Santa Eulàlia	Pleist. sup.	T	Gasull (1964)
Punta Arabí	Santa Eulàlia	Pleist. sup.	T	Gasull (1964)
S'Estanyol	Santa Eulàlia	Cuaternario	T	Del Valle (2016)

Tabla 1. Yacimientos litorales del Cuaternario de la isla de *Eivissa*. El registro fósil puede ser de origen continental (T) y de origen marino (M). Las referencias bibliográficas no son exhaustivas. No se han tenido en cuenta los yacimientos de origen kárstico.

Yacimiento	Municipio	Edat	Fauna	Referencia
Cala des Bocs ♣	Forrmentera	Pleist. sup.	M	Cuerda (1984)
Punta de Castaví ♣	Formentera	Pleist. sup.	M	Cuerda (1984)
Ses Salines	Formentera	Pleist. sup.	M	Cuerda (1984)
Cala Sabina	Formentera	Pleist. sup.	M	Cuerda (1984)
Cap de Barbaria	Formentera	Pleist. inf.	M	Cuerda (1984)
Caló des Mort	Formentera	Pleist. sup.	M	Cuerda (1984)
Sant Ferran	Formentera	Pleist. inf.	M	Cuerda (1984)
Cala en Baster	Formentera	Pleist. sup.	M	Cuerda (1984)
Es Copinyar	Formentera	Pleist. sup.	M	Gàsser (1998)
Es Ram	Formentera	Pleist. sup.	M	Gàsser (2002)
Pujol des Fum	Formentera	Pleist. medio	T	Filella *et al*., (1999)
Torrent Fondo	Formentera	Pleist. Sup	M	Vicens *et al*., (1992)

Tabla 2. Yacimientos litorales del Cuaternario de la isla de *Formentera*. El registro fósil puede ser de origen continental (T) y de origen marino (M). Las referencias bibliográficas no son exhaustivas. ♣: Situados en la Isla de *S'Espalmador*.

REFERENCIAS

Abad, A., Ferrer, J. A. y Gàsser, Z. 1998. Sobre alguns trets geològics de Formentera. *Institut d'Estudis Eivissencs*, 32: 40-50.

Butzer, K.W. y Cuerda, J. 1962. Nuevos yacimientos marinos cuaternarios de las Baleares. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 67: 25-70.

Cuerda, J. 1975. *Los tiempos Cuaternarios en Baleares*. Institut d'Estudis Baleàrics. Palma, 304 pp.

Cuerda, J. 1984. A contribution to the Knowletge of Pleistocene coastal Profils in te Pityusic Islands. *En*: Kuhbier, H., Alcover, J. A., y Guerau d'Arellano, C. (eds). *Biogeography and Ecology of the Pityusic Islands.* Monographiae Biologicae, 52: 105-118. La Hague.

Cuerda, J. 1987. *Moluscos marinos y Salobres del Pleistoceno balear.* Caja de Baleares " Sa Nostra ". Palma, 420 pp.

Del Valle, L. 2016. *El Registre Sedimentari Eòlic del Plistocè Litoral d'Eivissa*. Tesi Doctoral Universitat de les Illes Balears, 286 pp.

Filella, E., Gàsser, Z., García-Porta, J. y Ferrer, J.A. 1999. Una puesta fósil de tortuga terrestre en el Pleistoceno de Formentera (Islas Pitiusas, archipiélago Balear). *Treballs del Mueu de Geologia de Barcelona,* 8: 67-84.

Gàsser, Z. 1998. Nota paleontològica sobre el jaciment quaternari marí d'Es Copinar (Formentera, Illes Pitiüses, Mediterrània occidental. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 41: 153-157.

Gàsser, Z. 2002. Jaciments paleontològics marins del Miocè i Quaternari d'es Ram (Formentera, Illes Pitiüses). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears,*, 45: 87-92.

Nolan, M.H. 1895. Rasgos generales de la estructura geológica del archipiélago balear. *Bull. Soc. Géol. France*, 23: 79-91.

Paul, C.R.C. 1982. Pleistocene non-marine molluscs from Cala Salada, Ibiza. *Geol. J.*, 17:161-184.

Rangheard, Y. 1971. *Etude géologique des îles d'Ibiza et de Formentera (Baléares)*. Memorias del IGME, 82: 1-340.

Rangheard, Y. 1984. The geological history of Eivissa and Formentera. En: H. Kuhbier; J. A. Alcover y Guerau d'Arellano, C. (eds) *Biogeography and Ecology of the Pityusic Islands*. Monographiae Biologicae, 52: 25-104. The Hague.

Servera, J. 1999. Principals trests fisiogafics i climàtics de les Pitiüses. *Territoris*, 2: 9-37.

Solé Sabarís, L. 1962. Le Quaternaire marin des Baleares et ses rapports aves les côtes meditérranéenes de la Peninsule Ibérique. *Quaternaria*, 6: 309-342.

Sondaar, P. Y., McMinn, M., Seguí, B. y Alcover, J.A. 1995. Interès paleontològic dels jaciments càrstics de les Gimnèsies i les Pitiüses. *Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 3. *Endins*, 20: 155-170.

Thos, X. 1876. Notas acerca de la constitución geológica de las islas de Ibiza y Formentera; *Bol. Com. Mapa Geol*. España, Madrid III, 363-367.

Vicens, D. y Pons, G. X. 2011. Els invertebrats fòssils als jaciments d'origen càrstic de les Illes Balears. *Endins* 35 / *Mon. Soc. Hist. Nat. Balears*, 17: 283-298.

Vicens, D.; Gracia, F. y Cuerda, J. 1992. El Quaternari marí del Torrent Fondo (Formentera, Illes Pitiüses). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears,* 35: 61-66.

Vidal, L.M. y Molina, E. 1888. Reseña física y geológica de las islas Ibiza y Formentera; *Bol. Com. Map. Geol. España*, Madrid, t. VII: 67-113.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

YACIMIENTOS DEL CUATERNARIO EN EL LITORAL DE LA ISLA DE MALLORCA (*ILLES BALEARS*)

QUATERNARY PALEONTOLOGICAL SITES ALONG THE COASTAL FRINGE OF THE ISLAND OF MALLORCA

Damià Vicens[1] y Guillem X. Pons[2]

[1] Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). Margarida Xirgu, 16, baixos. E-07011. Palma de Mallorca

[2] Departament de Geografia, Universitat de les Illes Balears. Carretera de Valldemossa km 7,5. E-07122 Palma de Mallorca.
Grup de recerca BIOGEOMED. guillemx.pons@uib.es

Resumen: La isla de Mallorca cuenta con 292 yacimientos litorales inventariados del Cuaternario. De estos, 43 son del Pleistoceno inferior-medio, 241 del Pleistoceno superior y 8 del Holoceno. De los 241 yacimientos del Pleistoceno superior, 41 (el 17%) no se han podido observar por diversas causas: su destrucción, no encontrarlos o no poder acceder a ellos. Establecer qué yacimientos son los más vulnerables es difícil, sin embargo si analizamos cuáles han desaparecido, se puede concluir que las obras asociadas a la urbanización en primera línea de costa han sido un factor decisivo para su destrucción.

Palabras clave: Mallorca, Pleistoceno inferior, Pleistoceno superior, Yacimientos paleontológicos.

Abstract: *The island of Mallorca has inventoried 292 Quaternary coastal deposits. 43 of them, are dated from the lower-middle Pleistocene, 241 from the Upper Pleistocene and 8 from the Holocene. Of the 241 Upper Pleistocene sites, 41 (17%) could not being able to observe for various reasons: their destruction, not finding them or not being able to access them. Establishing which sites are the most vulnerable is difficult, however if we analyze those which have disappeared, it can be concluded that the urban development along the coast has been a decisive factor for their destruction.*

Key words: *Lower Pleistocene, Majorca, Paleontological sites, Upper Pleistocene.*

INTRODUCCIÓN

Son muchos los investigadores que han dedicado su tiempo al Cuaternario de Mallorca, empezando por Dorothea Bate, al descubrir y describir a principios del siglo XX un bóvido extinto de esta edad, *Myotragus balearicus* (Bate, 1916). Mucho antes, otros autores como Marmora (1834), Haime (1855) y Hermite (1879), habían dedicado unas explicaciones sobre el Cuaternario de Mallorca. Ya a mediados del siglo XX, autores como Joan Cuerda y Andreu Muntaner fueron transcendentales en el estudio del Cuaternario, culminando sus estudios iniciados a finales de los 40 con dos excelentes artículos que sintetizaban los trabajos realiza-

dos en la bahía de Palma desde el punto de vista estratigráfico (Muntaner, 1957) y paleontológico (Cuerda 1957). Este conocimiento que se tenía del Cuaternario de Mallorca, hace que en el V congreso del INQUA *(International Quaternary Congress),* celebrado en España, se planificase una visita a Mallorca en septiembre de 1957. A partir de entonces se impulsó el estudio del Cuaternario, y autores nacionales y extranjeros han realizado trabajos sobre el Pleistoceno de Mallorca (Ginés *et al*., 2012).

INVENTARIO DE LOS YACIMIENTOS

El primer inventario serio, aunque parcial, ya que localiza y describe los yacimientos de la bahía de Palma, es sin duda el de Muntaner (1957), en donde se citan una docena yacimientos. En muchos de los yacimientos hay depósitos de playa, de dunas, de paleosuelos, y en algunos, depósitos aluviales. Pocos años después, Solé Sabarís (1962) sitúa sobre un mapa de Mallorca los yacimientos del Pleistoceno superior más significativos.

Cuerda (1975), en su obra magistral, localiza los yacimientos cuaternarios de Mallorca; 8 del Pleistoceno inferior, una decena del Pleistoceno medio y 65 del Pleistoceno superior marino. El mismo autor en su catálogo de moluscos del Pleistoceno balear, sitúa en un mapa 75 yacimientos del Pleistoceno superior (Cuerda, 1987).

Hay que esperar dos décadas para un nuevo inventario, esta vez realizado por Morey (2008b), dando como resultado 113 localidades del Pleistoceno superior, cifra que varía un poco según consultemos a Morey (2008a) o Morey y Cabanellas (2007-2008).

Recientemente, ha aparecido el último inventario dando un total de 292 yacimientos litorales inventariados, a partir de los trabajos precedentes y de nuevas prospecciones. De éstos, 43 son del Pleistoceno inferior-medio (Fig. 1), 241 del Pleistoceno superior (Fig. 2) y 8 del Holoceno (Vicens, 2015). Hay que tener presente que en estos inventarios no hay yacimientos de origen kárstico, aunque se pueden hallar en el litoral.

¿QUÉ YACIMIENTOS SON LOS MÁS SIGNIFICATIVOS?

Se trata sin duda alguna de una pregunta de no fácil respuesta, y que los autores anteriores han ido contestando a partir de sus publicaciones. Un factor común que presentan estos yacimientos es que suelen tener fósiles guía y no en pocas ocasiones una diversidad en la estratigrafía, ya sea por su litología o por su génesis.

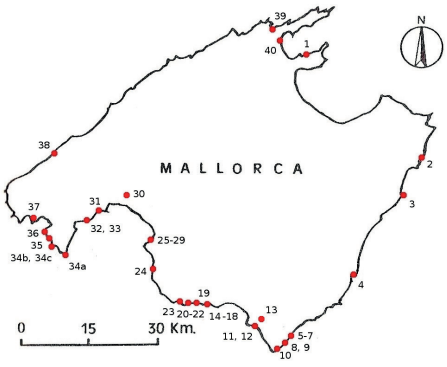


Figura 1. Yacimientos correspondientes al Pleistoceno inferior-medio (ver numeración en Vicens, 2015).

Pleistoceno inferior

Los yacimientos más significativos del Pleistoceno inferior son los descritos por Butzer y Cuerda (1962) en *es Terrer Roig*, *sa Plana*, etc.; el descrito por Rosselló y Cuerda (1973) en el *Banc d'Eivissa*, que es parte de un afloramiento mucho más amplio y que llega hasta *Cala Figuera*. Vicens *et al*. (2014), dando un margen de edad del Pleistoceno inferior-medio, consideran interesante unos depósitos tobáceos en el litoral de *Canyamel*, únicos en la isla, tanto por sus dimensiones como por la presencia de tobas de cascada, oncolitos, estromatolitos, etc.

Pleistoceno medio

El yacimiento más conocido es el de *Torre de s'Estelella*, descrito por Butzer y Cuerda (1960). Otro ejemplo importante sería el de *es Bancals*, descrito inicialmente por Cuerda y Sacarès (1966).

Pleistoceno superior

Sin lugar a dudas los más significativos son el de *cala Pudent* y *es Carnatge*. Citados y descritos por numerosos investigadores, siendo los yacimientos de referencia de las Baleares (ver Fornós *et al*., 2012; Vicens 2015). Un hecho a destacar es que hay muchos especímenes fósiles procedentes de estos dos yacimientos en las colecciones de la *Societat d'Història Natural de les Balears*. Los cortes geológicos realizados por Muntaner (1957) de estas dos localidades contienen un gran rigor científico, al igual que el resto de cortes que realiza en la bahía de Palma.

Cuerda (1975) en su extensa obra, presenta pocos cortes, entre ellos los de las localidades anteriores, los de *s'Estelella* y los de *es Port Roig*.

Vicens *et al*. (2012), en una monografía sobre el Cuaternario, representan los cortes de *Cala Pudent, es Carnatge, S'Estelella, Rentador de ses Egos, Sa Tanca de sa Torre II, Cala Murada, Caloscamps, Torrent de Son Real, Platja de la Font de Sant Joan, Sa Marina*.

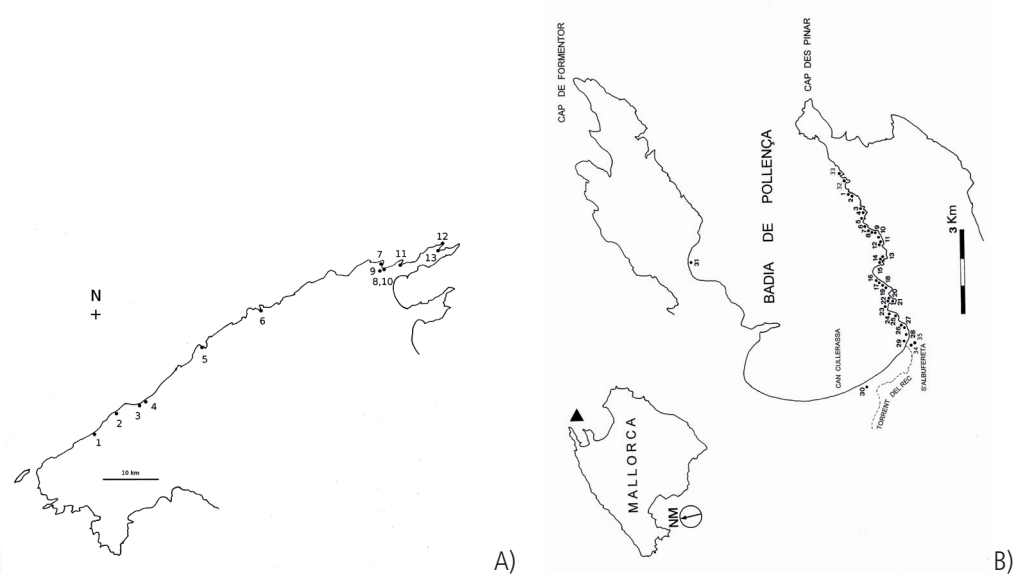
Morey (2008b) haciendo un análisis a partir de varios indicadores, comenta que los yacimientos que han obtenido mayor puntuación en la valoración son: *Cala Pudent, Es Carnatge, Caloscamps, Ses Covetes, S'Estalella, Cala Agulla y Son Real- Son Serra de Marina.*

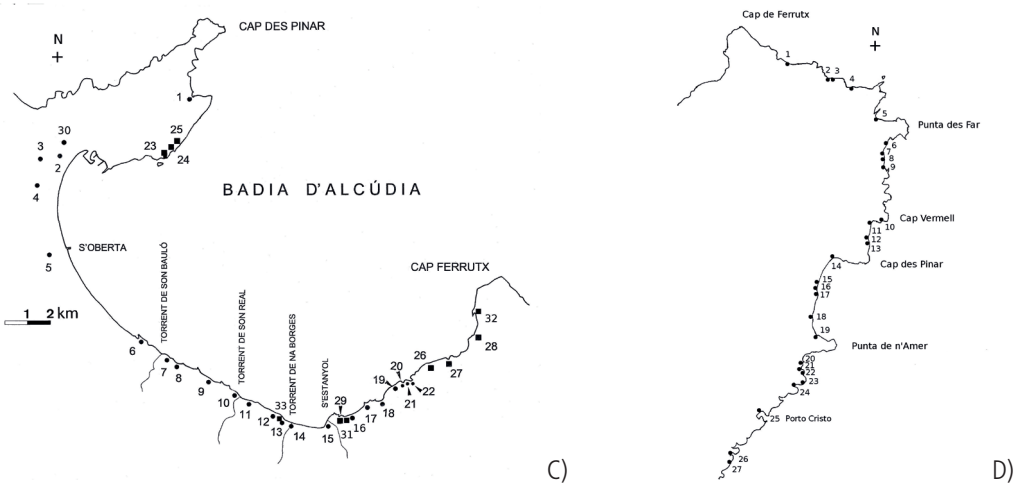
En Vicens (2015) se citan 201 yacimientos del Pleistoceno superior que presentan fósiles marinos, 83 de ellos presentan fauna termófila, 56 presentan un nivel del MIS 5e, 10 yacimientos presentan dos playas fósiles superpuestas, y 1 tres playas fósiles superpuestas. Entre los yacimientos que presentan dos playas fósiles superpuestas están: *Cap Petit*, torrent de son Real, ses Escorxes, Caloscamps, s'Arenalet d'Albarca-Fontsalada, Canyamel, *Punta Roja, cala Pudent, son Mosson 1 y son Mosson* 2. El yacimiento que presenta tres playas superpuestas es el de *Es Carnatge*.

DISCUSIÓN

Muchos autores han realizado trabajos recopilatorios o de síntesis del Pleistoceno litoral de Mallorca. Utilizan como ejemplos los yacimientos más representativos o significativos, tal es el caso de la mayoría de autores citados en el texto, como puede ser Cuerda (1975), Vicens *et al*. (2012). Pero ninguno de ellos realiza

una valoración a partir de ciertos ítems explícitos establecidos con la finalidad de poder precisar qué yacimientos "tienen más valor que otros", simplemente se basan exclusivamente en su experiencia y de forma involuntaria aplican unos ítems valorativos aunque no los expongan, como pueden ser:





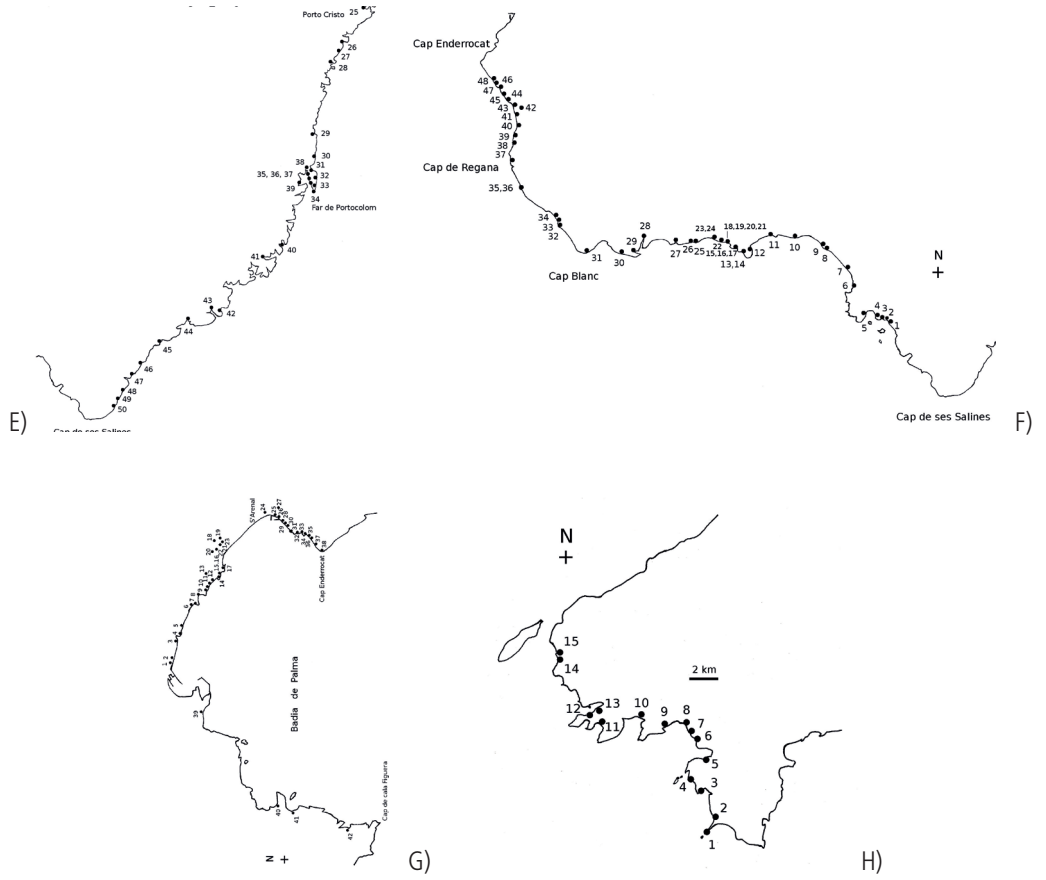


Figura 2. Ver la página siguiente. Localización de yacimientos del Pleistoceno superior litoral en Mallorca. Mapa sectorializado: A) Sierra de Tramuntana, B) Bahía de Pollença, C) Bahía de Alcúdia, D) Levante norte, E) Levante sur, F) Sureste, G) Bahía de Palma y H) Suroeste de Mallorca (ver numeración en Vicens, 2015).

– Yacimientos ricos en fósiles, ya sea por su cantidad, por su variedad, o por algún fósil poco común, son más importantes que los que son pobres. El estado de conservación de los fósiles, también influye a la hora de valorar un yacimiento.

– Estratigrafía fácilmente observable, clara y con variedad de facies dan una información más fiable que otros que no presenten estas características.

– En teoría es mejor disponer de un yacimiento grande que de uno pequeño, ya que probablemente cuanto más grande podremos encontrar más diversidad en el registro estratigráfico y paleontológico.

Morey (2008a, 2008b) es el primer autor que establece unos ítems explícitos para valorar la menor o mayor importancia de un yacimiento.

Referente a la vulnerabilidad de los yacimientos, la proximidad de una urbanización es clave, ya que muchos de los que han desaparecido estaban en una zona urbana.

CONCLUSIONES

La isla de Mallorca cuenta con un inventario de los yacimientos litorales del Cuaternario, con su descripción y fotografías de los mismos.

En vista de lo expuesto es necesario generar un documento a partir del último inventario y con distintos ítems establecer el grado de vulnerabilidad de cada yacimiento y cómo gestionar su protección y vigilancia.

El área dónde se han destruido más yacimientos del Cuaternario es en la Bahía de Palma, una zona muy urbanizada. Es por ello que se puede concluir que los yacimientos que se encuentran cerca de una zona urbanizada, y donde es factible la construcción de un paseo marítimo, vial, acceso al litoral, ampliación de un puerto deportivo, etc, serían los primeros que se deberían de proteger dada su vulnerabilidad. Son vulnerables todos los de la Bahía de Palma, así como otras localidades como son Peguera, Racó de ses Egos, Ses Covetes, Punta Roja, Canyamel, Son Serra de Marina, Platja de Sant Joan, etc.

REFERENCIAS

Bate, D. M. A. 1909. Preliminary Note on a New Artiodactyle from Majorca, *Myotragus balearicus*, gen. et sp. nov. *Geological Magazine*, dec. 5, vol. 6, 543: 385-390.

Butzer, K. W. y Cuerda, J. 1960. Nota preliminar sobre la estratigrafía y la paleontología del Cuaternario marino del Sur y S.E. de la isla de Mallorca. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears,* 6: 9-29.

Butzer, K. W. y Cuerda, J. 1962. Coastal stratigraphy of Southern Mallorca and its implications for the Pleistocene chronology of the Mediterranean Sea. *Journal of Geology,* 70, 4: 398-416.

Cuerda, J .1957. Fauna marina del Tirreniense de la Bahía de Palma (Mallorca). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 3: 3-76.

Cuerda, J. 1975. *Los tiempos Cuaternarios en Baleares*. Institut d'Estudis Baleàrics. Palma, 304 pp.

Cuerda, J. 1987. *Moluscos marinos y Salobres del Pleistoceno balear.* Caja de Baleares " Sa Nostra ". Palma, 420 pp.

Cuerda, J. y Sacarès, J. 1966. Nueva contribución al estudio del Pleistoceno marino del término de Lluchmayor (Mallorca). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Baleas.,* 12: 63-99.

Marmora, della, A. 1834. Observations géologiques sur les deux Iles Baleares (Majorque et Minorque). *Memorie delle Reale Accademia delle Scienze di Torino*, 38, 51 pp.

Fornós, J. J. Ginés, A. Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Gràcia, F., Merino, A., Onac, B. P., Tuccimei, P. y Vicens, D. 2012b. Upper Pleistocene deposits and karst features in the littoral landscape of Mallorca Island (Western Mediterranean): a field trip. En: Ginés, A.; Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Onac, B. P. & Fornós, J. J. *Mallorca: a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 163-220.

Ginés, A., Ginés, J., Fornós, J. J., Bover, P., Gómez-Pujol, L., Gràcia, F., Merino, A. y Vicens, D. 2012. An introduction to the Quaternary of Mallorca. En: Ginés, A., Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Onac, B. P. y Fornós, J. J. *Mallorca: a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18: 13-53.

Haime, J. 1855. Notice sur la geologie de l'ille de Majorque. *Bulletin de la Societé Geologique de France*, 12: 734-752.

Hermite, H. 1879. *Études géologiques sur les Iles Baleares. Premier partie; Majorque et Minorque*. 362 pp. Paris.

Morey, B. 2008a. *El patrimoni paleontològic del Pleistocè superior marí de Mallorca. Catalogació, caracterització, valoració. Propostes de gestió i conservació*. Memòria d'Investigació. Universitat de les Illes Balears. Dep. Ciències de la Terra. Inèdit. 288 pp.

Morey, B. 2008b. El patrimoni paleontològic del Pleistocè superior marí de Mallorca: catalogació, caracterització, valoració i propostes per a la gestió i conservació. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 51: 227-258.

Morey, B. y Cabanellas M. 2007-2008. Los yacimientos del Pleistoceno marino mallorquín como puntos de control del litoral (estado en que se encuentran y factores que provocan su destrucción). *Territoris*, 7: 69-86.

Muntaner, A. 1957. Las formaciones cuaternarias de la Bahía de Palma. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 3: 77-126.

Rosselló, V. M. y Cuerda, J. 1973. Notas sobre el Plioceno y el Cuaternario del Banc d'Eivissa (Mallorca). *Cuadernos de Geografía*, 13: 5-13.

Solé Sabarís, L. 1962. Le Quaternaire marin des Baléares et ses rapports avec les côtes mediterranéenes de la Peninsule Ibérique. *Quaternaria*, 6: 309-342.

Vicens, D. 2015. *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a l'Illa de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occcidental).* Tesis Doctoral. Universitat de les Illes Balears, 985 pp.

Vicens, D., Fornós, J. J. y Rodríguez-Perea, A. 2014. Acumulaciones tobáceas en las Islas Baleares. Algunos ejemplos de Mallorca. En: González, J. A y González, M. J. *Las tobas en España.* Sociedad Española de Geomorfología, 303-314.

Vicens, D., Gràcia, F. y Ginés, A. 2012. Quaternary beach deposits in Mallorca: paleontological and geomorphological data. En: Ginés, A., Ginés, J., Gómez-Pujol, L., Onac, B. P. y Fornós, J. J. *Mallorca: a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies.* Monografies de la Societat d'Història Natural de les Balears, 18: 55-84.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

VALORACIÓN DEL PATRIMONIO GEOMORFOLÓGICO Y LA GEODIVERSIDAD EN EL MUNICIPIO DE PUEBLA DE DON RODRIGO (CIUDAD REAL)

ASSESMENT OF GEOMORPHOLOGICAL HERITAGE AND GEODIVERSITY IN PUEBLA DE DON RODRIGO MUNICIPALITY (CIUDAD REAL)

M. Serrano-Patón[1] y R. Becerra-Ramírez[2]

[1] Dpto. Geografía y Ordenación del Territorio – Universidad de Castilla-La Mancha.
Facultad de Letras, Avda. Camilo José Cela s/n, 13071 Ciudad Real (C. Real). serranogeografia@gmail.com

[2] GEOVOL – UCLM, Dpto. Geografía y Ordenación del Territorio – Universidad de Castilla-La Mancha. Facultad de Letras, Avda. Camilo José Cela s/n, 13071 Ciudad Real (C. Real). INVOLCAN. Instituto Volcanológico de Canarias. Antiguo Hotel Taoro. Puerto de la Cruz (Tenerife). rafael.becerra@uclm.es

Resumen: El municipio de Puebla de Don Rodrigo se localiza en la parte occidental de la provincia de Ciudad Real, un territorio caracterizado por una alternancia de sierras y valles que dan como resultado un patrimonio geomorfológico muy singular. Con la intención de valorar los diferentes elementos geológicos y geomorfológicos existentes en el término municipal, se han aplicado las metodologías de González Trueba (2006) con el objetivo de catalogar y valorar los diferentes Lugares de Interés Geomorfológico (LIGm), y la ideada por Serrano Cañadas y Ruiz Flaño (2007) para tratar de cuantificar la geodiversidad de la zona, a través de la aplicación del Índice de Geodiversidad, pretendiendo que ambas metodologías se complementen y posibiliten su aplicación en otros lugares.

Palabras clave: Ciudad Real, Geodiversidad, Lugares de Interés Geomorfológico, Patrimonio Geomorfológico, Puebla de Don Rodrigo.

Abstract: *The municipality of Puebla de Don Rodrigo is located in the western part of the province of Ciudad Real, a territory characterized by an alternation of sierras and valleys that result in a very unique geomorphological heritage that includes. In order to evaluate the different geological and geomorphological elements existing in the municipality, the methodology of González Trueba (2006) has been applied in order to catalog and evaluate the different Places of Geomorphological Interest (LIGm), and the one devised by Serrano Cañadas and Ruiz Flaño (2007) to try to quantify the geodiversity of the area, by applying the Geodiversity Index, pretending that both methodologies complement and make possible their application in other places.*

Key words: *Ciudad Real, Geodiversity, Places of Interest Geomorphological Geomorphological Heritage, Puebla de Don Rodrigo.*

INTRODUCCIÓN Y ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Puebla de Don Rodrigo se localiza en los Montes de Ciudad Real. Desde el punto de vista geológico se situaría sobre el "Macizo Ibérico" correspondiéndose a los afloramientos hercínicos de la provincia de Ciudad Real, emplazándose en un tramo montañoso del valle del Guadiana (Ferreras Chasco y García Rayego, 1991). En el interior de esta comarca, hay un gran pliegue sinclinal a lo largo del cual el Guadiana se extiende entre 80 ó 90 Km (García Rayego, 1994).

Desde el punto de vista litológico los materiales más antiguos existentes en la zona son grauvacas y pelitas datadas en el Cámbrico. En el período Ordovícico predomina la litología de cuarcitas armoricanas, que aflora en las partes medias y altas de las principales alineaciones serranas. Entre las principales formas de relieve asociadas a los períodos terciario y cuaternario destacarían la presencia de hoces que se originan como consecuencia de las fuerzas tectónicas y el encajamiento de la red fluvial (Carcavilla *et al.* 2010), así como un gran valle por el que discurre del río Guadiana, y que alberga diversas formas de acumulación como terrazas, llanuras aluviales, valles en garganta y meandros abandonados (García Rayego, 1997). Otras de las formas de modelado son las rañas, unas dilatadas planicies de canturral que se extienden desde el pie de las sierras y por todas las depresiones; así como las pedrizas, acumulaciones de cantos y bloques de cuarcitas emplazadas en las sierras – coluviones (García Rayego, 1994).

MÉTODO Y RESULTADOS

El objetivo de este trabajo es valorar el patrimonio geomorfológico y cuantificar la geodiversidad de seis Lugares de Interés Geomorfológico (LIGm) del municipio. Para llevar a cabo esta tarea se procedió primero a su delimitación, posteriormente, se aplicaron las metodologías de González Trueba (2006), para valorar el patrimonio geomorfológico, y la de Serrano Cañadas y Ruiz Flaño (2009), para cuantificar la geodiversidad existente en la zona. Finalmente, se hizo una comparación de ambas metodologías para determinar el grado de relación entre ambas.

Lugares de Interés Geomorfológico en Puebla de Don Rodrigo

En el área de estudio se han seleccionado seis LIGm, cuya delimitación se ha realizado en base a un exhaustivo trabajo de campo, intentando que estén representadas varias formas de relieve, según su singularidad y representatividad (Figura 1): 1) Peñones del Chorro, 2) Estrecho de las Hoces, 3) Barranco de las Garalleras, 4) Ladera SO de Sierra Loca, 5) Valle del Guadiana y 6) Rañas y Bonales.

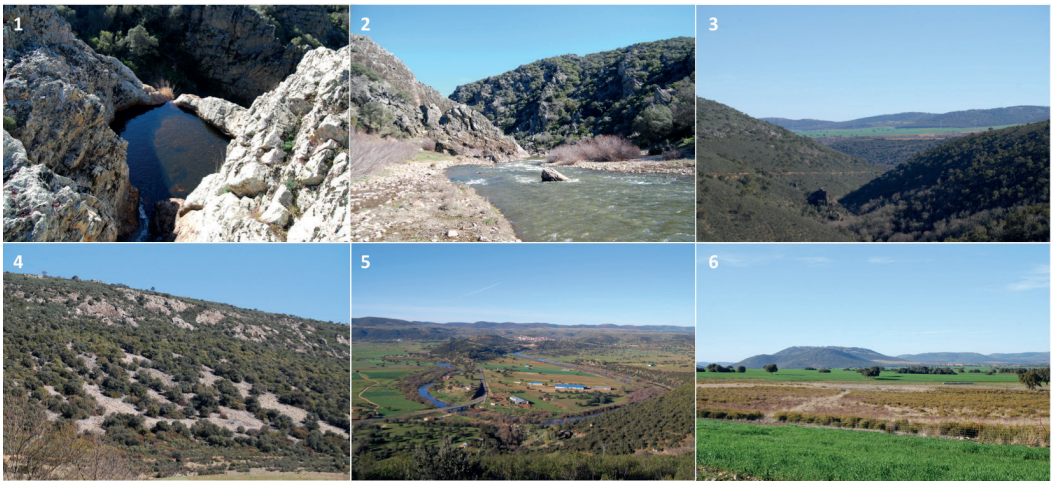


Figura 1: Lugares de Interés Geomorfológico (LIGm) seleccionados.

Valoración del Patrimonio geomorfológico

Una vez delimitados los seis LIGm objeto de estudio, se procedió a su valoración y evaluación mediante la metodología planteada por González Trueba (2006) y utilizada por Becerra-Ramírez (2013). El modelo de ficha propuesto para catalogar y valorar los LIGm se compone de tres criterios fundamentales (*intrínsecos/científicos*, *culturales/añadidos* y de *uso y gestión*), siendo la valoración global la media de las tres puntuaciones. A través de la puntuación media se puede llegar a establecer una jerarquía, que permitirá poner en relieve las potencialidades y debilidades de cada uno de los LIGm analizados (González Trueba, 2006).

LIGm	Valor intrínseco	Valor cultural	Valor uso y gestión	Valoración global media
Peñones del Chorro	2,3	4,4	5,5	**4,0**
Estrecho de Las Hoces	3,8	5,8	6,6	**5,4**
Barranco de Las Garalleras	4,1	4,8	3,8	**4,2**
Ladera SO Sierra Loca	3,4	3,7	5,0	**4,0**
Valle del Guadiana	3,2	5,4	6,1	**4,9**
Rañas y Bonales	3,2	5,4	6,1	**4,1**
MEDIA ARITMÉTICA	**3,3**	**4,9**	**5,5**	**4,4**

Tabla 1. Puntuaciones de los LIGm seleccionados (elaboración propia).

En los *criterios intrínsecos*, destaca por encima del resto con 4,1 puntos el Barranco de las Garalleras, que se distingue por poseer una gran diversidad geomorfológica (diferentes morfoestructuras y litologías –

cuarcitas, areniscas, pizarras). En segundo lugar, destaca el Estrecho de Las Hoces (3,8 puntos) debido a la heterogeneidad de sus formas de erosión y acumulación vinculadas a la presencia del río Guadiana, donde se pueden llegar a observar hasta tres niveles de terrazas, depósitos aluviales, pedrizas en los flancos de las sierras, coluviones, crestas cuarcíticas o dorsos de estratos, entre otros.

Respecto a la *valoración cultural*, destaca de nuevo el Estrecho de las Hoces con una puntuación de 5,8 debido a su idoneidad como recurso didáctico-científico y por poseer un gran potencial de atracción turística. El paraje de Los Bonales (5,4) también se distingue por contener unos excelentes recursos pedagógicos y turísticos, al estar dotado de una serie de paneles explicativos que informan a los visitantes de la singularidad de estos valiosos enclaves.

La *valoración de uso y gestión* es la que posee una puntuación más alta de las tres. Destaca de nuevo el Estrecho de las Hoces con una puntuación de 6,6 puntos, seguido por el Valle del Guadiana (4,9) y las Rañas y Bonales (4,1) debido a su buena accesibilidad tanto en vehículo privado, como en bicicleta o a pie, y que dados sus valores intrínsecos y su infraestructura, tolerarían el uso de una actividad turística sostenible.

Valoración de la Geodiversidad

Para valorar la geodiversidad de la zona se ha aplicado el Índice de Geodiversidad propuesto por Serrano Cañadas y Ruiz Flaño (2007) a los seis LIGm seleccionados. La metodología se compone de tres partes esenciales: a) Estudio de los elementos geológicos y geomorfológicos de la zona; b) Establecimiento de unidades geomorfológicas y; c) Valoración de las unidades aplicando el Índice de Geodiversidad.

Una vez realizada la descripción geológica y geomorfológica del territorio y delimitados los LIGm se procedió directamente a calcular el Índice de Geodiversidad (Gd) de cada LIGm a partir de la ecuación propuesta por Serrano Cañadas y Ruiz Flaño (2007):

Gd=Eg*R/lnS
Dónde:
S Superficie km^2;
R Valor Rugosidad calculado a partir de la pendiente media en grados;
Eg Número total de elementos geomorfológicos

La primera tarea llevada a cabo para tratar de calcular la superficie (*S*) de cada uno de los LIGm y su pendiente media fue la elaboración de un mapa de pendientes a través del software ArcMap 10.1, utilizando para ello el Modelo Digital del Terreno (MDT) y los sombreados. El cálculo de la pendiente media se realizó escogiendo el intervalo de pendiente con un mayor predominio para cada uno de los LIGm. La justificación del cálculo de la pendiente media es que está asociada a unos valores preestablecidos de rugosidad (*R*), que a su vez está en estrecha relación con la topografía y las variaciones microclimáticas y topoclimáticas de cada uno de los LIGm lo que se traducirá en una diversidad de formas y procesos (Serrano Cañadas y Ruiz Flaño, 2007).

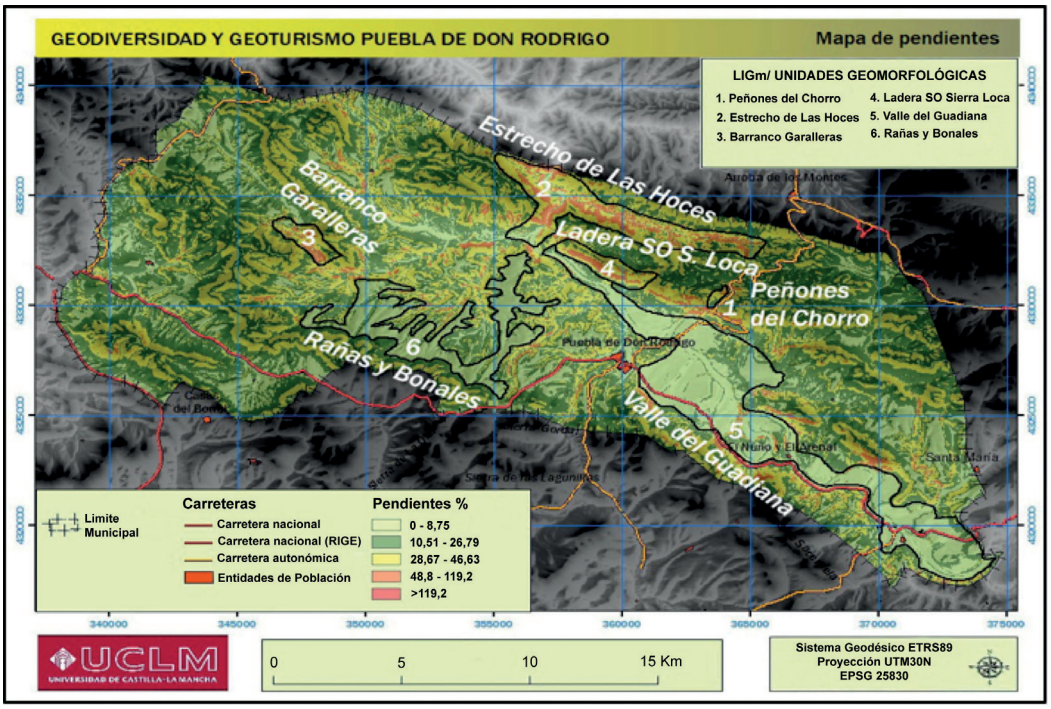


Figura 2. Mapa de pendientes y delimitación de los LIGm estudiados.

La variable *Eg* es entendida como el número de elementos geomorfológicos presentes en cada unidad: litologías, estructuras geológicas, morfoestructuras, formas de erosión y acumulación, sistemas morfogenéticos, procesos de erosión y presencia de microformas de interés. Variable que se calculó de forma conjunta con la metodología de González Trueba (2006), debido a la gran similitud a la hora de calcular los valores intrínsecos de los LIGm y el cálculo del parámetro *Eg* propuesto por Serrano Cañadas y Ruiz Flaño (2007).

Una vez calculado el Índice de Geodiversidad, obtendremos una valoración de la geodiversidad lo más objetiva posible para cada uno de los LIGm, a partir de unos valores prestablecidos: Muy bajo: *Gd*<15; Bajo: *Gd*=15-25; Medio: *Gd*=25-35; Alto: *Gd*=35-45; Muy Alto *Gd*>45.

Elementos	LIGm	(S)	(P)	(R)	(Eg)	(Gd)	Geodiversidad
Geológicos	1. Peñones del Chorro	0,5	21º	3	21	**-90,8**	**Muy Bajo**
	2. Estrecho de las Hoces	18,7	40º	4	33	**45,07**	**Muy Alto**
	3. Barranco Garalleras	1,3	40º	4	29	**442,13**	**Muy Alto**
	4. Ladera SO Sierra Loca	2,0	40º	4	26	**150,3**	**Muy Alto**
Hidrológicos	5. Valle del Guadiana	45,3	2º	1	21	**5,51**	**Muy Bajo**
Geomorfológicos	6. Rañas y Bonales	18,7	2º	1	18	**6,15**	**Muy Bajo**

Tabla 2. Cálculo del Índice de Geodiversidad.

De los resultados obtenidos llama la atención en primer lugar la presencia de valores muy altos del Índice de Geodiversidad (>45) para los LIGm del Barranco de las Garalleras con una puntuación de 442,3 seguido de la ladera SO de Sierra Loca (150,04) esto es debido principalmente a su pequeña superficie (menos de 2 km^2), lo que indirectamente pone de manifiesto la importancia del factor escala en este tipo de estudios, además de tener el parámetro *Eg* (número de elementos geomorfológicos existentes) relativamente alto entre todos los analizados, ya que contienen diferentes elementos geomorfológicos: pedrizas, rañas, coluviones, crestones cuarcíticos, *ripple marks*, terrazas y barrancos fluviales, entre otros. Por el contrario, los LIGm con un Índice de Geodiversidad más bajo son las correspondientes al Valle del Guadiana (5,51) y las Rañas y Bonales (6,15) debido a su gran extensión, a que poseen un relieve llano con una pendiente inferior a 2º y contienen un menor número de elementos geomorfológicos que el resto de los LIGm. Por último hay que indicar que el valor negativo de Los Peñones del Chorro (-90,8) nos muestra que este método fue ideado para aplicarse en áreas de más de 1 km^2 de extensión.

Comparando los resultados obtenidos en cada una de las metodologías, se puede afirmar que no guardan ningún tipo de relación directa, ya que no se cumple la premisa de que una valoración del patrimonio geomorfológico alta, vaya acompañada necesariamente de una mayor geodiversidad.

	VALORACIÓN PATRIMONIO (a partir de González Trueba, 2006)	**CÁLCULO DE LA GEODIVERSIDAD** (a partir de Serrano Cañadas y Ruiz Flaño, 2007)	
	Puntuación	**Índice de Geodiversidad**	**Valor de Geodiversidad**
1. Peñones del Chorro	4,0	-90,80	Muy Bajo
2. Estrecho de las Hoces	5,4	45,07	Muy Alto
3. Barranco Garalleras	4,2	442,13	Muy Alto
4. Ladera SO Sierra Loca	4,0	150,3	Muy Alto
5. Valle del Guadiana	4,9	5,51	Muy Bajo
6. Rañas y Bonales	4,1	6,15	Muy Bajo

Tabla 3. Comparación de resultados de ambas metodologías.

CONCLUSIONES

En cuanto a la valoración del patrimonio geomorfológico sobresale por encima del resto, el paraje del Estrecho de las Hoces, debido a sus valores intrínsecos, su singularidad y su buena accesibilidad, por lo que se debería tratar de poner en valor. Por otro lado, los LIGm con una mayor geodiversidad (*Gd*>45) son: Barranco de las Garalleras, Ladera SO de Sierra Loca y Estrecho de Las Hoces, debido a que son los que contienen un mayor número de elementos geomorfológicos (*Eg*) en una menor superficie. Comparando las dos metodologías se reafirman las ideas de otros autores, entre ellos Carcavilla *et al.,* 2008, que manifiestan: "*El patrimonio geológico no interviene en la definición de las diferentes clases de geodiversidad. Una región muy geodiversa no tiene por qué tener lugares de interés especialmente relevantes, ni un patrimonio geológico más relevante que el de zonas homogéneas*".

AGRADECIMIENTOS

Los resultados de este artículo son fruto de un Trabajo Fin de Grado en Geografía y Ordenación del Territorio (inédito) defendido en el curso académico 2014-2015 en la Universidad de Castilla-La Mancha.

REFERENCIAS

Becerra-Ramírez, R. 2013. *Geomorfología y Geopatrimonio de los volcanes magmáticos de la Región Volcánica del Campo de Calatrava*. Tesis Doctoral, Universidad de Castilla-La Mancha, 822 pp (inédita).

Carcavilla, L., Del Puy Berrio., y Ruiz, R. 2010. Ríos en roca de Castilla-La Mancha. En Durán, J. (ed.), *Patrimonio geológico: los ríos en roca de la península ibérica*. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 473-505.

Carcavilla, L., Durán, J. J. y López-Martínez, J. 2008. Geodiversidad: concepto y relación con el patrimonio geológico. *VII Congreso Geológico de España, Las Palmas de Gran Canarias*, 10, 1299-1303.

Ferreras Chasco, C. y García Rayego, J.L. 1991. La vegetación. En: Pillet, F. (ed), *La provincia de Ciudad Real*. Biblioteca de Autores y Temas Manchegos, Ciudad Real, 113-169.

García Rayego, J. L. 1994. Mapa geomorfológico de la comarca de los Montes-Campo de Calatrava. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, 72 pp.

García Rayego, J. L. 1997. El medio físico de los Montes. En: García Rayego, J.L. y González Cárdenas, M. (eds.), *Elementos del medio natural en la provincia de Ciudad Real*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Castilla-La Mancha, Cuenca, 21-78.

González Trueba, J. J. 2006. *El Macizo Central de los Picos de Europa: Geomorfología y sus implicaciones geoecológicas en la alta montaña Cantábrica*. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria, Santander, 819 pp.

Muñoz Jiménez, J. 1991. Los Montes de Toledo. En: González Martín, J. (ed.), *Guía de los Espacios Naturales de Castilla-La Mancha*. Servicio de Publicaciones Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Albacete, 395-419.

Serrano Cañadas, E. y Ruiz Flaño, P. 2007. Geodiversidad: concepto y aplicación territorial: El caso de Tiermes Caracena (Soria). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 45, 79-98.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

PROPUESTA DE STANDARD METODOLÓGICO PARA LA ELABORACIÓN DE INVENTARIOS DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO (LIG) EN EL ÁMBITO DE LA RED GLOBAL DE GEOPARQUES. EL CASO DEL GEOPARQUE MUNDIAL DE LA UNESCO DE COSTA VASCA.

A METHODOLOGICAL STANDARD PROPOSAL FOR THE ELABORATION OF INVENTORIES OF GEOSITES IN THE FRAMEWORK OF THE GLOBAL GEOPARK NETWORK. THE CASE OF THE BASQUE COAST UNESCO GLOBAL GEOPARK.

A. Hilario[1], L. Carcavilla[2] y A. Belmonte[3]

[1] Geoparque de la Costa Vasca. Ifar Kalea 4, 20820 Deba (Gipuzkoa). flysch@gipuzkoa.eus.

[2] Instituto Geológico y Minero de España. C/Ríos Rosas 23, 28003 Madrid (Madrid). l.carcavilla@igme.es

[3] Geoparque de Sobrarbe-Pirineos. Avda Ordesa 79, 22340 Boltaña (Huesca). anchelbr@unizar.es

Resumen: La gestión del patrimonio geológico es una las principales señas de identidad de los Geoparques Mundiales de la UNESCO. Sin embargo, no existe en la actualidad una metodología unificada para la elaboración de inventarios de interés geológico en la Red Global de Geoparques (GGN). El presente trabajo expone una metodología sencilla que permite evaluar, clasificar y planificar la gestión de los lugares de interés geológico de un territorio. Se presentan, así mismo, los resultados de la aplicación de esta metodología en el Geoparque de la Costa Vasca, tanto en la selección y análisis de campo de los lugares de interés geológico (LIG), como en la estrategia de gestión derivada de dicho análisis. La metodología es adaptable a diferentes realidades territoriales y pretende ser una herramienta de gestión práctica que permita planificar las acciones en el ámbito de la investigacion, la geoconservación y el geoturismo, en especial dirigida a aquellos territorios en los que por primera vez se considere el patrimonio geológico en sus planes de gestión.

Palabras clave: Geoconservación, geoparque, inventario, LIG, metodología.

Abstract: *The Management of the geological heritage is a key factor for Unesco Global Geoparks worldwide. However, there is not a unified methodology for creating and evaluating a geosite inventory in the Geoparks Global Network (GGN). The present paper aims to propose a simple methodology that allows evaluating, classifying and planning the management of the geosites of the territory. This methodology was created and used in the Basque Coast UNESCO Global Geopark, both for choosing and evaluating the list of geosites, and to develop a management plan for the geological heritage. This methodology is adaptable to different places and realities and aims to be a useful and internal tool for the management of the research, geoconservation and geotourism activities in the territory, especially for those facing this challenge for the first time.*

Key words: *Geoconservation, geopark, geosite, inventory, methodology.*

INTRODUCCIÓN

El Geoparque de la Costa Vasca entró a formar parte de la Red Europea (EGN) y Mundial (GGN) de Geoparques en el año 2010. Durante los primeros años de funcionamiento se trabajó especialmente en diseñar documentos estratégicos. Los principales fueron: 1) el plan estratégico (2010 y 2016); 2) el plan de interpretación (2014); 3) el plan de comunicación y marketing (2012); 4) el inventario de lugares de interés geológico (LIG) (2013) y 5) la estrategia de gestión del patrimonio geológico (2013).

Los geoparques son proyectos de desarrollo local con una visión muy abierta e inclusiva en relación a los diferentes valores naturales y culturales del territorio, en donde la geología sirve de cohesión y elemento vertebrador y diferenciador. Es por ello que la realización de un inventario propio de lugares de interés geológico y su inclusión en el resto de los planes de gestión del territorio se presenta como una herramienta fundamental.

INVENTARIOS DE LIG EN GEOPARQUES

En el caso de los geoparques, los inventarios deben atender a diversas situaciones que condicionan la metodología. En primer lugar, la zona no suele corresponder con una unidad geológica exclusiva, sino que los bordes suelen coincidir con límites administrativos. Eso significa que a la hora de valorar la representatividad y singularidad de los LIG habrá que atender a las características de diversas unidades geológicas. Por otro lado, los geoparques son de una extensión muy variable (en España varían desde los 90 km^2 del Geoparque de Costa Vasca hasta los más de 4.100 km^2 de Molina-Alto Tajo), lo que condiciona la escala de trabajo y de detalle, que será muy variable en función de la superficie de cada geoparque. Además y como se ha comentado, los objetivos de los geoparques van más allá de la conservación de los LIG, e incluyen la utilización didáctica y turística de los mismos, aspectos que deben ser atendidos con especial atención para que el inventario sea una herramienta útil para el diseño de herramientas de divulgación. Por todo ello, los geoparques pueden aprovechar las metodologías habituales empleadas en la confección de inventarios de LIG (p.ej: Cendrero, 1996; Bruschi, 2007; Carcavilla *et al.*, 2007; Fuertes-Gutiérrez y Fernández-Martínez, 2010; García-Cortés y Carcavilla, 2014; Vegas *et al.*, 2012) pero introduciendo ligeras modificaciones que permitan recopilar información de aspectos importantes para la gestión de los LIG según los objetivos y características del Geoparque, tal y como se describe a continuación.

METODOLOGIA

Objetivos del inventario

El objetivo principal en la elaboración de un inventario de LIG es la localización, delimitación y catalogación de los principales lugares de interés geológico de un territorio, así como el análisis de su valor científico, su potencialidad de uso y su vulnerabilidad (Cendrero, 2000); El resultado de un inventario de LIG debe de ser, por lo tanto, una lista abierta de LIG y una estrategia de gestión que incluya propuestas de actuación en el ámbito científico, didáctico, turístico y en el ámbito de la conservación (Carcavilla *et al.*, 2007).

La selección de los LIG

En el caso del Geoparque de la Costa Vasca se ha tenido en cuenta la singularidad, el valor científico, el valor educativo y el potencial turístico de los LIG, pero el parámetro de selección principal ha sido la representatividad de la muestra con respecto a la geología del territorio. La lista de LIG representa todas las edades, litologías, fósiles, minerales, estructuras, formas del relieve y procesos que conforman la geología del territorio. Antes de empezar con la selección de LIG se realizó una recopilación bibliográfica que incluía más de 120 referencias y se encargó la elaboración de un mapa geológico de detalle. Para la selección inicial de LIG se contó con la participación de cinco expertos de la universidad del País Vasco que propusieron los 10 LIG de mayor valor científico para cada una de las temáticas principales del geoparque: estratigrafía, paleontología, geología estructural, geomorfología litoral y karst. A esta propuesta inicial con alto valor científico se sumó una lista paralela de LIG con potencial educativo y/o turístico basado en la experiencia adquirida en los años de trabajo anteriores. La lista inicial incluía 75 LIG. Tras un análisis de representatividad que buscaba evitar duplicidades, finalmente se llegó a una lista final de 56 LIG y el trabajo de campo redujo la lista final a los 54 LIG publicados en el mapa geológico (Figura 2). Dos de ellos habían sido tapados por cemento en un talud de una carretera. Actualmente, tres años después de su realización, se está llevando a cabo una actualización detallada que incluirá algunos LIG descubiertos recientemente.

Ficha, parámetros y valores

En el caso del Geoparque de la Costa Vasca se ha diseñado una metodología basada en las directrices generales de Cendrero (1996) y Carcavilla et al. (2007) y basada en la experiencia de los inventarios de Urdaibai (Mendia *et al*., 2010) y de la Comunidad Autónoma del País Vasco (Mendia *et al*., 2013).

La presentación de la ficha se considera un elemento clave. Debe de ser sencilla, atractiva y práctica. Se ha diseñado una ficha de dos páginas para que se pueda visualizar de una sola mirada en un documento encuadernado abierto (Figura 1). La primera comprende una parte descriptiva, el acceso al punto óptimo de observación, una localización sobre ortofotografía y dos fotografías. Estas páginas pueden ser utilizadas de manera independiente como recurso turístico-educativo colgándolas, por ejemplo, en la página web del geoparque (www.geoparkea.com). La segunda página, en cambio, es un documento de trabajo interno que contiene las tablas de valoración y caracterización del LIG, así como un apartado de recomendaciones para la conservación, el uso público y la didáctica.

Se estima que el peso de cada uno de los parámetros puede no ser el mismo en todos los casos, y que la casuística puede ser tan amplia como el número de LIG. Por ese motivo se propuso que, como norma general, el valor de cada bloque se obtuviera mediante la media aritmética de los parámetros.

Leyenda

Los valores de la leyenda están definidos conforme a la realidad del propio territorio (escala, infraestructuras, atractivos turísticos, etc.) pero pueden ser fácilmente adaptados a otras realidades con el objetivo de que todos los valores de cada uno de los parámetros sea utilizados en el proceso y aporten diferencias en la valoración de los LIG. Por ejemplo: los paseos en barco o la playa son un atractivo turístico de primer orden en el geoparque de la Costa Vasca y así se ha tenido en cuenta en los parámetros de potencialidad de uso. Este parámetro deberá ser sustituido por aquel elemento de mayor atracción turística del territorio donde se quiera aplicar la metodología (una catedral, un pueblo, un parque nacional, senderismo, etc.). Las tablas con los parámetros se pueden consultar en http://geoparkea.com/es/geologia/mapa-y-lugares-de-interes-geologico-lig.

LIG 15

LIG 15
LÍMITE KT DE ALGORRI

VALOR INTRÍNSECO: **4**
POTENCIALIDAD DE USO: **3,63**
VULNERABILIDAD: **2**

BREVE DESCRIPCIÓN DEL LIG

El límite Cretácico Paleógeno (Lim K/T) se identifica por una fina capa arcillosa de color oscuro situada en la cala de Algorri, justamente en el límite entre las margas rojizas del final del Maastrichtiense y la secuencia calcárea del Danés, también de color rojizo. El límite se caracteriza por marcar una gran extinción de la fauna marina y por presentar anomalías composicionales relacionadas con el impacto de un meteorito en Yucatán.

En detalle, la zona del límite tiene unos 5 cm de grosor y se distingue porque está afectada por una cizalla alpina, reflejada por multitud de venas de calcita, que interrumpe la continuidad lateral de la arcilla. En el interior de esta arcilla se pueden encontrar espinelas ricas en níquel, microcristitas, hollín y desde el punto de vista geoquímico, una anomalía importante de Iridio.

Desde el punto de vista paleontológico el límite KT de Zumaia marca la extinción total de los ammonites, y una drástica caída de los foraminíferos planctónicos (93 % en biomasa y 70 % en diversidad) y el nanoplancton calcáreo (80% en biomasa y 60% en diversidad), tanto en cantidad como en diversidad.

El límite KT de Zumaia ha sido uno de los afloramientos clásicos y referentes a nivel mundial para el estudio de la extinción del KT, siendo incluso citado ya por los autores de la teoría del impacto. Además, este límite fue clave para el estudio de la extinción repentina de los ammonites (Wiedman,J 1988 y Ward, P. et al. 1993). Su importancia mundial ha sido reconocida como GEOSITE y fue propuesto como GSSP para dicho límite en los años 90.

ACCESO

Desde el pueblo de Zumaia acceder en coche hasta la ermita de San Telmo y caminar por un sendero hacia la punta de Algorri (dirección NW, hacia el mar) hasta llegar a la pequeña cala de Algorri. Para acceder a la cala necesitaremos marea baja.

PUNTO ÓPTIMO DE OBSERVACIÓN

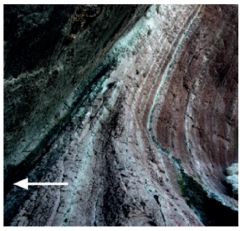
In Situ o desde el mirador de Algorri.



La zona del límite desde el mar.



LOCALIZACIÓN UTM 30N:
X= 559383 m. / Y= 4794406 m. / Alt.= 0 m.



Detalle de la capa de Algorri y el canal donde se encuentra la "capa de iridio"

LIG 15 VALORACIÓN

VALOR INTRÍNSECO

VALORACIÓN	BAJO	MEDIO	ALTO	MUY ALTO
Geomorfológico			●	
Hidrogeológico				
Tectónico / Estructural				
Estratigráfico / Sedimentológico				●
Paleontológico				●
Petrológico				
Yacimientos minerales				
Otros				

Diversidad de elementos de interés geológico presentes		Puntual	●	Conjunto	
Índice Bibliométrico: 4					
Interés económico (extractivo)	Pasado		Potencial	En activo	
Interés cultural					
Observaciones					

VALORACIÓN	1 a 4
Singularidad en el contexto geológico	4
Utilidad como modelo de referencia para mostrar procesos o geología regional	4
Nivel de relevancia	4
Estado de conservación	4
Valor medio	4

POTENCIALIDAD DE USO TURÍSTICO-DIVULGATIVO

VALORACIÓN	1 a 4
Facilidad de comprensión	3
Valor estético	4
Espectacularidad y belleza del entorno	4
Condiciones de observación	4
Accesibilidad al punto óptimo de observación	4
Infraestructura y servicios	3
Asociación con otros elementos culturales o naturales	3
Relación con otros elementos de carácter recreativo (playa, trekking, piragua, barco, BTT...)	4
Valor medio	3,63

VULNERABILIDAD Y RIESGO DE DEGRADACIÓN

VALORACIÓN		1 a 4
Vulnerabilidad intrínseca		2
Riesgo de degradación: Factores externos y causas antrópicas	Amenazas de uso público (erosión / basuras...)	3
	Amenazas actuales o potenciales de desarrollo (infraestructuras, edificaciones...)	1
	Riesgo de expolio	3

LIG'S RELACIONADOS

Geográficamente: LIG 14, LIG 16, LIG 17, LIG 18, LIG 19, LIG 20, LIG 21, LIG 22, LIG 28, LIG 31, LIG 33, LIG 34, LIG 39, LIG 41
Temáticamente: LIG 14, LIG 19.

USO PÚBLICO Y DIDÁCTICA (material didáctico, infraestructuras, visitas...)

- Se trata del LIG de mayor proyección internacional del Geoparque. No se recomienda el acceso. Se puede ver el LIG desde el mirador de Algorri.
- Incluido como punto de interpretación en el recorrido temático de Algorri con amplia información en la guía de "El Biotopo del Flysch" (IP A3) y el libro "Geodiversidad de la franja litoral Deba -Zumaia". Destacar el documental "Flysch Haitzen Hitza".
- Se recomienda poner el panel interpretativo de manera integrada en el mirador de Algorri.

GEOCONSERVACIÓN (normativa y medidas propuestas)

- Incluido en el dominio público marítimo terrestre. Protección de la ley 22/1988 de Costas.
- Zona de especial protección del biotopo litoral Deba Zumaia. La recolección de fósiles o muestras está regulada.
- Incluido en el inventario de LIGs de la CAPV y catalogado como GEOSITE internacional.
- Incluir en las normas subsidiarias de Zumaia como LIG.

LIG 15

Figura 1. Ficha tipo del inventario de LIG del Geoparque de la Costa Vasca.



Figura 1. Mapa geológico con la descripción de los 54 LIG del geoparque y una explicación sobre la evolución geológica.

CONCLUSIONES

La aplicación de una metodología sencilla y adaptada al territorio ha sido una herramienta de planificación fundamental para la gestión del patrimonio geológico en el Geoparque de la Costa Vasca. A partir de los resultados obtenidos se han priorizado nuevas líneas de investigación, se han construido infraestructuras para la interpretación y el uso público y se han llevado a cabo iniciativas concretas de geoconservación y mejora de algunos LIG. La metodología que aquí se presenta se puede adaptar fácilmente a otros geoparques.

REFERENCIAS

Bruschi, V. M. 2007. *Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la geodiversidad.* Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria. Santander, 355 pp.

Carcavilla L., López-Martínez J. y Durán J.J. 2007. *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 359 pp.

Cendrero, A. 1996. El patrimonio geológico. Ideas para su protección, conservación y utilización. En: MOPTMA. *El Patrimonio Geológico. Bases para su valoración, protección, conservación y utilización*, Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente, Madrid, 17-38.

Fuertes-Gutiérrez, I. y Fernández-Martínez, E. 2010. Geosites Inventory in the Leon Province (Northwestern Spain): A Tool to Introduce Geoheritage into Regional Environmental Management. *Geoheritage* 2, 57-75.

García-Cortés, A. y Carcavilla, L. 2014. Documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG). Versión 15. 64 pp www.igme.es/internet/patrimonio.

Geoparkea, 18/04/2017, http://geoparkea.com/es/geologia/mapa-y-lugares-de-interes-geologico-lig).

Mendia, M., Aramburu. A., Carracedo, M., Gonzalez, M. J., Monge-Ganuzas, M., Pascual, A. 2010. Lugares de Interés Geológico de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Gobierno Vasco, 180 pp.

Mendia, M., Hilario, A., Apellaniz, E., Aranburu, A., Carracedo, M., Cearreta, A., Eguíluz, L., Gil Crespo, P., Gonzalez, M. J., López-Horgue, M., Martínez Torres, L. M y Mugerza, I. 2013. El inventario de Lugares de Interés Geológico de la Comunidad Autónoma del País Vasco. En: J. Vegas, A. Salazar, E. Díaz-Martínez y C. Marchán (eds), *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo*. Cuadernos del museo Geominero 15, 457-466.

Vegas, J., Lozano, G., García-Cortés, A., Carcavilla, L. y Díaz-Martínez, E. 2011. Adaptación de la metodología del inventario español de Lugares de interés geológico a los inventarios locales de Patrimonio geológico: municipio de Enguídanos (Cuenca). En: Fernández-Martínez, E. y Castaño de Luis, R. (eds.), *Avances y retos en la conservación del Patrimonio Geológico en España*, Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España). Universidad de León. 271-276.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

PROPUESTA METODOLÓGICA PARA LA CUANTIFICACIÓN RELATIVA DEL VALOR GEOLÓGICO DEL KARST. MÉTODO PROTEKARST

PROPOSAL OF A METHODOLOGY FOR THE RELATIVE QUANTIFICATION OF THE GEOLOGICAL VALUE OF THE KARST. THE PROTEKARST METHOD

F. Carrasco[1], P. Jiménez-Gavilán[1], R. Ruiz[1], D. Sanchez[1] y J. Benavente[2]

[1] Departamento de Geología y Centro de Hidrogeología de la Universidad de Málaga, 29071, Málaga.
fcarrasco@uma.es, pgavilan@uma.es, rebecageo@uma.es y dsanchez@uma.es

[2] Departamento de Geodinámica. Universidad de Granada, 18071. Granada. jbenaven@ugr.es

Resumen: En este trabajo se indica la metodología para obtener la cuantificación relativa del valor geológico del karst, parte del método Protekarst. Se basa en la distribución zonal del patrimonio geológico, de la geodiversidad y de las formas kársticas. La integración de estas variables permite obtener la distribución del valor geológico del karst para determinar las zonas en las que es necesaria mayor protección. La metodología se aplica a cuatro macizos kársticos de Andalucía con resultados coherentes a sus diferentes características.

Palabras clave: Formas kársticas, geodiversidad, patrimonio geológico, método Protekarst.

Abstract: *In this work the methodology to obtain the relative quantification of the geological value of karst, which is a part of the Protekarst method, is indicated. It is based on the zonal distribution of geological heritage, geodiversity and karst landforms. The integration of these variables allows us to obtain the distribution of the geological value of the karst to determine the areas in which a greater protection is needed. The methodology is applied to four karstic outcrops of Andalusia with results consistent with their different characteristics.*

Key words: *Geodiversity, geological heritage, karstic landforms, Protekarst method.*

INTRODUCCIÓN

El karst constituye una parte significativa de nuestro patrimonio natural y cultural ya que posee importantes valores científicos, patrimoniales, culturales y económicos. Por todo ello, la protección del karst contribuye a la defensa global de la conservación de la geo y biodiversidad y, en general, de los valores patrimoniales en su sentido más amplio (Watson *et al*., 1997).

Todas las actividades que se desarrollan sobre el karst dan lugar a que éste se encuentre sometido a diversas presiones (Drew y Hötzl, 1999) que pueden tener efectos adversos, como destrucción de formas externas y de cavidades, importantes modificaciones del paisaje, contaminación de aguas subterráneas y

alteración de flujos o ciclos naturales de forma irreversible. Algunas regiones kársticas están total o parcialmente protegidas al estar incluidas en áreas en las que se han definido distintas figuras de protección. Sin embargo, aún existen numerosas regiones kársticas sin figura de protección o en las que se protege sólo su contenido arqueológico.

Por este motivo, se ha desarrollado el método Protekarst para la protección de las regiones kársticas en relación con las infraestructuras y otras actividades antrópicas (Carrasco *et al.*, 2014). Este método se basa en la realización de diferentes cartografías temáticas de los distintos valores característicos del karst que, una vez integradas, permiten obtener un mapa de las áreas que necesitan mayor protección. En este artículo se da a conocer la metodología utilizada para la cuantificación relativa del valor geológico, mediante su aplicación en diferentes afloramientos kársticos de Andalucía con distintas características.

METODOLOGÍA

Para la elaboración de la metodología destinada a la protección de sistemas kársticos (método Protekarst) el primer paso ha sido la determinación de los valores que deben tenerse en cuenta para la protección del karst. Estos valores han sido: geológico, botánico, faunístico, paisajístico, arqueológico, hidrogeológico, económico y social.

Posteriormente se han seleccionado las variables para la cuantificación de cada uno de los valores del karst. Se propone para cada una de ellas una metodología concreta basada en una documentación de fácil adquisición. Así, para cada macizo kárstico estudiado, se obtienen ocho mapas temáticos georreferenciados con la distribución zonal de cada valor con un rango de 1 a 5 (de menor a mayor importancia). La superposición de estas ocho capas temáticas mediante herramientas SIG proporciona un mapa en el que cada celda o pixel lleva asociado un índice obtenido a partir de los ocho valores de las celdas de las capas superpuestas.

En la propuesta metodológica para la cuantificación relativa del valor geológico de los macizos kársticos se ha considerado que el patrimonio geológico es una de las variables que mejor pueden definir el karst junto con otras como la geodiversidad y la geomorfología kárstica (Cuadro 1).

Patrimonio geológico	Valor
Ausencia de LIGs	0
LIGs relevancia local	3
Existencia de LIGs	5

Geomorfología kárstica		Valor
Formas no reconocibles o poco desarrolladas		1
Formas exokársticas	Desarrolladas	3
	Muy desarrolladas	5
Formas endokársticas	Desarrolladas	3
	Muy desarrolladas	5

Valor Geológico = 2 x PG + G + GK

PG = Patrimonio Geológico
G = Geodiversidad
GK = Geomorfología Kárstica

Geodiversidad Litologías y/o contactos mecánicos	Valor
Un tipo	0
2 tipos	1
3-4 tipos	2
5-6 tipos	3
7-8 tipos	4
Más de 8 tipos	5

Valoración Geológica		
Rango	Valor	
1-5	1	Muy Bajo
5-10	2	Bajo
10-15	3	Moderado
15-20	4	Alto
20-25	5	Muy Alto

Cuadro 1. Metodología para la cuantificación relativa del valor geológico.

La variable patrimonio geológico, determinada por el valor de los elementos geológicos de la región, se calcula según la presencia de Lugares de Interés Geológico (LIG) que existan o se propongan dentro del inventario nacional. Se han establecido cuatro niveles de relevancia (internacional, nacional, regional y local) y para su cuantificación se utilizan los criterios establecidos en el cuadro 1. Se asigna el máximo valor a la existencia de LIG, con la excepción de los de relevancia local.

La variable geodiversidad, está definida como la variedad de elementos geológicos del lugar, y su cuantificación se basa en el análisis de la diversidad litológica y los contactos mecánicos presentes, utilizando la cartografía geológica de escala 1:50.000 del IGME. Se utilizan las cuadrículas 1 x 1 km y se calcula la cantidad de tipos de litologías y la variabilidad de contactos mecánicos que hay en cada una de ellas. La puntuación que se asigna a cada cuadrícula del macizo kárstico se indica en el cuadro 1.

La variable geomorfología kárstica se cuantifica en función de la presencia o ausencia de formas superficiales o exokársticas y subterráneas o endokársticas y de su grado de desarrollo (Cuadro 1). Como resultado se obtendrá un mapa con valores comprendidos entre 1 y 10.

El valor geológico del macizo kárstico se determina por la suma ponderada de los valores de las tres variables indicadas (Cuadro 1). Mediante este procedimiento se obtiene un mapa con valores comprendidos entre 1 y 25 que se agrupan en cinco intervalos, lo cual proporciona un mapa de valoración geológica con cinco clases, que van desde el valor geológico muy bajo (1) al valor geológico muy alto (5).

RESULTADOS

Esta metodología se ha aplicado a cuatro sistemas kársticos de Andalucía (Figura 1), sierra de Mijas, sierra de Estepa, sierra Norte de Sevilla y sierra de Cazorla, que presentan diferentes características geológicas, cuyos límites se han obtenido a partir del Mapa Geológico de España del IGME de escala 1.50.000.

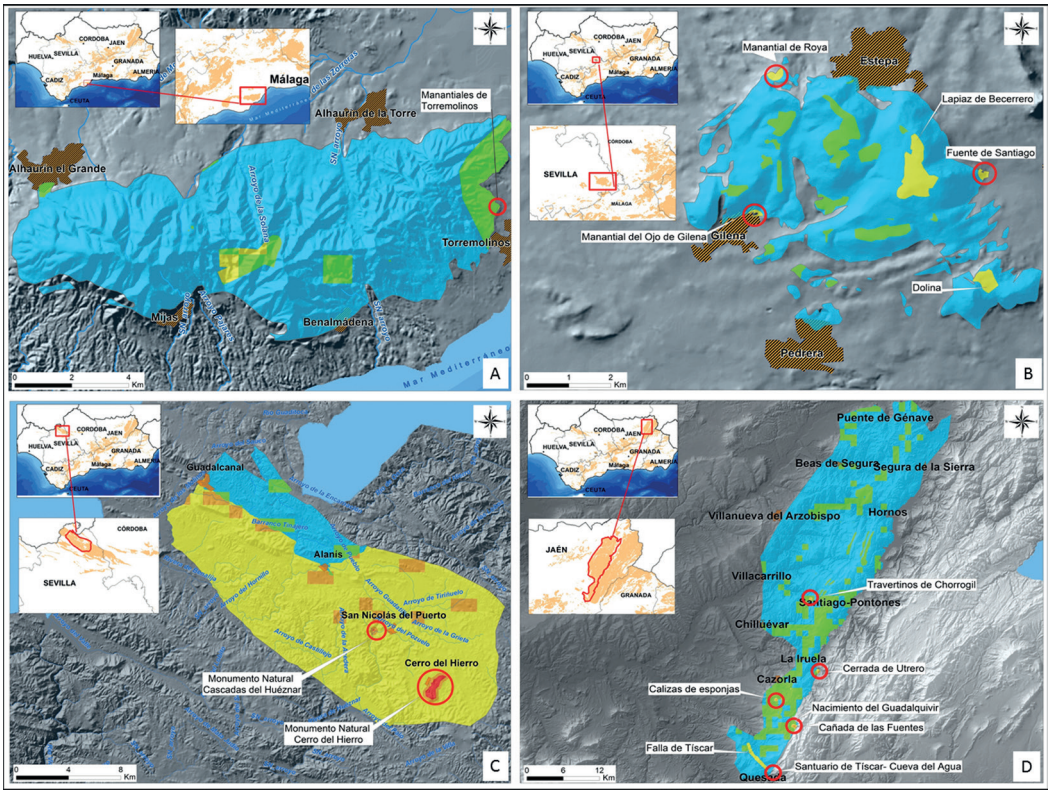


Figura 1. Cuantificación relativa del valor geológico del karst. A) Sierra de Mijas. B) Sierra de Estepa. C) Sierra Norte de Sevilla. D) Sierra de Cazorla. El significado de los colores se indica en el cuadro.

Sierra de Mijas

La sierra de Mijas, con una superficie de unos 90 km^2, se encuentra en el sector meridional de la provincia de Málaga. Está formada casi en su totalidad por mármoles dolomíticos y calizos de edad triásica pertenecientes al complejo Alpujárride de la Zona Interna de la cordillera Bética (Andreo, 1997).

Su patrimonio geológico es bajo debido a que solo presenta en su borde oriental un LIG de relevancia regional representado por los manantiales de Torremolinos y algunos sectores tienen LIGs tan solo de relevancia local debido a la litología y tectónica de los mármoles.

La valoración de la geodiversidad, en general, es baja, ya que en su mayor parte está constituida por una única litología (mármoles). Tan sólo se alcanzan valores moderados y altos en algunas áreas debido a la coexistencia de distintos tipos de litologías y de contactos mecánicos.

Las formas exokársticas son más bien escasas. El lapiaz, sin ser especialmente abundante, es la forma kárstica más extendida y no existe un gran desarrollo espeleológico, sólo hay cavidades relativamente pequeñas.

A partir de las tres variables mencionadas el valor geológico de la sierra de Mijas (Figura 1) es muy bajo en su mayor parte (89 % de la superficie). Presenta su mayor valor geológico en el sector central donde coexisten valores patrimoniales y de geodiversidad.

Sierra de Estepa

La sierra de Estepa está situada en la parte oriental de la provincia de Sevilla. La zona de estudio tiene 26 km^2 de superficie y pertenece al dominio Subbético Externo de la cordillera Bética. Los materiales carbonáticos corresponden, en su mayor parte, a un potente conjunto de calizas del Jurásico (Martos, 2008).

El patrimonio geológico, en general es muy bajo. Tan solo destacan con valores alto y muy alto tres sectores marginales debido a la presencia de manantiales que constituyen LIGs de relevancia regional.

Debido al amplio afloramiento de los materiales calcáreos con una gran uniformidad litológica, la variable geodiversidad es mayoritariamente baja y en algunos sectores incluso muy baja. Tan solo en su sector meridional existen cuadrículas en las que debido a la coexistencia de distintos tipos de litologías y de contactos mecánicos (fallas) la geodiversidad es media.

En general, tanto las formas exokársticas, como las endokársticas son más bien escasas. Las cumbres de la sierra terminan en una serie de altiplanicies, sobre las que se presentan casi la totalidad de las formas exokársticas existentes, que se limitan a un lapiaz poco desarrollado. En cuanto a las formas endokársticas no se conoce su existencia, por lo que su valor en cuanto a la geomorfología endokárstica es muy bajo para toda la sierra. Por todo ello, la variable geomorfología kárstica presenta un valor medio en las zonas con formas exokárticas más desarrolladas (lapiaces), un valor bajo en las zonas dónde estas formas están menos desarrolladas (dolinas y aplanamientos kársticos) y muy bajo en el resto del área.

Una vez ponderadas las tres variables se obtiene que casi toda la sierra presenta un valor geológico muy bajo (86%) con pequeños sectores de valor bajo (Figura 1). Tan solo las áreas cercanas a los principales vértices tienen un valor medio debido a su geomorfología kárstica.

Sierra Norte de Sevilla

La zona de estudio está situada en la provincia de Sevilla, en el extremo septentrional del Parque Natural Sierra Norte de Sevilla, enclavado en la franja occidental de Sierra Morena. Tiene una superficie de 294 km^2, de los cuales 46 km^2 quedan fuera de los límites del Parque. Está constituida, mayoritariamente, por una alternancia de areniscas, pizarras y calizas del Cámbrico, pertenecientes al Macizo Ibérico o Hespérico de la península Ibérica.

Entre los valores geológicos de la zona destacan el Cerro del Hierro y las Cascadas de la Rivera del Huéznar, ambos declarados Monumentos Naturales. Estos lugares han sido tratados en su valoración como zonas excepcionales, asignándoles la máxima valoración geológica (muy alta) con un perímetro de protección de 200 m con un valor alto.

La variable patrimonio geológico presenta un valor muy alto en el 85% de la superficie debido a que forma parte del Parque Natural de la Sierra Norte, declarado como Geoparque (LIG de relevancia internacional).

Existe una amplia gama de valores de la variable geodiversidad debido a la presencia de una gran variedad litológica y de múltiples contactos mecánicos (fallas y cabalgamientos).

La variable geomorfología kárstica, a excepción del Cerro del Hierro junto con la presencia de algunas simas, presenta un valor bajo.

Una vez ponderadas las tres variables se obtienen dos sectores (Figura 1). La mayor parte del área (86%) presenta valor geológico medio con zonas de valoración alta y muy alta (Cerro del Hierro y las Cascadas del Huéznar). El sector noroccidental (14% del total) presenta un valor geológico muy bajo debido a la ausencia de patrimonio geológico y de formas kársticas.

Sierra de Cazorla

La zona de estudio tiene una superficie de 845 km^2 de los que el 60% pertenecen al Parque Natural Sierras de Cazorla, Segura y las Villas, situado al este de la provincia de Jaén. Desde el punto de vista geológico se encuentra localizada en el dominio Prebético Externo de la cordillera Bética y está constituida mayoritariamente por dolomías y calizas del Jurásico.

La variable patrimonio geológico presenta un valor muy bajo en la mayor parte de la sierra. Tan solo tiene valores altos y muy altos en zonas puntuales debido a la presencia de diferentes LIGs de relevancia regional, entre ellos el nacimiento del Guadalquivir y la falla de Tíscar.

Existe una amplia gama de valores de la variable geodiversidad debido a la presencia de una gran variedad litológica y de múltiples contactos mecánicos (fallas y cabalgamientos).

Hay numerosas formas endokársticas (cuevas y simas) y un lapiaz muy desarrollado en el sector central de esta sierra.

A partir de las tres variables se obtiene un valor geológico bajo y muy bajo para la totalidad de la sierra, tan solo existen pequeñas zonas con valores altos que no se observan en el mapa debido a su pequeña escala (Figura 1).

DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

En el presente trabajo se indica la metodología que permite efectuar la cuantificación relativa del valor geológico del karst. Se ha elegido, en primer lugar, la variable patrimonio geológico, que en la sierra Norte de Sevilla tiene los valores más altos debido a que en su mayor parte fue declarada Geoparque. Esta variable presenta el inconveniente de que un área puede ser de interés geológico y no estar reconocida administrativamente como tal, al no estar definida como LIG, lo cual bajará su valor geológico.

La segunda variable seleccionada ha sido la geodiversidad, que aumenta el valor geológico de las sierras donde existe mayor variedad de litologías y accidentes tectónicos (sierra Norte de Sevilla y sierra de Cazorla) pero que lo disminuye en las sierras donde aflora extensamente una única litología (sierras de Mijas y Estepa), lo cual puede conducir a resultados erróneos.

La variable geomorfología kárstica es imprescindible para la cuantificación relativa del karst, tanto superficial como subterráneo. Así las regiones kársticas con un mayor desarrollo de estas formas son las que deben tener mayor valor geológico, aunque en parte es redundante con la variable patrimonio geológico, porque los LIG en el karst se han determinado principalmente por la existencia de estas formas.

A pesar de todo ello, se considera que la propuesta de cuantificación relativa del valor geológico del karst planteada conduce a buenos resultados, como ha puesto de manifiesto la validación de las cartografías

obtenidas por una comisión de expertos. Es conveniente indicar que es importante la escala de los mapas que representan los resultados debido a que si la escala es demasiado pequeña no se manifiestan claramente los sectores de alto valor geológico de tipo puntual. Por otro lado la extensión de las zonas definidas como LIGs influye notablemente en el resultado final ya que aumenta su valoración relativa como ocurre con la sierra Norte de Sevilla.

CONCLUSIONES

La metodología para el cálculo del valor geológico, establecida en el método Protekarst, aplicada a cuatro afloramientos kársticos de Andalucía ha resultado ser coherente con sus características. No obstante se considera que el procedimiento debe ser revisado en el futuro porque en parte depende de un reconocimiento administrativo de la región (declaración de LIG) y además penaliza las zonas con menor diversidad litológica.

La cartografía obtenida es una importante herramienta para establecer la interacción entre el karst y las infraestructuras viarias. El método puede contribuir a definir el proyecto de nuevas infraestructuras, para la evaluación de los impactos más relevantes sobre el valor geológico del karst de los trazados de infraestructuras ya construidas y para la definición de trazados de rutas o senderos que discurran por zonas kársticas de especial interés. También es importante en relación a la ordenación del territorio en cuanto que selecciona las zonas de mayor valor geológico del área considerada que deben estar sometidas a una mayor protección, en particular en relación con la extracción de áridos en canteras.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a la Unión Europea y a la Agencia de la Obra Pública de la Junta de Andalucía la financiación del proyecto "Protekarst" dentro del "Programa Operativo FEDER de Andalucía 2011-2013". Este trabajo es una contribución al Grupo de investigación RNM-308 de la Junta de Andalucía.

REFERENCIAS

Andreo, B. 1997. *Hidrogeología de acuíferos carbonatados en las Sierras Blanca y Mijas, Cordillera Bética, Sur de España*. Tesis Doct. Serv. Publ. Univ. de Málaga, 490 pp.

Carrasco, F. (Inv. Ppal.) 2014. *Desarrollo de una metodología para la protección de las regiones kársticas en relación con las infraestructuras y otras actividades antrópicas. Memoria proyecto* G-G13000/IDIM, Junta de Andalucía-Universidad de Málaga, 6 tomos.

Drew, D. y Hötzl, H.1999. *Karst Hydrogeology and Human Activities. Impacts, consequences and implications.* Ed. Balkema, 322 pp.

Martos, S. 2008. *Investigación hidrogeológica orientada a la gestión racional de acuíferos carbonáticos sometidos a un uso intensivo del agua subterránea. El caso de la sierra de Estepa (Sevilla).* Tesis Doct. Univ. de Granada, 529 pp.

Watson, J., Hamilton-Smith, E., Gillieson, D. y Kiernan, K (eds.). 1997. *Guidelines for caves and karst protection*, IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK, 65 pp.

Geoconservación y gestión del patrimonio geológico (inmueble y mueble), con especial atención a los espacios naturales protegidos

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

LAGUNAS GLACIARES: PATRIMONIO GEOMORFOLÓGICO SOBRESALIENTE DEL PARQUE NACIONAL DE SIERRA NEVADA

GLACIAL LAKES: OUTSTANDING GEOMORPHOLOGICAL HERITAGE IN THE SIERRA NEVADA NATIONAL PARK

A. Castillo[1], C. Almécija[2] y J. Benavente[2]

[1] Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-UGR) e Instituto del Agua (UGR). C/ Ramon y Cajal, 4. 18071. Granada.
acastill@ugr.es

[2] Departamento de Geodinámica (UGR) e Instituto del Agua (UGR). Avda. Fuentenueva, s/n. Facultad de Ciencias. 18071. Granada.
almecija@ugr.es, jbenaven@ugr.es

Resumen: Se destaca el papel sobresaliente que las morfologías glaciares, y más concretamente las lagunas, tienen en el ámbito geológico del Parque Nacional de Sierra Nevada (provincias de Granada y Almería). Otros elementos del patrimonio (paleontológicos, mineralógicos, tectónicos, estratigráficos, etc.) tienen menor visualización en esta alta montaña mediterránea. Frente a esto, los estudios y referencias bibliográficas sobre las lagunas son relativamente escasos. En ese sentido, su inventario completo se llevó a cabo 10 años después de la declaración del Parque Nacional (1999). En él se recogen 74 de estos enclaves, la mayoría distinguidos con la máxima protección como Zonas de Reserva dentro del espacio protegido. Se incide en la necesidad de ofrecer materiales divulgativos de interpretación geológica destinados a los miles de visitantes que recorren las lagunas cada verano.

Palabras clave: Glaciarismo, inventario, lagunas, patrimonio geológico, Sierra Nevada.

Abstract: *The outstanding role of the glacial morphologies, and more specifically the mountain lakes, is highlighted in the geological context of the Sierra Nevada National Park (provinces of Granada and Almería). Other heritage values (paleontological, mineralogical, tectonic, stratigraphic, etc.) have less prominence in this Mediterranean high-mountain massif. Faced with this, studies and bibliographic references on the lakes are relatively scarce. In that sense, its complete inventory was carried out 10 years after the declaration of the National Park (1999). It includes 74 of these enclaves, most distinguished with maximum protection as reserve areas within the protected space. There is a need to provide geological interpretation materials for the thousands of visitors who do trekking by the lakes every summer.*

Key words: *Glaciers, geological heritage, inventory, lakes, Sierra Nevada.*

INTRODUCCIÓN: SIERRA NEVADA Y SUS VALORES GEOLÓGICOS

Sierra Nevada (Figura 1) se localiza en Andalucía (España), dentro de las provincias de Granada y Almería. Es un macizo montañoso alargado en dirección aproximada E-O, cuya línea de cumbres se extiende a lo largo de 80 km con más de 20 vértices por encima de los 3.000 m s.n.m., entre ellos el Mulhacén (3.479 m s.n.m.), el pico culminante de la península ibérica. Con una extensión de aproximadamente 2.000 km^2, este macizo del extremo sur del continente, cerca de la frontera entre Europa y África, conforma un territorio singular, excepcionalmente rico en biodiversidad representativa del ecosistema de alta montaña mediterránea. Esta circunstancia, asociada al hecho de registrar el mayor número de endemismos de fauna y flora de la península ibérica, lo ha hecho acreedor del máximo nivel de protección ambiental: Parque Nacional, desde 1999, circunscrito especialmente a la zona de cumbres (cerca de 900 km^2, el más extenso de la red española), rodeado por una orla también protegida con nivel inferior (Parque Natural desde 1989). Previamente fue Reserva Nacional de Caza (1966) y más tarde Reserva de la Biosfera (1986).

Sierra Nevada forma parte de la Zona Interna de la Cordillera Bética y se originó en la orogenia Alpina como consecuencia de la colisión de las placas africana y europea, (Jabaloy, *et al*., 2008; Martín, *et al.,* 2008.). En el núcleo central (sector de cumbres) afloran rocas metamórficas (micasquistos, sobre todo) del Complejo Nevado-Filábride, de edad paleozoica o más antiguas, mientras que en cotas más bajas se dispone una orla carbonática del Complejo Alpujárride, de edad triásica. El relieve de las altas cumbres ha estado especialmente dominado por el modelado glaciar en distintas fases desde hace 300.000 años, y por el periglaciar desde los últimos 10.000 años (Gómez Ortiz, 2002 y 2004).

Dentro de los valores geológicos de Sierra Nevada destacan las citadas morfologías glaciares y periglaciares de sus altas cumbres, entre las que destacan las que se localizan en las cabeceras de los valles de Lanjarón, Poqueira, Genil y Siete Lagunas, reconocidas dentro de los inventarios andaluz y español (Junta de Andalucía, 2011; http://info.igme.es/ielig/). Otros elementos de este patrimonio (paleontológicos, mineralógicos, tectónicos, estratigráficos, etc.) tienen menor presencia, con la excepción del enclave de la falla de Nigüelas- declarado Monumento Natural de Andalucía- que se localiza en el borde occidental del mismo.

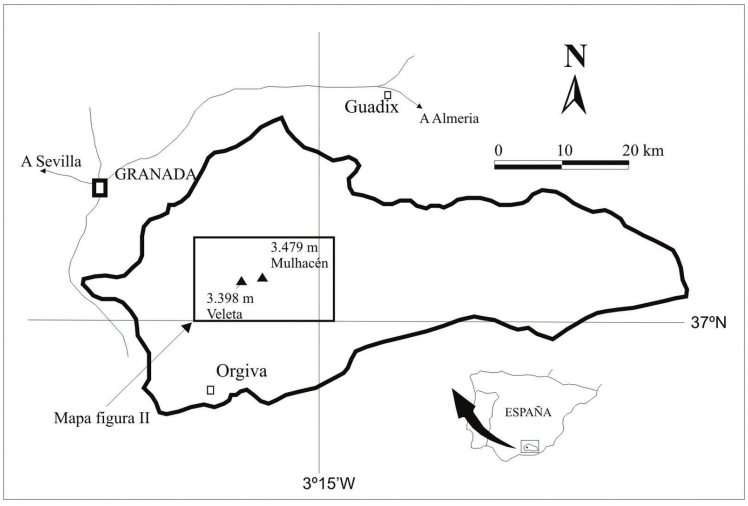


Figura 1. Localización de Sierra Nevada, con indicación del área representada en el mapa de la figura 3.

TRASCENDENCIA DE LOS VALORES GEOMORFOLÓGICOS INVENTARIADOS

Lo más valioso del patrimonio geológico español y de su geodiversidad (Ley 42/2007 y Ley 33/2015; Carcavilla *et al.*, 2007) ha sido recogido en diferentes inventarios, entre ellos el más completo es el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG) (http://info.igme.es/ielig/), con más de tres millares de localizaciones, de las que cerca de un 38 % lo son por su interés principal geomorfológico según hemos podido contabilizar. El proyecto Global Geosites (García-Cortés, 2008) seleccionó 215 enclaves de interés internacional. De ellos, un 13,5 % lo fueron por su interés geomorfológico, ninguno por su modelado glaciar, al no haber contexto geológico que lo incluyera. De forma más concreta, el Inventario Andaluz de Georrecursos (Junta de Andalucía, 2011) contempla 664 georrecursos de los que el 22,7 % son por interés geomorfológico, si bien apenas el 0,5 % (sólo 4) corresponden a morfologías glaciares, todas ellas altos valles de Sierra Nevada: la cabecera del río Lanjarón (código 293), la cabecera del río Poqueira (289), la cabecera del río Genil (293) y el circo de Siete Lagunas, donde, junto a todo un conjunto de morfologías glaciares, se encuentran buena parte de las lagunas existentes. El IELIG incluye el ámbito de estos cuatro georrecursos con el nombre genérico de "Lagunas glaciares de Sierra Nevada" (AND643).

Estos datos muestran la proporción de lugares inventariados por interés geomorfológico, en concordancia con sus notables atracciones geoturísticas, las cuales conllevan una excelente visualización y empatía con el patrimonio geológico. Para destacar el interés estético y paisajístico que suscitan las formas del modelado, basta citar sólo en Andalucía los ejemplos de la Cueva de Nerja o la Gruta de las Maravillas (Aracena), el Torcal de Antequera, o determinados enclaves de los geoparques de Cabo de Gata, la Sierra Norte de Sevilla o las Sierras Subbéticas- y, de forma específica, las lagunas glaciares de Sierra Nevada- todos ellos visitados cada año miles de personas.

LAGUNAS DE SIERRA NEVADA: CARACTERÍSTICAS Y CONSERVACIÓN

El glaciarismo cuaternario de Sierra Nevada fue de baja intensidad, muy diferente en sus morfologías (de ahí su interés científico también) del más reconocido de Pirineos o Alpes dentro del continente europeo (Gómez Ortiz, 2002 y 2004). Las últimas fases frías regresivas (entre 20.000 y 10.000 años) dieron lugar a morfologías de retroceso donde quedaron finalmente alojadas las lagunas. De esta forma, la inmensa mayoría de estos enclaves hídricos ocupan nichos de nivación y cubetas de sobreexcavación, muy cerca de la línea de cumbres, entre 2.600 y 3.100 m de altitud, donde, como curiosidad, se encuentran las más altas de Europa. La mayoría de las lagunas son de circo con emisario, mientras que son escasas las cerradas o endorreicas y las de fondo de valle (Castillo, 2009). En la figura 2 se muestran algunos tipos representativos, dentro de la gran variedad existente. Consecuentemente con la relativa baja intensidad del glaciarismo, las cubetas y sus áreas vertientes son de modesta entidad y poseen láminas de aguas pequeñas (superficie media de 0,33 ha), someras y en muchas ocasiones temporales.

En la figura 3 se muestra el mapa inventario (Castillo, 2009) con la localización de las 74 lagunas existentes, casi todas recogidas en el Plan Rector de Uso y Gestión del Espacio Natural (BOJA, 2011). De ellas destacan unas 30 de aguas permanentes, tratadas en una obra especialmente divulgativa (Castillo, 2013), para las que se elaboraron fichas de visita con la finalidad de acercar su conocimiento al público, promover su conservación y facilitar su utilización y disfrute sostenibles como elementos de geo y biodiversidad. Desde entonces, el Servicio de Interpretación de Altas Cumbres y los guías del Espacio Protegido vienen utilizando esta información, la única publicada hasta el momento de tipo divulgativo sobre las lagunas de Sierra Neva-

da, así como los trabajos de Martín *et al*. (2008) y de Jabaloy *et al*., (2008) para aspectos de geología general y de geomorfología glaciar. El interés general, y geomorfológico en particular, de estas lagunas es elevado por su valor intrínseco, todas ellas incluidas como Zonas de Reserva dentro del Parque Nacional de Sierra Nevada (BOJA, 2011). Muy destacable también es el interés de las lagunas y de sus "borreguiles" asociados como laboratorios y observatorios del Cambio Global en proyectos internacionales (GLOCHAMORE y LIFE ADAPTAMED, www.juntadeandalucia.es) actualmente vigentes.

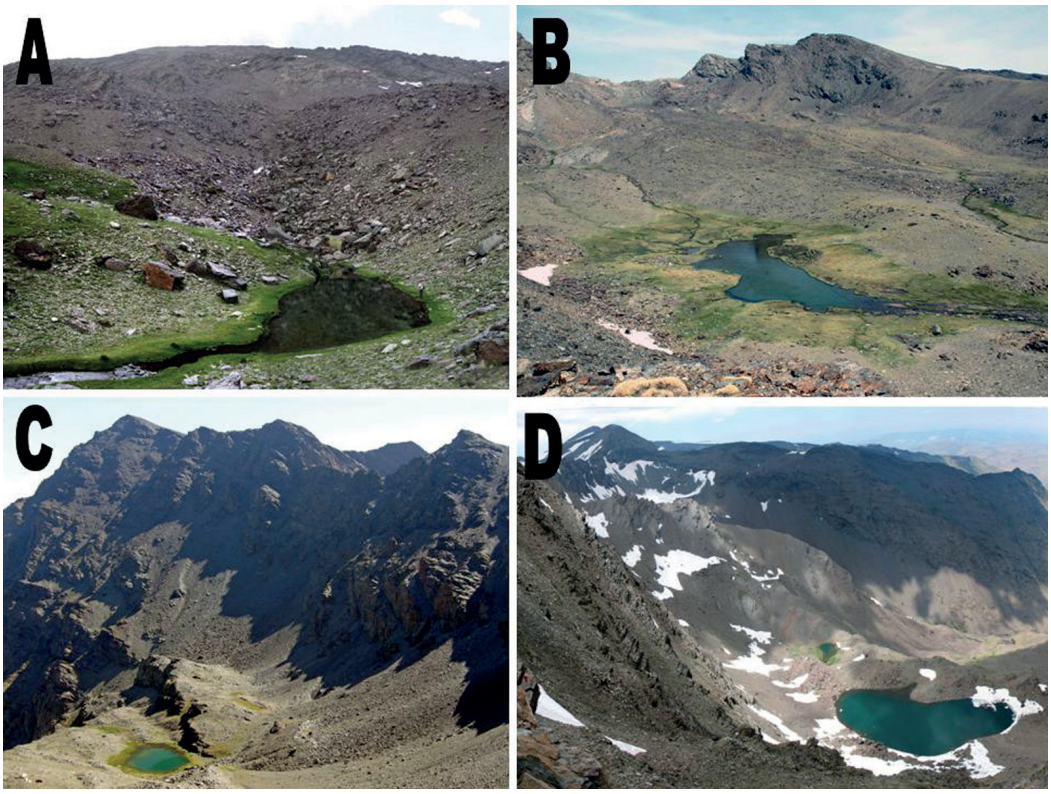


Figura 2. Algunos tipos de lagunas de Sierra Nevada, A.- Lagunillo Misterioso (de morrena, abierta). B.- Laguna Hondera (de valle, abierta). C.- Laguna de la Mosca (de circo, abierta). D.- Laguna Larga (de circo, cerrada).

El grado de conservación de las lagunas de Sierra Nevada es bueno, con un nivel de amenazas e impactos antrópicos bajo (Castillo, 2009). Aunque pudiera entenderse por su situación de alta montaña que son sistemas vírgenes e inalterados, están sometidas a cierta antropización por actividades ganaderas extensivas. Algunas están manipuladas hidrológicamente para irrigación de pastizales ("borreguiles"), mientras que la mayoría están sometidas a una sensible eutrofización por los deshechos del ganado que pasta en sus bordes. La elevada afluencia de visitantes estivales es una amenaza creciente, que se traduce en erosión de pastizales (vivaqueo), vertidos y remoción de fondos, pese a las pertinentes prohibiciones. En cualquier caso, las amenazas más preocupantes están relacionadas con el calentamiento global. De este modo, cada vez son

más frecuentes los agotamientos estivales por disminución de nevadas, adelanto de deshielos y aumento de perdidas por evaporación. Pese a todo, el proceso más irreversible es el de su progresiva colmatación por el incremento en las tasas de erosión por escorrentía difusa al desaparecer la capa protectora nival. La afección se está acelerando además, con el incremento de las temperaturas, por procesos bióticos, como es el crecimiento de vegetación hidrófila, de forma que algunas lagunas primitivas son hoy mullidos "borreguiles" o están en tránsito hacia ellos como zonas palustres ("chancales").

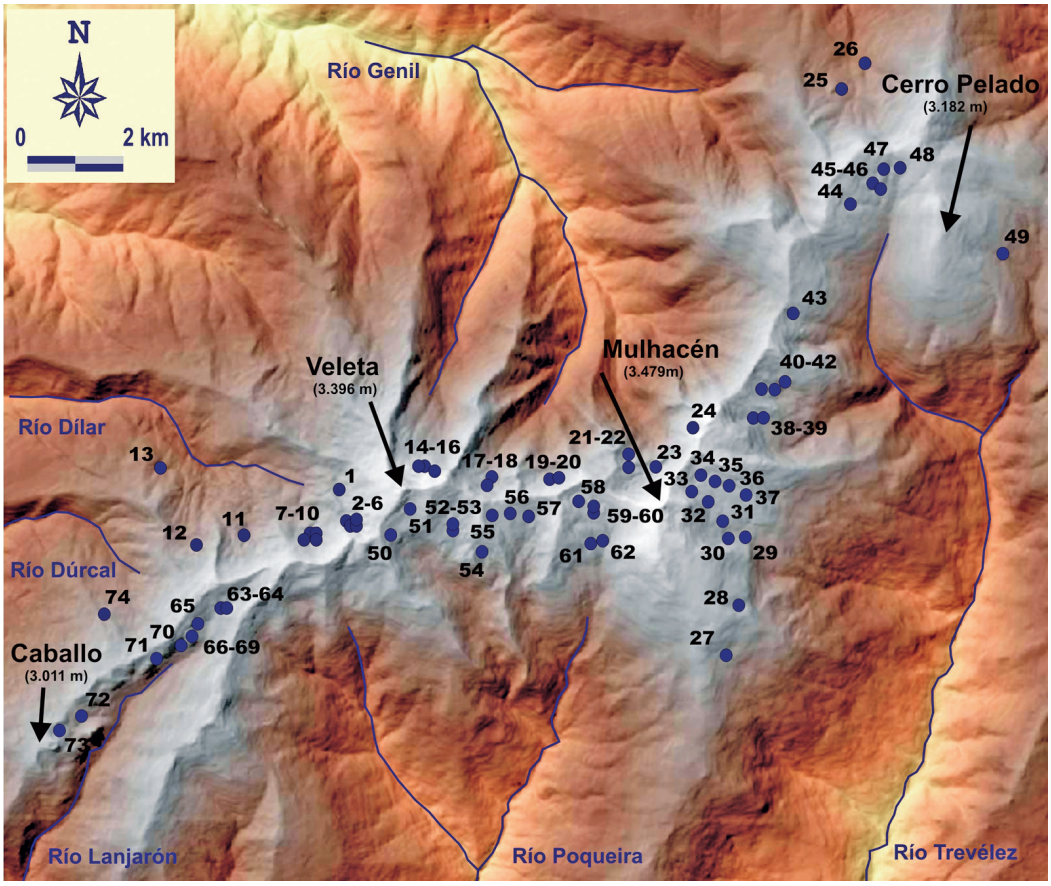


Figura 3. Mapa inventario de las lagunas del Parque Nacional de Sierra Nevada. Ver situación en Figura 1. Relación de nombres en Castillo (2009).

CONCLUSIÓN Y PROPUESTAS DE FUTURO

A nuestro juicio, el patrimonio geológico español y la geodiversidad tienen en las manifestaciones geomorfológicas unos de los elementos más atractivos y que generan mayor empatía con el público, con el geoturismo y con la Geología como disciplina en general. Aunque no se dispone de datos, muchos lugares

de interés geomorfológico, como pueden ser cuevas, cañones, playas, o paisajes exokársticos, volcánicos o glaciares, disponen de notables afluencias de visitantes. Este tipo de elementos patrimoniales, de los que muy pocos corresponden a morfologías glaciares, podrían potenciarse más en base a sus valores educativos, divulgativos, de conocimiento y de aprecio. En concreto, en el Parque Nacional de Sierra Nevada, las singulares morfologías glaciares y periglaciares, y las lagunas en especial, son georrecursos sumamente apreciados por la ciudadanía, aparte de los más visitados, entre otras razones por estar localizados en los recorridos de altas cumbres (a través del Servicio de Interpretación de Altas Cumbres y de los guías del Espacio Protegido). En ese sentido, se echan en falta trabajos de investigación, materiales de apoyo divulgativo y mayores reconocimientos para esos enclaves hídricos tan valiosos de geo y biodiversidad. Paradójicamente, estas lagunas y sus "borreguiles" asociados se han convertido últimamente en magníficos laboratorios y observatorios del Cambio Global en proyectos internacionales.

AGRADECIMIENTOS

Este artículo se ha beneficiado de los trabajos realizados en el marco de los proyectos "Lagunas de Sierra Nevada" y "Conoce tus Fuentes" (www.conocetusfuentes.com). De igual forma, se agradece a los revisores anónimos sus acertadas aportaciones, que sin lugar a dudas han mejorado la versión definitiva.

REFERENCIAS

BOJA, 2011. Decreto 238/2011, de 12 de julio, por el que se establece la ordenación y gestión de Sierra Nevada. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía.

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

Castillo, A. 2009. *Lagunas de Sierra Nevada*. Ed. Universidad de Granada, 317 pp.

Castillo, A. 2013. *Sierra Nevada, sus lagunas más bellas*. Ed. Paisajes del Agua, 261 pp.

García-Cortés, A. (coord.) 2008. *Contextos geológicos españoles: una aproximación al patrimonio geológico español de relevancia internacional*. Instituto Geológico y Minero de España, 235 pp.

Gómez Ortiz, A. (coord.), 2002. *Mapa geomorfológico de Sierra Nevada*. Ed. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, 86 pp + mapa.

Gómez Ortiz, A. 2004. El conocimiento glaciar de Sierra Nevada. *Real Academia de Doctors*. Publicacions, 112 pp.

Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG), 5/2/17, http://info.igme.es/ielig/

Jabaloy, A., Galindo, J. y Sanz de Galdeano, C. 2008. *Guía geológica de Sierra Nevada*. Ed. Diputación de Granada. Col .Libros de la Estrella, 184 pp.

Junta de Andalucía, 2011. *Inventario de Georrecursos de Andalucía*.

Ley 42/2007, de 13 de diciembre, de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. BOE, nº 299.

Ley 33/2015, de 21 de septiembre, por la que se modifica la Ley de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. BOE, nº 227.

Martín, J., Braga, J. C. y Gómez-Pugnaire, M. T. 2008. *Itinerarios geológicos por Sierra Nevada: Guía de Campo*. Ed. Consejería de Medio Ambiente, Junta de Andalucía, 267 pp.

Proyecto Glochamore: *Global Change and Mountain Regions*. Observatorio internacional del cambio climático. Proyecto Life Adaptamed. Protection of key ecosystem services by adaptive management of climate change endangered mediterranean socioecosystems, 5/2/17, http://www.juntadeandalucia.es.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

PROPUESTA DE GESTIÓN PARA EL GEOSITIO "CAMPO DE DUNAS DE LA JOAQUINA", FLORINÓPOLIS, SANTA CATARINA, BRASIL

MANAGEMENT PROPOSAL FOR THE JOAQUINA DUNE GEOSITE, FLORIANÓPOLIS, SANTA CATARINA, BRAZIL

C. Covello[1], N.O. Horn Filho[2] y J. Brilha[3]

[1] Programa de Posgrado en Geografía, Departamento de Geociencias, Centro de Filosofía y Ciencias Humanas, Universidad Federal de Santa Catarina. Campus Universitario Trindade, 88040-900, Florianópolis, Brasil. cristainis@gmail.com.

[2] Programa de Posgrado en Geografía, Departamento de Geociencias, Centro de Filosofía y Ciencias Humanas, Universidad Federal de Santa Catarina. Campus Universitario Trindade, 88040-900, Florianópolis, Brasil. horn@cfh.ufsc.br.

[3] Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad del Minho. Campus de Gualtar, 4710-057, Braga, Portugal. jbrilha@dct.uminho.pt.

Resumen: La municipalidad de Florianópolis todavía no conoce su patrimonio geológico. Por lo tanto, se está elaborando un inventario donde han sido identificados 19 lugares de interés geológico. La gran parte de estos radican en Áreas Naturales Protegidas (ANP), sin que ello garantize su protección. El campo de dunas de la Joaquina dispone de una alta valoración científica y turística, aunque estando en el ANP del *Parque Municipal Dunas da Lagoa da Conceição*, existen innumerables amenazas a su integridad, como la expansión urbano-turística, la práctica de deportes y la realización de rutas senderistas sin control, así como la ausencia de un tratamiento sanitario que evite la contaminación del acuífero asociado. Se sugiere, como propuesta de gestión, la concienciación de la comunidad, la delimitación del área del Parque, el deslinde de zonas, la instalación de paneles interactivos que presenten la geodiversidad del campo de dunas y la biodiversidad, como también, letreros con las normas de conducta en esta misma área.

Palabras clave: Área natural protegida, Brasil, campo de dunas, lugar de interés geológico, patrimonio geológico, propuestas de gestión.

Abstract: *The municipality of Florianópolis in Southern Brazil does not have a geoheritage strategy until now. In order to invert this situation, a geosite inventory is being carried out. Most of the 19 geosites identified so far are located inside protected areas but this does not guarantee their full protection. One of these geosites is the Joaquina sand dune field located in Santa Catarina island. It has a high scientific and tourist value but even if it is inside the Dunas da Lagoa da Conceição Municipal Park, there are several threats to its integrity, such as urban-tourist development, sport practices and pedestrian trails done without any type of control, and lack of sanitary treatment that can cause the contamination of the associated aquifer. As a management proposal, we suggest the raise of community awareness, delimitation of the park area and creation of management zoning, and interpretive panels focused on the local geodiversity and biodiversity features, as well as board signs with the code of conduct inside the park area.*

Key words: *Brazil, dune field, geosite, geological heritage, management proposals, Protected area.*

INTRODUCCIÓN

La ciudad de Florianópolis, capital del estado de Santa Catarina (SC), Brasil, tiene como su territorio la isla de Santa Catarina (424 km²) y una pequeña porción del continente (11,9 km²), totalmente urbanizada. Su paisaje cuenta con una belleza singular, caracterizada por la presencia de macizos rocosos interconectados con los sedimentos de la planicie costera que, asociados al clima, posibilitaron la formación de una diversidad de ecosistemas costeros. Con más de 117 playas arenosas, lagunas, lagos, dunas, acantilados, marismas y manglares, es el atractivo de miles de turistas y el uno de los motivos que los trae a vivir ahí.

Sin embargo, a pesar de disponer de un 45% de su territorio protegido bajo la figura del Área de Preservación Permanente (APP), la diversidad de ecosistemas y patrimonio natural de Florianópolis se están degradando y poco a poco va sucumbiendo ante la expansión de núcleos urbanos y rutas de acceso, promociones inmobiliarias (urbanizaciones, condominios, edificios, y otros) o infraestructuras turísticas. Este modelo de desarrollo estimula la pérdida de la geodiversidad y del patrimonio geológico, que todavía es poco reconocido por la sociedad.

Con la finalidad de identificar el patrimonio geológico de Florianópolis más singular y representativo de su evolución geológica y geomorfológica, se ha comenzado con la realización de un inventario de patrimonio geológico para, posteriormente, tratar de implementarlo con posibles estrategias de geoconservación. Éstas, tendrán como objetivo promover el conocimiento de la geodiversidad local, la educación en geociencias y el geoturismo, además de contribuir al ordenamiento territorial del municipio y al establecimiento de planes de gestión relacionados con la geodiversidad.

En la etapa inicial del inventario fueron identificados 32 lugares de interés geológico, distribuidos en 14 categorías temáticas. Este artículo tiene como objetivo presentar uno de los lugares de interés geológico seleccionados, el Campo de Dunas de la Joaquina, que tiene un alto valor científico, destacando sus características geológicas, su actual situación (accesibilidad, protección, usos y amenazas) y anticipar nuestras propuestas de gestión.

LOCALIZACIÓN Y MARCO GEOLÓGICO

Florianópolis se localiza en la región sur del Brasil, en el sector central del litoral del estado de Santa Catarina comprendido entre los paralelos 27°21' y 27°50' de latitud sur y los meridianos 48°20' e 48°35' de longitud oeste (Figura 1). La isla de Santa Catarina y el continente, que constituyen el territorio de la ciudad, están separados por las bahías norte y sur, pero se hallan interconectados por medio de un estrecho de aproximadamente 500 m de anchura, sobre el que se extienden tres puentes de acceso al continente.

La ciudad se asienta sobre rocas antiguas del *Ciclo Brasiliano*, diques cretácicos del *Enjambre de Diques Florianópolis* y depósitos cuaternarios continentales y de transición marino-continental. Desde un punto de vista geológico-geomorfológico, se distinguen dos dominios fundamentales: a) dominio de colinas, montañas y elevaciones; b) dominio de las planicies costeras que interconectan estas elevaciones.

El dominio de colinas, montañas y elevaciones está constituido por migmatitas del *Complejo de Aguas Mornas*, granitos *São Pedro de Alcântara e Ilha*, y por rocas ígneas ácidas que componen la *Suíte Cambirela* (rocas piroclásticas y *Granito Itacorubi*). Estas rocas son intersectadas por diques básicos, ácidos e intermediarios del *Enjambre de Diques Florianópolis*, así como por rocas cataclásticas y diversas fallas/fracturas (Tomazzoli & Pellerin, 2015).

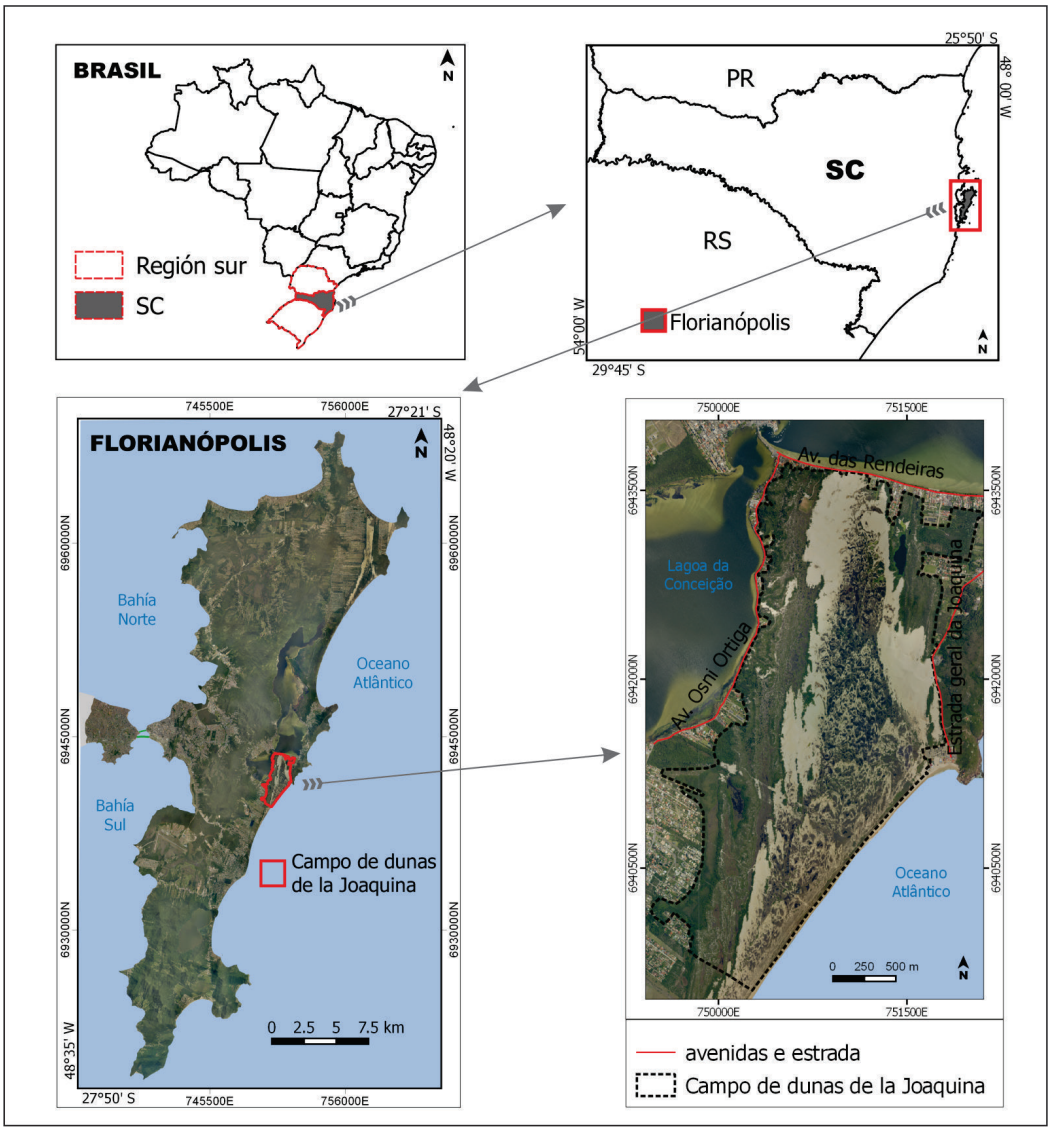


Figura 1. Mapa de localización del campo de dunas en la ciudad de Florianópolis, Santa Catarina, Brasil.

En el dominio de la planicie costera, los sedimentos cenozoicos están anclados en los macizos rocosos. Los tipos sedimentarios varían en función del ambiente de depósito: desde coluvial-aluvial (continental) a marino, pasando por medios de transición como el eólico, lagunar y estuarino. En la planicie costera de Florianópolis se han diferenciado cartográficamente las siguientes unidades del Holoceno: depósitos eólicos, lagunas, playas, palustres y depósitos fluvio-lagunares. Del Pleistoceno se han caracterizado depósitos eólicos, y del Cuaternario indiferenciado depósitos aluviales y coluviones (Horn Filho *et al.*, 2014).

EL LUGAR DE INTERÉS GEOLÓGICO DE CAMPO DE DUNAS DE LA JOAQUINA

Descripción geológica

El campo de dunas de la Joaquina (Figura 1), también nominado dunas de la *Lagoa da Conceição*, corresponde a la categoría temática "Depósito eólico holoceno". Está localizado en la porción centro-oriental de la isla de Santa Catarina, en las coordenadas geográficas UTM 22 J 751544 m E (latitud sur); 6942052 m S (longitud oeste), contiguo a la laguna de la *Conceição*, y engloba un área de 453 hectáreas.

Se extiende aproximadamente 3,5 km en longitud y su anchura varía entre 2,0 km, al sur, y 1,2 km a lo largo de las márgenes de la *Lagoa da Conceição* (Caruso, 1993). El complejo dunar presenta una altitud media de 10 m y máxima de 40 m, y avanza hacia el continente formando una barrera costera con pendiente muy suave que restringe una laguna costera.

El campo de dunas tiene orientación SE-NO y probablemente se halla activo desde el Pleistoceno (Bigarella, 2000). Se originó a partir del retrabajamiento y transporte eólico de los sedimentos arenosos finos que constituyen el depósito de playa de la Joaquina, conformando un campo de dunas fijas, semifijas y activas de diferentes generaciones, presentando formas parabólicas y barjanoides más antiguas, y formas transversales y longitudinales dispersas, aflorando igualmente una serie de depresiones húmedas interdunares con lagos efímeros.

Bigarella (2000) realizó mediciones en una duna parabólica en el campo de dunas de la Joaquina durante un periodo de 20 años, de 1975 a 1995, y ha confirmado el avance de la cresta de las dunas hacia el NE. La dirección del viento en la región es principalmente NE, pero, el campo de dunas es en su gran parte influenciado por los vientos provenientes del cuadrante sur, que ocasionan un cabalgamiento de las dunas sobre los afloramientos del cerro de la Joaquina.

Los sedimentos eólicos están formados por arenas de cuarzo, finas y medias, estratificadas, bien seleccionadas y redondeadas, de coloración blanca a amarillo verdoso. Estos sedimentos están relacionados con el sistema deposicional laguna-barrera IV de edad holocena (Horn Filho *et al*., 2007; 2012).

El campo de dunas de Joaquina, según Bigarella (1975; 1979; 2000) y Bigarella *et al.* (2005), constituye un área de valor excepcional para el estudio de depósitos eólicos, tanto desde el punto de vista sedimentológico e geomorfológico, como también para el estudio de los depósitos de cabalgamiento procedentes de rampas de disipación localizadas al este, junto con los cerros graníticos.

Del punto de vista hidrogeológico el área del campo de dunas constituye un sistema acuífero compuesto por sedimentos no consolidados denominado Joaquina, que tiene gran porosidad y es capaz de acumular y almacenar gran cantidad de agua de buena calidad (Guedes Jr., 1999).

Accesibilidad, protección, usos y amenazas

El acceso al campo dunar es fácil, por la avenida Osni Ortiga y avenida de las Rendeiras, en dirección a la playa de la Joaquina. De por sí es un punto de inmejorable utilización turística, internacionalmente conocido y asociado a un contexto de gran belleza natural, proporcionado por el mosaico de paisajes vinculados con la laguna de la Conceição.

Legalmente protegida, el área del campo de dunas se localiza en el *Parque Municipal de las Dunas de la Lagoa da Conceição*, sin embargo, esta declaración no garantiza su protección efectiva. El parque fue creado en 1988, con la finalidad de aprovechar las condiciones singulares de este paraje natural para el desarrollo de

actividades educativas y recreativas. No obstante, el parque no dispone de un plan de manejo que establezca las normas, restricciones para el uso, desarrollo de acciones y gestión de sus recursos naturales. Aun así, recientemente se han iniciado los trámites legales para ampliar el parque y recoger en ámbito de las contiguas dunas del Campeche, un área de 121 hectáreas protegida mediante el Decreto 112/85.

Hasta la década de 1960, las áreas de dunas eran utilizadas para fines agropecuarios, resultando en la deforestación de la región. Este impacto sin embargo, no alteró significativamente las condiciones del sistema. Con el abandono de estas actividades el ambiente natural de algunas áreas se regeneró. No obstante, a partir de la década de 1980, el crecimiento poblacional y urbano ha aumentado cada vez más, y consecuentemente, los impactos negativos existentes han sido cada vez mayores, produciéndose la fragmentación de los ecosistemas y la alteración de sus características físicas y biológicas (Hauff, 1996).

Actualmente el crecimiento urbano de la ciudad ya está cerca a los límites del parque y puntualmente lo ha superado, invadiendo el área protegida. Otras amenazas al campo de dunas son la práctica de actividades deportivas como el *sandboard*, y la realización de senderismo libre sin ningún control o señal; el aparcamiento de vehículos sobre el área de las dunas, así como, la desestabilización de los frentes de dunas sobre las rutas de circulación de vehículos (Av. das Rendeiras y Estrada Geral da Joaquina).

Aparte de estos hechos, la inadecuación o inexistencia de sistemas de tratamiento de efluentes adecuados a este medio, así como la persistencia en el uso de fosas sépticas, podrían contaminar los recursos hídricos subterráneos. La explotación de estas aguas sin ningún control de profundidad y caudal, también podría disminuir el volumen del acuífero. Realidad que puede acelerar y aumentar la contaminación por una gestíon sanitaria inadecuada (Hauff, 1996).

Propuestas de gestión

Debido a la fragilidad del ambiente de dunas es imprescindible establecer criterios y prever restricciones claras que objetiven su protección y la de su vegetación fijadora. Debido al que el lugar de interés geológico se ubica en un área protegida, es extremadamente necesario la redacción del plan de manejo del parque, para la definición efectiva de normas, unidades de gestión y tipos de usos permitidos. Para eso, es necesario que el plan sea construido junto a la comunidad, que debe ser concienciada de la importancia de conservar y proteger este patrimonio natural, no solamente del ecosistema, flora, fauna e hidrología, sino también del valor de los diferentes tipos y formas de dunas.

Por todo lo cual, se propone: 1) Incentivar la comunidad a monitorear el uso y ocupación del campo de dunas en alianza con los órganos del gobierno responsables; 2) Realizar la delimitación de áreas del parque que hacen límite con las áreas urbanas, evitando la expansión de éstas; 3) Delimitar los senderos de acceso a la playa localizados en el área del parque, evitando el pisoteo en la vegetación y la consecuente desestabilización de las dunas; 4) Señalar los senderos de la *Coruja buraqueira*, en el área del parque y definir las rutas de los senderos en las partes menos frágiles de las dunas, separando las destinadas a los caminantes y de las dedicadas a las prácticas controladas de equitación; 5) Establecer el área donde se permitirán las prácticas deportivas y delimitar la zona de aparcamiento de vehículos; 6) Instalar paneles interpretativos relacionados al lugar de interés geológico, fauna y flora, y letreros con normas de conducta en el área del parque; 7) La municipalidad tendrá, con urgencia, que implementar un sistema de tratamiento y recogida de residuos sanitarios, evitando la contaminación del acuífero y del mar.

CONCLUSIÓN

El crecimiento urbano es una gran amenaza para la preservación del patrimonio geológico y natural de Florianópolis, así como su utilización inadecuada por medio de prácticas deportivas y de senderos peatonales. Para promover la conservación del lugar de interés geológico *Campo de Dunas de la Joaquina* es imprescindible la gestión de su patrimonio natural, inicialmente, por medio de la elaboración de un plan director, donde será definida su zonificación. Este plan debe ser elaborado conjuntamente con la comunidad del entorno y la población de Florianópolis, con el fin de que la sociedad cobre consciencia del valor del patrimonio natural de la ciudad y colabore con su conservación. Por lo tanto, es primordial desarrollar actividades educativas como conferencias, cursos y actividades en las escuelas, pues las personas sólo protegen aquello que verdaderamente conocen.

REFERENCIAS

Bigarella, J. J. 1975. Lagoa dune field, state of Santa Catarina, Brazil - a model of eolian and pluvial activity. *Boletim Paranaense de Geociências,* 33, 133-167.

Bigarella, J. J. 1979. The Lagoa dune field. En: Mckee, E.D. (ed.). A study of global sand seas. *Geological Survey Professional Paper,* 1052, 114-134.

Bigarella, J. J. 2000. Parabolic dune behavior under effective storm wind conditions. *Revista Brasileira de Geomorfologia,* 1(1), 1-26.

Bigarella, J.J., Klein, A.H.F., Menezes, J.T. y Vintem, G. 2005. Sub-tropical coastal dunes: examples from southern Brazil. *Journal of Coastal Research,* SI42, 113-137.

Caruso Jr., F. 1993. Mapa geológico da ilha de Santa Catarina - Escala 1:100.000. Texto explicativo e mapa. *Notas Técnicas*, 6, 1-28.

Guedes Jr., A. 1999. *Mapeamento hidrogeológico da Ilha de Santa Catarina utilizando geoprocessamento.* Florianópolis. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Santa Catarina, 114 pp.

Hauff, S.N. 1996. *Diagnóstico ambiental integral da bacia hidrográfica da lagoa da Conceição – Florianópolis, SC*. Florianópolis, Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Geografia. Universidade Federal de Santa Catarina, 151 pp.

Horn Filho, N. O. (Org.); Leal, P. C. y Oliveira, J. S. 2014. *Geologia das 117 praias arenosas da ilha de Santa Catarina, SC, Brasil.* Florianópolis: Programa de Pós-Graduação em Geografia, Universidade Federal de Santa Catarina, 228 pp.

Horn Filho, N. O., Livi, N. S., Damasio, M., Silva, M. da, Puhl, P. R., Bexiga, G. M. S., Leal, R. A., Machado, V. C., Andrade, B., Heidrich, C.; Covello, C., Lourenço, L. L., Machado, M. A. y Diebe, V. C. 2012. Mapa geológico da planície costeira das folhas Florianópolis (SG-22-Z-D-V-2) e Lagoa (SG-22-Z-D-VI-1), Santa Catarina, Brasil. En: Horn Filho, N. O. (org.). *Atlas geológico da planície costeira do estado de Santa Catarina em base ao estudo dos depósitos quaternários*. Série mapas IBGE – Mapa n°6. Escala 1:100.000. Florianópolis: UFSC/CFH (Departamento de Geociências e Programa de Pós-graduação em Geografia), CNPq.

Horn Filho, N. O., Diehl, F. L., Amin Jr, A.H., Meirelles, R.P. y Abreu, J. G. N. 2007. Coastal geology of the Central-north litoral of the Santa Catarina state, Brazil (8th ICS 04 Proceedings). *Journal of Coastal Research,* SI39: 1723-1726.

Tomazzoli, E. R. y Pellerin, J. R. G. M. 2015. Unidades do mapa geológico da ilha de Santa Catarina: as rochas. *Revista Geosul*, 30(60): 225-247.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

GEOHERITAGE INVENTORIES AS MEANS, NOT ENDS: EXAMPLE OF THE COASTAL REGION OF SÃO PAULO STATE, BRAZIL

LOS INVENTARIOS DE PATRIMONIO GEOLÓGICO COMO MEDIO, NO COMO FIN: EJEMPLO DE LA REGIÓN COSTERA DEL ESTADO DE SÃO PAULO, BRASIL

M.G.M. Garcia, E.A. Del Lama, C.L.M. Bourotte, C.E.M. Mazoca, D.C. Bacci and V.M.N. Santos

Centre for Research Support in Geological Heritage and Geotourism (GeoHereditas), Institute of Geosciences, University of São Paulo, Rua do Lago, 562, CEP 05508-080, São Paulo, SP, Brazil. mgmgarcia@usp.br, edellama@usp.br, chrisbourotte@usp.br, carlos.mazoca@usp.br, bacci@usp.br, vania.mns@uol.com.br

Abstract: *This paper describes several geoconservation actions carried out in the coastal region of São Paulo State, Brazil, having as their basis the inventory of geological heritage. The region is marked by an outstanding geological history that holds registers related to the evolution and breakup of West Gondwana Supercontinent, since Neoproterozoic to the recent, going through the opening of South Atlantic Ocean. It is also home for important traditional communities and several intangible cultural heritage features. The main actions are the study of the relationship between natural and cultural heritage, the implementation of interpretive panels that convey local geological history, social learning involving participatory methodologies as tools to elaborate geoconservation strategies, confection of workbooks with educational activities based on local geological materials and landscapes, interpretation of the geology along ecotourism trails, and geosciences courses for environmental guides. All these actions require a systematic, well-founded inventory for solid geoconservation actions and public policies on the management of geoheritage.*

Key words: Brazil, geoconservation, geoheritage, inventory.

Resumen: *Este artículo describe varias acciones de geoconservación llevadas a cabo en la región costera del Estado de São Paulo, Brasil, teniendo como base el inventario de patrimonio geológico. La región está marcada por una destacada historia geológica que posee registros relacionados con la evolución y desintegración del supercontinente de Gondwana Occidental, desde el Neoproterozoico hasta el reciente, pasando por la apertura del Océano Atlántico Sur. También alberga importantes comunidades tradicionales y varios elementos del patrimonio cultural intangible. Las principales acciones son el estudio de la relación entre el patrimonio natural y cultural, la implementación de paneles interpretativos que relatan la historia geológica local, el aprendizaje social con metodologías participativas como herramientas para elaborar estrategias de geoconservación, confección de libros con actividades educativas basadas en la geología local y paisajes, interpretación de la geología de senderos de ecoturismo, y cursos de geociencias para guías medioambientales. Todas estas acciones requieren un inventario sistemático y bien fundamentado para sólidas acciones de geoconservación y políticas públicas en la gestión del patrimonio geológico.*

Palabras clave: *Brasil, geoconservación, patrimonio geológico, inventario.*

INTRODUCTION

Systematic geoheritage inventories are essential tools for assessing both quality and quantity of geological sites of interest in a given area. The information obtained in these surveys must precede any implementation of geoconservation strategies. All actions directed towards land management, scientific dissemination, popularisation of geosciences, geotourism or geopark planning depend on the quality of these inventories. When properly disseminated, the data obtained may, in addition to the obvious scientific contribution, provide subsidies for administrative bodies, at different scales, to use the geological information in the management of the territory, as well as to serve as bases for the development of adequate laws to protect geological heritage. In this sense, both geosites and geodiversity sites (as used by Brilha, 2016) can play an important role on how people see and feel geological elements.

The area focused in this work is composed of 16 towns located along the NE-SW coastline of south-eastern Brazil for about 860 km, with an area of about 7,600 km^2. The region is characterised by distinct landscapes resulting from geological processes dating from the Neoproterozoic, during the Brasiliano-Pan-African Cycle, until the Quaternary. These processes shaped the current coastline and formed the 'Serra do Mar', an important mountain range in south-eastern Brazil.

The São Paulo coast has been the target of geoheritage inventory work since 2012, initially in the northern portion and, more recently, extending to the central and southern portions. (Figure 1; Garcia, 2012). The geoheritage inventory of five of these municipalities was already undertaken through four master's dissertations and a doctoral thesis: Ubatuba (Santos, 2014), Caraguatatuba (Arruda *et al.*, 2015), Ilhabela (Prochoroff, 2014), São Sebastião (Reverte and Garcia, 2016) and Bertioga (Mucivuna *et al.*, 2017). Other six municipalities are currently being inventoried by means of post-graduate research work.

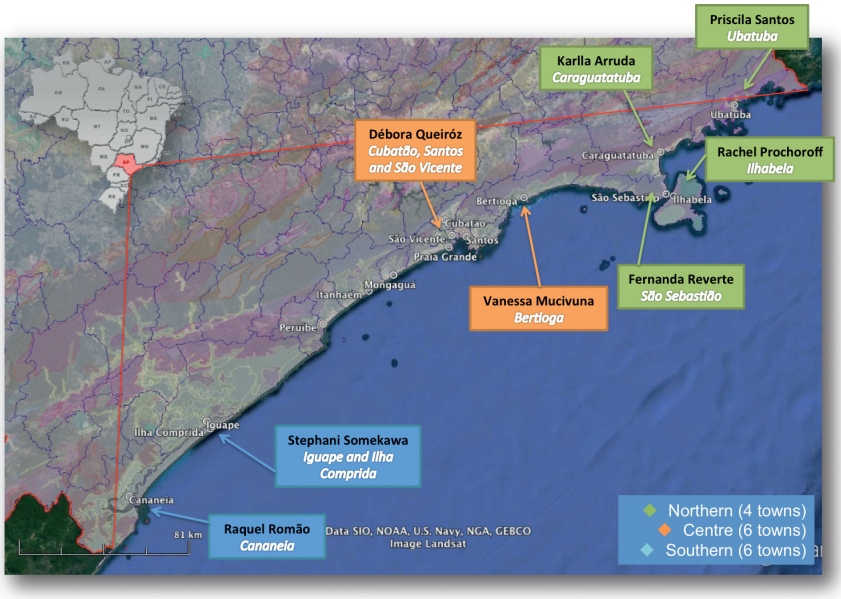


Figure 1. Location map of the coastal region of São Paulo State, with indication of local inventories. Geological basis: Perrotta et al. (2005). Satellite image source: Google Earth.

EXAMPLES OF GEOCONSERVATION ACTIONS

Relationship between natural and cultural heritage

In addition to natural geological heritage, surveys of natural stone used in buildings were carried out (Arruda *et al.,* 2015; Mucivuna *et al.,* 2016b), since natural and cultural heritage are intrinsically related. Even in the absence of outcrops near a city, it is easy to imagine the petrographic context of a region based on the natural stone used in its urban areas. Exceptions aside, the construction of monuments and buildings tends to be done with the local rocks, a habit that has been followed since prehistory and also ratified in the coastal region of São Paulo state. The 'Serra do Mar' rocks are incorporated into the urban landscape, such as at the Fortress of Santo Amaro da Barra Grande in Guarujá (Figure 2A) and the Santo Antônio Church in Caraguatatuba. Showing this relationship is strategic for the public, because it contributes to the dissemination of geoscientific concepts and valorizes the introduction of geotourism trails in urban centers.

Interpretive panels

The geoheritage inventory of the northern coast of São Paulo was complemented by a project that resulted in the installation of 12 interpretive panels, 3 for each of the 4 towns of the region. The adoption of this strategy to disseminate local geological information compelled the team involved to make use of practices and principles of visual communication to assure a pleasant user experience, particularly in regards to graphic design, drawing, and illustration techniques. The communication of scientific information bounded by visual arts techniques resulted in simple but enticing panels (Figure 2B) that address just one or two main ideas, and make use of illustrations rather than text to convey meaning. To evaluate the effectiveness of each panel there are constant online surveys designed in the form of quizzes and which can be accessed by the user through a QR code displayed on the panel. The answers comprise a set of statistical data promptly available to the project coordinators.

Social learning and geoconservation

The proposed activities considering education in geosciences and environmental education aim at the understanding of geoscience and geoconservation issues, as well as at the promotion of strategies for the preservation of natural and geological heritage in the local context. These studies are being carried out in the Serra do Mar State Park, the main protected area of the region. The research is based on the theoretical framework of social learning, involving participatory methodologies as tools to elaborate geoconservation strategies with involvement and participation of local communities. In addition, training courses for basic to intermediate teachers have been carried out in order to involve the schools into the subject (Figure 2C).

Geoscience workbooks

Geology is unknown for most of people who generally know very much better about flora and fauna. However, geodiversity and biodiversity are always interrelated. The geoheritage inventory of the north coast of São Paulo State brought valuable information that should be used to improve geoscience communication and teaching. In this way, a workbook and a pedagogical guide for teachers are being elaborated to provide

geoscientific knowledge and a better understanding of the geological history of the region, its landscape formation and evolution, through the study of rocks, sand, photographs, etc. (Figure 2D). The pedagogical approach also emphasizes visual and intellectual activities about the northern coast geological features, using local examples and illustrations as references.



Figure 2. A) Fortress of Santo Amaro da Barra Grande, in Guarujá, built with and on the local rock. Photo: V.C. Mucivuna; B) Interpretive panel at Caraguatatuba, northern coast of São Paulo. Online resources and English versions of the 12 panels are available on http://www.igc.usp.br/index.php?id=987&L=2; C) Social learning methodology applied on training courses for school teachers; D) Activities in the workbooks using geological features; E) Blocks in the Ouro River, Jequitibá Trail (Serra do Mar State Park). Several aspects related to mass movements, weathering and transport by rivers may be addressed; and F) Practical activity on the rock cycle, during course for environmental monitors at São Sebastião.

Geological interpretation of trails

This work has been developed in the northern part of São Paulo coast and had as its starting point the tracks of the Passport of Trails of São Paulo, published by the Environment Secretary of the State Government. Geological interpretation points were defined for several trails, most of them located in the state parks of Serra do Mar, Ilhabela and Anchieta Island. In most of these conservation units, it is necessary to be accompanied by an environmental guide, who, during the journey, makes stops at predefined points in which information about regional fauna, flora, culture and history, among others, is provided to visitors. Geological aspects, whether on materials (rocks and minerals) or formation of the landscape, are little or not approached at all. Among the main concepts that may be addressed related with the geodynamics of Gondwana Supercontinent is the origin of igneous and metamorphic rocks that make up the geological substrate of the region, the formation of the 'Serra do Mar', coastal plains and beaches, as well as weathering and formation of soils - processes that are abundant in the region due to great rainfalls (Figure 2E).

Training for environmental guides

In order to fill the gaps on geoscience communication, and to allow the environmental guides to compile and transmit to the visitors concepts related to the region, a training course called "Introduction to geosciences" was created, whose target audience involved ecotourism and environmental guides operating in the region. The courses were held in the Picinguaba, Caraguatatuba and São Sebastião Nuclei of the Serra do Mar State Park (PESM) and in the Ilhabela State Park (PEIb), with a workload of 16 hours divided into two days. Concepts regarding geological time, rocks and minerals, and plate tectonics were introduced to the students, using practical examples from local geology. Field work was done along the main ecotourism trail at each conservation unit (Figure 2F).

DISCUSSION AND PERSPECTIVES

The completion of a geoheritage inventory provides a wealth of information that may be used in several actions regarding geoconservation. In the case of the coast of São Paulo, this inventory is at an advanced stage. However, in spite of this knowledge, the region suffers with serious threats to natural heritage: i) mass tourism that does not favour sustainable development and the protection of natural values; (ii) unrestrained and unplanned population growth; and (iii) exploitation of natural resources without adequate compensation for the environment.

Part of these threats is directly related to the lack of knowledge of natural heritage by both community and government. In this sense, among the several applications of such database is to provide both educators and science communicators with useful resources for education and science outreach. This kind of information is presently feeding the growing number of tools and digital applications being developed in the scope of geoconservation worldwide (Cayla *et al*, 2014). These products extend the conventional limits of interpretation contributing with new approaches to explanation, experimentation or exploration (Martin, 2014).

From the geoheritage database obtained we will have a solid diagnosis about the sites of scientific, tourist and educational value, listed according to the specific value, risk of degradation and tourism and educational potential. As an integral part of nature, recognising and managing adequately geological heritage is essential for its preservation for future generations and for a sustainable use of natural resources.

AKNOWLEDGEMENTS

To the São Paulo Research Foundation (FAPESP), Processes 2011/17261-6 and 2016/19992-1. Careful review from E. D. Martinez greatly helped to improve the manuscript.

REFERENCES

Arruda, K. E. C., Garcia, M. G. M. and Del Lama, E. A. 2015. Geological heritage inventory as a subsidy for geotourism: Caraguatatuba – São Paulo State, Brazil. In: *VIII International ProGEO Symposium*, Reykjavik, Islandia, Programme and Abstracts, 68-69.

Brilha, J. 2016. Inventory and quantitative assessment of geosites and geodiversity sites: a review. *Geoheritage*, 8 (2), 119-134.

Cayla N., Hobléa F. and Reynard E. 2014. New digital technologies applied to the management of geoheritage. *Geoheritage*, 6 (2), 89–90.

Garcia, M. G. M. 2012. Gondwana geodiversity and geological heritage: Examples from the north coast of São Paulo State, Brazil. *Anais do Instituto de Geociências* (Online), 35, 101-111.

Garcia, M. G. M., Del Lama, E. A., Martins, L. and Bourotte, C. 2011. Geotourism potential in the north coast of São Paulo State, Brazil: Aspects of geoconservation, preservation of traditional culture and income generation. In: *I International Geotourism Congress*, Arouca, Portugal, 10.

Garcia, M. G. M., Del Lama, E. A., Bourotte, C. y Martins, L. 2013. Interpretação geológica em trilhas em unidades de conservação: exemplo do Litoral Norte de São Paulo. In: *II Simpósio Brasileiro de Patrimônio Geológico*, Ouro Preto, 112.

Garcia, M. G. M., Brilha, J. *et al*. 2017. The inventory of geological heritage of the State of São Paulo, Brazil: methodological basis, results and perspectives. *Geoheritage*.

Martin, S. 2014. Interactive visual media for geomorphological heritage interpretation. Theoretical approach and examples. *Geoheritage*, 6 (2), 149-157.

Mucivuna, V. C., Garcia, M. G. M. and Del Lama, E. A. (in press). Inventário e avaliação quantitativa do patrimônio geológico do município de Bertioga, SP. *Revista Pesquisas em Geociências.*

Mucivuna, V. C., Del Lama, E. A. and Garcia, M. G. M. 2016b. Aspectos geológicos, históricos e estado de conservação das fortificações da Baixada Santista, litoral paulista. *Revista do Instituto Geológico*.

Perrotta, M. M., Salvador, E. D., Lopes, R. C., D'Agostinho, L. Z., Peruffo, N., Gomes, S. D., Sachs, L. L. B., Meira, V. T., Garcia, M. G. M. and Lacerda Filho, J. V. 2005. *Mapa geológico do estado de São Paulo, escala 1:750.000*. Programa levantamentos geológicos básicos do Brasil, CPRM.

Prochoroff, R. 2014. *O patrimônio geológico de Ilhabela-SP: estratégias de geoconservação. São Paulo.* Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 176 pp.

Reverte, F. C. and Garcia, M. G. M. 2016. Quantitative evaluation of geological heritage: Application to geosites of São Sebastião, northern coast of São Paulo. *Anuário do Instituto de Geociências* (Online), 39, 43-56.

Santos, P. L. A. 2014. *Patrimônio geológico em áreas de proteção ambiental: Ubatuba – SP. São Paulo.* Dissertação de Mestrado, Programa de Pós-graduação em Mineralogia e Petrologia, Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, 207 pp.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

PROPUESTA DE INVENTARIO Y GEOINDICADORES EN EL PARQUE NACIONAL DE PICOS DE EUROPA (NORTE DE ESPAÑA)

PROPOSAL OF INVENTORY AND GEOINDICATORS IN THE PICOS DE EUROPA NATIONAL PARK (NORTHERN SPAIN)

E. Fernández-Martínez[1], L. Carcavilla[2], N. Heredia[3], J. Santos-González[4], D. Ballesteros[5], I. Fuertes[6] y L. Adrados[7]

[1] Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Campus de Vegazana s/n. Universidad de León. 24071 León. e.fernandez@unileon.es

[2] Instituto Geológico y Minero de España. C/ Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid. l.carcavilla@igme.es

[3] Instituto Geológico y Minero de España. C/ Matemático Pedrayes, 24. 33005 Oviedo. n.heredia@igme.es

[4] Departamento de Geografía y Geología. Facultad de Filosofía. Campus de Vegazana s/n. Universidad de León. 24071 León. jsango@unileon.es

[5] Grupo Geomorfología y Cuaternario. Departamento de Geología. Universidad de Oviedo. C/ Jesús Arias de Velasco, s/n. 33005 Oviedo. ballesteros@geol.uniovi.es

[6] Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Campus de Vegazana s/n. Universidad de León. 24071 León. ifueg@unileon.es

[7] GEOLAG. Residencial La Vallina, 20-4ºA. 33191 San Claudio (Asturias). lunaadrados@gmail.com

Resumen: En este trabajo se presentan los resultados preliminares de un proyecto encaminado al establecimiento de un sistema de geoindicadores que permita la correcta gestión del patrimonio geológico en la Red de Parques Nacionales. Los resultados aquí expuestos se concretan en dos acciones. La primera es un inventario de lugares de interés geológico (LIG) en el Parque Nacional de los Picos de Europa. Para la selección de estos lugares se han seguido criterios como su representatividad en el contexto geológico del parque y su inclusión en diferentes figuras de protección del patrimonio natural. La segunda acción es la aplicación a dichos LIG de cuatro fichas complementarias: 1) ficha de información general, geológica y patrimonial, 2) ficha de indicadores de estado, 3) ficha de indicadores de presión y 4) ficha de indicadores de respuesta. En las tres primeras se definen las necesidades de gestión de cada LIG, mientras que la cuarta ficha se destina a evaluar las actuaciones del Parque Nacional dirigidas a mejorar la conservación y el uso de su patrimonio geológico.

Palabras clave: espacios naturales protegidos, geoconservación, indicadores de Estado-Presión-Respuesta (EPR), parques nacionales.

Abstract: *This paper presents the preliminary results of a project aimed at establishing a system of geoindicators to manage the geological heritage in Spanish National Parks. The results presented here are summarized in two supplementary actions. The first one is an inventory of geological sites (LIG) in the Picos de Europa National Park. Some criteria such as their representativeness in the geological context of the park and their inclusion in different figures of protection of the natural heritage have been followed for selection of the geological sites. The second action is the application to the LIG of four complementary forms: 1) general, geological and patrimonial information sheet, 2) state indicators sheet, 3) pressure indicators sheet, and 4) response indicators sheet.*

In the first three, the management needs of each LIG are defined, while the fourth sheet is is allocated to the evaluation of the measures of the National Park to improve the use and conservation of its geological heritage.

Key words: *geoconservation, national park,* Pressure-State-Response *indicators (PSR), protected natural areas.*

INTRODUCCIÓN

Este trabajo se enmarca dentro del proyecto *Sistema de indicadores para el seguimiento del estado de conservación del Patrimonio Geológico en la Red de Parques Nacionales* (INDICAGEOPAR). Su objetivo es el establecimiento de un sistema de indicadores que proporcione información relevante sobre el valor, distribución, estado de conservación y uso del patrimonio geológico que se realiza en la Red de Parques Nacionales, mediante una herramienta de gestión que pueda ser utilizada por gestores.

En términos generales, el sistema de indicadores diseñado tiene que permitir el seguimiento en el tiempo de aquellos aspectos del patrimonio geológico que están implicados en la gestión del espacio natural (Carcavilla *et al*., 2007). Por tratarse de parques nacionales, estos aspectos no se restringen al estado de conservación, sino que también hay que tener en cuenta otras aportaciones como el conocimiento científico, el uso público o la relevancia en el desarrollo socioeconómico de la zona de influencia del área protegida. Por todo ello, es necesario realizar un seguimiento del patrimonio geológico en un territorio ya protegido como es un parque nacional. Dado que los objetivos son, hasta cierto punto, novedosos y sin antecedentes en los espacios naturales españoles, se propusieron dos parques nacionales, el de los Picos de Europa (norte de España) y el de Cabañeros (centro-sur de España), que actuarían como parques piloto en los que evaluar la metodología desarrollada.

Desde los inicios del proyecto se vio la imposibilidad de establecer un único sistema de indicadores, tomándose la decisión de organizar estos en tres niveles: un primer nivel centrado en la gestión de los lugares de interés geológico (LIG), un segundo nivel constituido por cada parque nacional y un tercer nivel, generado a partir del anterior, y que abarca toda la Red de Parques Nacionales del estado español. En este trabajo exponemos los resultados preliminares de la investigación en el segundo nivel, el de parque nacional, que fue aplicada en el Parque Nacional de los Picos de Europa.

INVENTARIO

Puesto que el Parque Nacional de los Picos de Europa carecía de un inventario completo de LIG, el primer paso consistió en su realización. Para ello, se utilizaron dos fuentes principales de información: inventarios previos y consultas a expertos.

Los inventarios previos consultados fueron los trabajos realizados por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en los años 80 (Cendrero *et al*., 1983, entre otros); los trabajos de González-Trueba (2007) y González-Trueba y Serrano (2008) sobre el patrimonio geomorfológico del parque nacional; la tesis doctoral de Fuertes-Gutiérrez (2013) que contiene un inventario del territorio correspondiente al Parque Regional de Picos de Europa; y los lugares significativos de la Guía Geológica del Parque Nacional de los Picos de Europa (Adrados *et al*., 2012). Además, se consultó también el listado de LIG que figuran en el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG) tal y como aparece en la web del IGME (http://info.igme.es/ielig/).

También se realizó una consulta a especialistas en diferentes disciplinas de las Ciencias de la Tierra que contaban con publicaciones científicas sobre lugares ubicados en el parque.

El inventario resultante tiene dos particularidades. En lo que se refiere a selección de LIG se incluyeron de forma significativa aquellos lugares que son especialmente representativos de la geología del parque como, por ejemplo, las simas de gran profundidad. Dado que Picos de Europa es un gran macizo calizo que estuvo sometido a una intensa karstificación y también al glaciarismo Pleistoceno, en el inventario hay un predominio de lugares de interés geomorfológico. Además, el valor paisajístico y la vocación turística del espacio natural hacen necesario incluir grandes áreas que pueden observarse desde miradores, los cuales permiten no sólo apreciar los elementos geológicos sino también la belleza y grandiosidad del paisaje, aspectos que fueron determinantes en la declaración del Parque Nacional en 1918. Así, el inventario realizado contiene 68 LIG distribuidos en las siguientes categorías informales: Cuevas (14 simas de más de 1000 metros de profundidad); elementos geomorfológicos que usualmente responden a una doble dinámica kárstica y glaciar o a cañones fluviales en calizas (18), turberas (1), surgencias (7), sumideros (2), heleros y cuevas heladas (2), lagunas de montaña (2), avalanchas de roca y derrubios (6), áreas con interés tectónico (3), secciones estratigráficas (3) y yacimientos paleontológicos (2). A estos lugares hay que añadir 8 miradores con interés geológico.

La segunda particularidad se encuentra en las fichas aplicadas, que difieren en varios aspectos de las habitualmente utilizadas en inventarios. Así, se desarrollaron hasta cuatro fichas en las que tanto la descripción como la valoración están muy atenuadas, al mismo tiempo que se incluyen aspectos inusuales como la localización del LIG en áreas de especial protección, su presencia en inventarios previos o su posible aportación al desarrollo socioeconómico del territorio donde se ubica.

FICHAS DE LOS LIG

La recopilación y tratamiento de geoindicadores se organizaron en cuatro fichas complementarias: tres fichas que aportan datos para la gestión siguiendo el esquema tradicional de indicadores de estado-presión-respuesta (EPR) y una cuarta que está centrada en el seguimiento. Estas fichas se completaron para cada uno de los 68 lugares inventariados por especialistas en varias disciplinas (geomorfología, tectónica, estratigrafía y paleontología) y siempre con un gran conocimiento del territorio. Muchos de los aspectos que se van a describir y justificar a continuación están cuantificados numéricamente, aunque esta valoración no se discutirá en este trabajo.

Ficha 1. Información general, geológica y patrimonial

La información general incluye el nombre, código, localización, delimitación y la categoría del LIG en cuanto a tamaño y forma, distinguiéndose tres categorías: LIG puntual, lineal y área. La caracterización geológica se basa en el tipo de afloramiento (formación rocosa, estructura tectónica, forma del relieve, elemento hidrogeológico, yacimiento paleontológico, yacimiento mineralógico y otros). Esta caracterización está claramente orientada a la gestión ya que cada una de estas categorías conlleva una problemática de degradación y conservación determinada.

El apartado se completa con datos sobre el interés geológico principal y secundario, unos datos básicos sobre los materiales implicados y un apartado sobre el principal proceso geológico que ha dado lugar al

LIG. En este último caso, la ficha contiene varios sub-apartados encaminados a diferenciar claramente si el proceso generador está activo o no. En el primer caso, se dará la paradoja de que el proceso generador del LIG puede ser también el que lo está destruyendo, una casuística que tendrá que tenerse muy en cuenta en la gestión.

La caracterización patrimonial del LIG es un apartado ampliamente desarrollado en estas fichas. Se trata de establecer, por un lado, si el lugar aparece como LIG en inventarios previos. Por otro lado, se indica si el lugar forma parte de determinadas figuras de protección tanto españolas (Monumento Natural) como europeas (LIC, ZEC, ZEPA).

Esta ficha 1 cuenta con un último apartado de valoración ya que, aunque el valor relativo de un LIG no es tan importante en la gestión de espacios naturales como en otros contextos, es necesario indicar por qué este lugar está en el inventario y otros no. Así, el valor tiene en cuenta la singularidad, representatividad en el contexto geológico del Parque Nacional, su valor como modelo del proceso que registra, su carácter o no de localidad tipo o de referencia, si es un lugar donde se definió por primera vez un elemento o proceso geológico, si registra un proceso único, y su diversidad geológica considerada en este caso como cantidad de elementos o procesos de interés registrados en el LIG.

Ficha 2. Indicadores de estado

Uno de los aspectos básicos del sistema de indicadores es mostrar la evolución en el tiempo del estado del patrimonio geológico inventariado en los parques nacionales. Por tanto, es imprescindible establecer este estado mediante una ficha propia que, en este caso, incluye indicadores para cuatro aspectos: conservación, conocimiento científico, uso público e implicación en el desarrollo económico de la zona.

El estado de conservación se indica para el valor del LIG, del afloramiento y de las condiciones de observación. La valoración numérica de estos tres factores se traduce, a nivel de gestión, en una respuesta que oscila entre *Muy bueno, Bueno* y *Necesita mejorar*, estando estos tres niveles correlacionados con los utilizados habitualmente para describir el estado de conservación de un LIG.

El estado de conocimiento científico se evalúa teniendo en cuenta las publicaciones y el uso científico que se hace del lugar. La respuesta es similar a la del caso anterior.

El estado de uso público tiene en cuenta aspectos como la accesibilidad, restricciones de acceso, si se encuentra o no habilitado para uso público (incluyendo también publicaciones que faciliten su comprensión) y si está o no vinculado a otros patrimonios presentes en el territorio donde se encuentran. Estos aspectos intentan responder a la pregunta ¿en qué grado estamos utilizando el patrimonio geológico para aspectos relacionados con el uso público del parque? Y su respuesta varía entre *Alto, Mejorable* y *No se está utilizando.*

Por último, el estado de implicación en el desarrollo socioeconómico de la zona se argumenta con datos del tipo: presencia de visitantes, empresas directa o indirectamente relacionadas con el LIG. Responde a la pregunta ¿está contribuyendo el LIG al desarrollo socioeconómico del área de influencia del Parque Nacional? Las respuestas en este caso son *Mucho, Algo* y *No está contribuyendo*.

Ficha 3. Indicadores de presión

Esta ficha recoge información sobre el riesgo de degradación y las amenazas que pueden afectar al LIG. Siguiendo a García-Ortiz *et al*. (2014) y Fuertes-Gutiérrez *et al*. (2015), para analizar el riesgo de degradación de un lugar, se tienen en cuenta tres aspectos básicos del LIG:

a) Fragilidad: responde a la pregunta ¿se degrada el LIG por procesos intrínsecos al mismo como la litología, la gran cantidad de discontinuidades o el hecho de estar generado por un proceso activo?

b) Vulnerabilidad natural: responde a la pregunta ¿existe algún proceso natural pero no relacionado con el LIG que lo degrada? Estos procesos pueden ser geológicos (por ejemplo, meteorización intensa) o biológicos (por ejemplo, crecimiento acelerado de la vegetación).

c) Vulnerabilidad antrópica y obras, tanto públicas como privadas: responde a la pregunta ¿hay algún proceso antrópico de cualquier tipo que pueda producir la degradación del mismo? En este caso hay que tener en cuenta que, al estar el LIG en un espacio natural protegido, es poco probable que se produzcan grandes obras o actividades extractivas que provoquen su deterioro. Lo que sí puede ser habitual es la existencia de afecciones a determinados LIG por actividades tales como ganadería o turismo, sobre todo cuando estas superan una determinada presión de carga.

A los aspectos descritos dentro de esta ficha se ha añadido un apartado sobre el tiempo que el LIG tardaría en degradarse. Es decir, si de nuestro análisis puede derivarse que los procesos naturales y/o antrópicos degradarán el LIG en tiempo humano (una generación), histórico o geológico.

Resultados de las fichas 1, 2 y 3

Como resultado de las informaciones recogidas en las fichas anteriores se obtienen diversos datos que orientan acerca de qué tipo de gestión es la más adecuada para cada LIG. Las actuaciones propuestas, denominadas ámbito de gestión, están centradas en conservación (que comprende un apartado para monitorización), investigación científica y uso público (incluyendo aquí usos tradicionales y recreativos, así como actuaciones para aumentar el impacto del LIG en el desarrollo socioeconómico del territorio).

Ficha 4. Indicadores de respuesta

Esta ficha recoge información sobre las acciones realizadas por la dirección del parque nacional a raíz de los resultados obtenidos a partir de las tres primeras fichas y de las sugerencias de gestión. Los aspectos contenidos en ella intentan responder a la pregunta ¿qué acciones se han realizado para mejorar los diferentes aspectos del LIG?

Las respuestas a esta ficha, que debe ser cumplimentada en el futuro, serían las acciones concretas que el parque nacional ha llevado a cabo para mejorar varios aspectos de cada LIG, como su valor natural (por ejemplo, limpieza de un afloramiento), su conocimiento científico (por ejemplo, la financiación o apoyo de proyectos desarrollados en el parque), su capacidad de uso público (como podrían ser mejoras en la adecuación del LIG o edición de publicaciones, trípticos, apps divulgativas sobre los mismos, etc.), su implicación en el desarrollo socioeconómico de la zona (apoyando a empresas que realicen turismo de naturaleza en el entorno del LIG), y la merma de su riesgo de degradación (colocación de vallados, carteles de aviso, etc. pero también restauración y monitorización de determinados LIG, entre otras acciones).

CONCLUSIONES

La gestión del patrimonio geológico en espacios naturales protegidos, como los parques nacionales, debe de estar basada en una serie de datos prácticos que, en muchos aspectos, difieren de aquellos que se reco-

gen en inventarios realizados en áreas no protegidas. Por este motivo, las fichas que conforman el sistema de geoindicadores de los parques nacionales recopilan datos diferentes a los presentes en fichas utilizadas en inventarios tradicionales. La confección de un sistema de indicadores para el patrimonio geológico debe apoyarse en el inventario previo, ya que esta es la herramienta de identificación y caracterización de los LIG que permite realizar un diagnóstico y un análisis de la evaluación de su estado de conservación a lo largo del tiempo.

Los resultados presentados aquí son preliminares y forman parte de un proyecto piloto de la Red de Parques Nacionales. Aunque, en su estado actual, las fichas desarrolladas aportan datos y resultados fácilmente comprensibles por no especialistas y necesarios para la gestión de cada LIG, solo con un plazo de tiempo medio podremos comprobar la utilidad de estas fichas y el uso que las administraciones de los parques nacionales hacen de las mismas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución al proyecto 727-2012 *Sistema de indicadores para el seguimiento del estado de conservación del Patrimonio Geológico en la red de Parques Nacionales* (INDICAGEOPAR) financiado por el Organismo Autónomo de Parques Nacionales (Ministerio de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente).

REFERENCIAS

Adrados González, L., Alonso Alonso, A., Bahamonde Rionda, J., Farias Arquer, P., Fernández González, L., Gutiérrez Claverol, M., Heredia Carballo, N., Jiménez Sánchez, M., Meléndez Asensio, M., Merino Tomé, O. y Villa Otero, E. 2012. *Guía geológica del Parque Nacional de los Picos de Europa*. Instituto Geológico y Minero de España, Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Oviedo, 337 pp.

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

Cendrero, A., Díaz de Terán, J. R., Flor, G., Ortega, J., González, J. R. y Saiz, J. 1983. *Puntos de interés geológico de la Cordillera Cantábrica*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 100 pp.

Fuertes-Gutiérrez, I. 2013. *Patrimonio geológico y ordenación del territorio. Implicaciones en la gestión de espacios naturales protegidos*. Tesis doctoral. Universidad de León.

Fuertes-Gutiérrez, I., García-Ortiz, E. y Fernández-Martínez, E. 2015. Anthropic threats to Geological Heritage: Characterization and Management. A case study in the Dinosaur Tracksites of La Rioja (Spain). *Geoheritage*, 7 (1), 1-19.

García-Ortiz, E., Fuertes-Gutiérrez, I. y Fernández-Martínez, E. 2014. Concepts and terminology for the risk of degradation of geological heritage sites: fragility and natural vulnerability, a case study. *Proceedings of the Geologists's Association*, 125 (4), 463-479.

González-Trueba, J., 2007. *Geomorfología del Macizo Central del Parque Nacional de Picos de Europa*. Naturaleza y parques Nacionales, serie técnica. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, 231 pp.

González-Trueba, J. J. y Serrano-Cañadas, 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.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

RECOMENDACIONES PRÁCTICAS EN RELACIÓN A LA GESTIÓN DE LA GEODIVERSIDAD Y EL PATRIMONIO GEOLÓGICO EN LA RED DE RESERVAS DE LA BIOSFERA

PRACTICAL RECOMMENDATIONS ON THE MANAGEMENT OF GEODIVERSITY AND GEOHERITAGE IN THE BIOSPHERE RESERVE NETWORK

C. Martínez-Jaraíz[1], C. Baquedano[2], R. García[3], L. Carcavilla[1], E. Díaz-Martínez[1] y M. Monge-Ganuzas[4]

[1] Área de Patrimonio Geológico y Minero. IGME. Ríos Rosas 23, 28003 Madrid.
carolina.martinez@igme.es, l.carcavilla@igme.es, e.diaz@igme.es

[2] Área de Geología Ambiental y Geomatemáticas. IGME. C/Alenza, 1. 28003, Madrid.c.baquedano@igme.es

[3] Biosfera XXI, Estudios Ambientales. Maratón 6, Portal A, Bajo 4, 28037 Madrid. rgmoral@biosferaxxi.com

[4] Servicio de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco. Madariaga dorretxea. Gernika-Bermeo errepidea z/g. San Bartolome auzoa. 48350 Busturia (Bizkaia, País Vasco). manu-monge@euskadi.eus

Resumen: La Red Mundial de las Reservas de la Biosfera, está reconocida por el Programa Hombre y Biosfera (MaB) de la UNESCO. Esta red tiene como objetivo conciliar la conservación de la naturaleza con el desarrollo socio-económico sostenible, tomando como base la investigación, la capacitación, la interpretación y la educación para la sostenibilidad de la población residente. Los 48 espacios que constituyen la Red de Reservas de la Biosfera Estatal (RRRBE) abarcan un número importante de Lugares de Interés Geológico (LIG) inventariados a diferentes escalas, siendo 50 de ellos de importancia internacional (*Geosites*). Pese a que en la RRRBE se han implementado diversas acciones de gestión sobre este patrimonio geológico, lamentablemente, todavía no han sido realizadas con una metodología estandarizada englobada en una estrategia de gestión planificada. En este trabajo se propone una serie de recomendaciones para conseguir este objetivo.

Palabras clave: Desarrollo sostenible, Geoconservación, Gestión integral, Patrimonio geológico, Reserva de la Biosfera.

Abstract: *The World Network of Biosphere Reserves is endorsed by UNESCO's Man and Biosphere (MaB) Programme. This network aims to reconcile the conservation of nature with sustainable socio-economic development, based on research, training, interpretation and education for the sustainability of the resident population. The 48 spaces that make up the Spanish Biosphere Reserves Network (RRRBE) cover a significant number of Geosites (LIG) inventoried at different scales, 50 of them of international relevance (Geosites). Although the RRRBE has implemented various management actions on this geoheritage, unfortunately, these have not yet been carried out with a standardized methodology encompassed in a planned management strategy. This paper proposes a series of recommendations to achieve this goal.*

Key words: *Biosphere Reserve, Geoconservation, Geoheritage, Integral Management, Sustainable Development.*

INTRODUCCIÓN

La Red Mundial de Reservas de la Biosfera (RMRRB) está formada por territorios representativos de ecosistemas terrestres, costeros y marinos del planeta en donde las personas conviven e interactúan con el medio. Estas regiones están reconocidas como laboratorios donde ensayar y compartir modelos sostenibles de relación entre la naturaleza y el ser humano mediante el Programa Hombre y Biosfera (MaB) (UNESCO, 2017a). En ellas se promueve conciliar: (1) la conservación de la naturaleza; (2) el desarrollo económico sostenible; y (3) la investigación, la capacitación, la interpretación y la educación para la sostenibilidad. Las directrices establecidas para esta Red están recogidas en el Plan de Acción de Lima (2016-2025) (UNESCO, 2017b). Actualmente, la RMRRB está formada por 669 Reservas de la Biosfera (RRB) localizadas en 120 estados. En el estado español existen 48 RRB, distribuidas en 15 comunidades autónomas, 3 de ellas transfronterizas. Dentro de esta red, se encuentran muchos de los Lugares de Interés Geológico (LIG) inventariados para esta zona del planeta, que se clasifican según su importancia internacional, estatal, autonómica o local (IGME, 2017a). En la RRRBE están representados 8 de los 21 contextos geológicos definidos por la Ley 42/2007 (modificada en la Ley 33/2015) y 50 Geosites (23% del total) de los descritos en el proyecto Global Geosites (IGME, 2017b).

Dudley (2008) y posteriormente Crofts y Gordon (2015) relacionaron las categorías de gestión establecidas por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) con aspectos relacionados con la geoconservación, poniendo de manifiesto asimismo la fuerte conexión existente entre la geodiversidad, la biodiversidad, y la cultura y el desarrollo. Ejemplos de ello, presentes en muchas RRB, son (1) la afinidad de ciertas especies vegetales hacia ciertos tipos de suelos (p.ej., el encinar cantábrico en la RB de Urdaibai) o de especies animales a ciertos afloramientos rocosos (p.ej., las rapaces de la RB de Monfragüe); (2) los procesos geológicos activos que condicionan los hábitats o la distribución de especies (p.ej., el oleaje, el viento y la marea en las RRB de Eo, Oscos y Terras de Burón, Doñana u Odiel, o los procesos fluviales en la RB de Terras do Miño; (3) las formas del relieve que condicionan el paisaje (p.ej., las RRB de Bárdenas Reales, Ordesa-Viñamala o Sierra Nevada); (4) las rocas que decoran los núcleos de población (p.ej., los granitos de Allariz); y un largo etcétera. Además, ciertos elementos del patrimonio geológico de la RRRBE constituyen la base de la actividad turística o productiva sostenible (p.ej., las actividades asociadas a los volcanes de las RRB de Canarias, o el uso de las llanuras de inundación como zonas plantación de arroz en la RB de Terres de L`Ebre).

La gestión del patrimonio geológico en la RRRBE se ha llevado a cabo durante las últimas décadas a través de actuaciones individuales no planificadas a escala de red (Monge-Ganuzas y Martínez-Jaraiz, 2013). Estos autores manifestaron que la RRRBE constituye un excelente marco para la puesta en valor, conservación, protección y utilización sostenible del patrimonio geológico pero que, sin embargo, es necesario coordinar estas acciones dentro de la RRRBE para así dirigirse hacia una gestión integral.

La Ley 42/2007 establece que las Reservas de la Biosfera son territorios donde desarrollar una gestión integrada, participativa y sostenible del patrimonio natural. El patrimonio geológico, que presenta una serie de peculiaridades que necesitan de una gestión específica, es parte de ese patrimonio natural. Esta gestión debe integrar acciones para: (1) su conservación; (2) su conocimiento; (3) su potenciación como recurso; y (4) su difusión (Carcavilla *et al*., 2007). En el caso de las RRB, estas acciones deben estar reflejadas dentro su Plan de Acción, o en su caso, en un documento análogo que planifique y estructure la gestión de las mismas. Este instrumento de gestión debe contener al menos los siguientes apartados: (1) un diagnóstico de la situación de partida en relación al patrimonio geológico del espacio; (2) un inventario de sus LIGs, incluyendo valoración y delimitación; (3) una regulación de uso, si procede; (4) un plan de protección y restauración

(geoconservación), en su caso; y (5) unas acciones de divulgación y uso como recurso científico, didáctico o recreativo (Carcavilla, 2012).

El órgano gestor de cada RB debería implementar las acciones listadas en el orden descrito, o al menos, asumir que todas ellas deben ser ejecutadas. Aunque mediante la ejecución de las actuaciones individuales no planificadas anteriormente mencionadas se ha avanzado en la gestión de este tipo de patrimonio en algunas RRB, debido a la falta de planificación integral, es probable que algunas de éstas carezcan de la solidez necesaria para su consolidación y desarrollo posterior, o incluso que en ocasiones puedan poner en peligro a medio o a corto plazo la conservación del patrimonio geológico que las suscitaron.

Este manuscrito pretende proponer una serie de recomendaciones para la implementación de una adecuada gestión del patrimonio geológico en la RRRBE. Se estima que estas recomendaciones debieran ser tenidas en cuenta e integrarse dentro de una estrategia holística para la totalidad del patrimonio existente en el ámbito de la RRRBE.

RECOMENDACIONES PARA LA GESTIÓN INTEGRAL DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO EN LA RED DE RESERVAS DE LA BIOSFERA ESTATAL

Diagnosticar la situación de partida en relación al patrimonio geológico del espacio

Antes de comenzar el proceso de gestión del patrimonio geológico en una Reserva de la Biosfera, es recomendable realizar un diagnóstico previo, que se puede abordar mediante preguntas clave realizadas a los diferentes gestores en relación a las actuaciones implementadas o proyectadas. En ocasiones se planifican o se toman medidas relacionadas con el mismo, sin ser conscientes de ello. Los resultados de ese test pueden orientar al órgano gestor para incidir en los aspectos que no han sido contemplados.

Inventariar, delimitar y valorar

Los inventarios son imprescindibles para identificar y después gestionar el patrimonio. Éstos deben ir acompañados de una cartografía, que será utilizada tanto para su ordenación territorial y/o planificación urbanística (dependiendo de la escala) (Fuertes-Gutiérrez y Fernández-Martínez, 2012), como para los procesos de evaluación ambiental (Vegas *et al*., 2012) o para planificar su uso (García-Cortés *et al*., 2014). La valoración de los LIGs incluidos en un inventario es un paso fundamental para su posterior gestión. Ésta se basa en los principios de que (1) no todo elemento geológico posee valor patrimonial, y (2) los elementos que lo poseen no siempre son igual de importantes. La valoración debe analizar estos 3 aspectos (Carcavilla *et al.,* 2007): (1) el valor intrínseco o científico que indica el interés *per sé* del elemento, (2) la potencialidad de uso, que se refiere a las posibilidades de utilización del mismo, y (3) el riesgo de degradación (su vulnerabilidad y fragilidad) que proporciona información acerca de aspectos básicos para su gestión (Fuertes-Gutiérrez *et al.,* 2013). Las Reservas de la Biosfera en su cumplimiento de la función de apoyo logístico, cuentan con comités científicos, comités asesores, Cátedras UNESCO vinculadas, relación con centros de investigación o tecnológicos y universidades, etc. esta labor de inventario puede ser realizada por estas entidades científicas vinculadas a las RBs. Buenos ejemplos son los inventarios realizados en las RBs de la provincia de León, la RB Urdaibai, la RB de Sierras de Béjar y Francia, o la RB del Real Sitio de San Ildefonso-El Espinar, entre otras.

Regular su uso mediante normativa

Para garantizar la conservación de los LIGs y su gestión, en ocasiones es necesario desarrollar normativa que ampare su protección. De manera general, las normas deberían responder a estas preguntas: (1) qué proteger (bienes); (2) cómo protegerlo (mecanismos); y (3) cómo gestionar lo protegido (Carcavilla y Ruiz, 2009). En el caso de las RRB, se debe tener en cuenta su ordenación espacial característica (Zonas Núcleo-Protección-Transición) e integrar el nuevo patrimonio inventariado y delimitado en la zonificación, en concreto, en la zona núcleo, con el objetivo de generar una delimitación de la totalidad de valores patrimoniales (naturales y culturales) integral y coherente (Peña *et al*., 2017).

Por otro lado, la zona núcleo de las RRB debe estar constituida por un Espacio Natural Protegido (ENP) o por un espacio de la Red Natura 2000. Estas figuras específicas están reguladas bien por un PORN y un PRUG o en su caso, por Planes de Gestión específicos. Estos documentos normativos debieran incluir las regulaciones normativas necesarias en relación al patrimonio geológico identificado que se propone sea incluido en la zona núcleo.

Otra cuestión a tener en cuenta es que algunas RRB se solapan espacialmente con otras figuras, como es el caso de (1) los Geoparques Mundiales de la UNESCO de Cabo de Gata-Níjar, Hierro, Lanzarote y archipiélago Chinijo, Sierra Norte de Sevilla y Sobrarbe; (2) los parques nacionales o naturales, en el caso de las RRB de Ordesa, Doñana o Sierra Nevada; (3) las zonas RAMSAR, en el caso de la RB Urdaibai; (4) lugares patrimonio de la humanidad, y (5) otras. Estos territorios en los que concurren varias figuras de protección son las llamadas ADIM (Área de Designación Internacional Múltiple), que deben ser gestionadas de forma colaborativa entre los gestores de cada figura. Esto significa que deberá elaborarse un Plan de Gestión coherente y único que incorpore todos los objetivos y requisitos de las designaciones concurrentes y gestione adecuadamente los elementos de interés (Schaaf y Rodrigues, 2016).

Proteger, restaurar y utilizar sosteniblemente

Se trata de desarrollar acciones para la protección y/o la restauración de los LIGs, así como de permitir su evolución natural. Para ello, es necesario evaluar el marco legal en el que se adscribe la protección y los usos antiguos, actuales y/o futuros del lugar que podrían suponer una amenaza para su conservación, siendo también imprescindible un seguimiento y evaluación permanentes. La geoconservación abarca un abanico de acciones, entre las que destacan (1) la protección física de afloramientos susceptibles de sufrir degradación ante procesos antrópicos o naturales, incluyendo los derivados del expolio y el vandalismo, y (2) la restauración, aunque pocas veces sea posible (Carcavilla *et al*., 2007). Además, el patrimonio geológico bien gestionado contribuye al desarrollo socioeconómico de las poblaciones locales. Buenos ejemplos de la RRRBE son la utilización turística (a) de los yacimientos de icnitas de dinosaurio en la RB de Leza, Jubera, Cidacos y Alhama, (b) del delta del Ebro en la RB de Terres de l´Ebre, (c) de la cueva de Valporquero en la RB de Argüellos, (d) de las lagunas de Ruidera en la RB de la Mancha húmeda, (e) de los edificios y morfologías volcánicas de las Reservas de la Biosfera de las Islas Canarias, y (d) de las iniciativas implementadas en la RB de Menorca, entre otros.

Divulgar y utilizar el patrimonio geológico como recurso científico, didáctico o recreativo

La utilización del patrimonio geológico puede realizarse mediante su divulgación, interpretación y aprovechamiento didáctico-educativo o recreativo (Carcavilla *et al*., 2011). Para ello es recomendable haber com-

pletado las fases anteriores y elaborar un plan de uso público que incluya evaluación y seguimiento. Para valorar algo es necesario entenderlo y conocerlo, a pesar de que la geología en general, y el patrimonio geológico en particular, posee una serie de particularidades, dificultades y oportunidades que condicionan su divulgación (Carcavilla et al., 2010). Estas particularidades deben considerarse en el diseño y ejecución de aquellas acciones dirigidas a la divulgación, didáctica y promoción turística del patrimonio geológico, con el objetivo final de su conservación a largo plazo. Una de las tres funciones principales de las Reservas de la Biosfera es la función de apoyo logístico, que tiene como finalidad promover actividades de investigación, de interpretación, de educación para la sostenibilidad y de capacitación. En muchas RRB se están realizando actividades relacionadas con la divulgación y didáctica del patrimonio geológico (Monge-Ganuzas y Martínez-Jaraíz, 2013), como la concienciación ante el expolio de rocas volcánicas (RB de la Isla de Lanzarote) o la creación de Centros de interpretación (RB de Menorca). Cabe señalar que el Club de Producto Turístico Reservas de la Biosfera (CPTRRB) es una buena oportunidad para sensibilizar mediante el geoturismo en las RRB. Un buen ejemplo es la labor realizada desde las RRB de las islas Canarias.

CONCLUSIONES

En el ámbito de la RRRBE existe un patrimonio geológico sobresaliente que debe ser gestionado adecuadamente. Para ello se proponen una serie de recomendaciones a contemplar en los instrumentos de gestión de cada RB y a ejecutar por el órgano de gestión. Dichas recomendaciones se pueden resumir en (1) diagnosticar el estado de partida del patrimonio geológico en la RB; (2) realizar un inventario del patrimonio geológico existente, que contenga la delimitación cartográfica y una valoración de los lugares de interés geológico; (3) regular el uso mediante normativa para garantizar la conservación de los LIGs; (4) desarrollar acciones para la protección y restauración de los LIGs, acompañadas de labores de seguimiento y evaluación permanente; y (5) poner en marcha acciones de divulgación y utilización del patrimonio geológico como recurso didáctico, recreativo, educativo y científico, todas ellas recogidas en un plan de uso público.

REFERENCIAS

Carcavilla, L., López-Martínez, J. y Durán, J. J. 2007. *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos.* Instituto Geológico y Minero de España. Serie Cuadernos del Museo Geominero, 7, Madrid, 360 pp.

Carcavilla, L. y Ruiz, R. 2009. La geoconservación en Castilla-La Mancha. Estado actual y perspectivas de futuro. *Cuaternario y Geomorfología*, 23 (3-4), 11-26.

Carcavilla, L., Del Puy Berrio, M., Belmonte, A., Durán, J. J. y López-Martínez, J. 2010. La divulgación de la Geología al gran público: principios y técnicas para el diseño de material escrito. *Boletín de la Real Sociedad de Historia Natural*, Sección Geológica, 104, 93-110.

Carcavilla, L., Belmonte, Á., Durán, J. J. e Hilario, A. 2011. Geoturismo: concepto y perspectivas en España. *Revista de enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19 (1), 81-94.

Carcavilla, L. 2012. *Geoconservación*. Editorial La Catarata e Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 126 pp.

Crofts, R. y Gordon, J. E. 2015. Geoconservation in protected areas. En: G. L. Worboys, M. Lockwood, A. Kothari, S. Feary y I. Pulsford (eds), *Protected Area Governance and Management*. ANU Press, Camberra, 531–568.

Dudley, N. 2008. *Directrices para la aplicación de las categorías de gestión de áreas protegidas.* IUCN, Gland, 96 pp.

Fuertes-Gutiérrez, I. y Fernández-Martínez, E. 2012. Mapping geosites for geoheritage management: a methodological proposal for the regional park of Picos de Europa (Leon, Spain). *Environmental Management*, 50 (5), 789-806.

Fuertes-Gutiérrez, I., Fernández-Martínez, E. y García-Ortiz, E. 2013. Propuesta de términos en castellano sobre conceptos relacionados con el riesgo de degradación del patrimonio geológico. En: J. Vegas, A. Salazar, E. Díaz-Martínez y C. Marchán (eds.), *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo*. Cuadernos del Museo Geominero, 15, Madrid, 195-206.

García-Cortés, A., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E. y Vegas, J. 2014. *Documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG)*. Instituto Geológico y Minero de España. Versión 16. Madrid, 72 pp, 07/02/2017, http://www.igme.es/patrimonio

Instituto Geológico y Minero de España, 07/02/17a, http://info.igme.es/ielig/

Instituto Geológico y Minero de España, 07/02/17b, http://www.igme.es/patrimonio/GlobalGeosites.htm

Monge-Ganuzas, M. y Martínez-Jaraiz C. 2013. El Patrimonio geológico en la Red de Reservas de la Biosfera. En: J. Vegas, A. Salazar, E. Díaz-Martínez y C. Marchán (eds.), *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo*. Cuadernos del Museo Geominero, 15, 313-321.

Peña, L., Monge-Ganuzas, M., Onaindia, M., De Manuel, B. F., y Mendia, M. 2017. A holistic approach including biological and geological criteria for integrative management in protected areas. *Environmental Management*, 59 (2), 325-337.

Schaaf, T. y Rodrigues, D. 2016. *Gestión de ADIM - Armonización de la gestión de áreas de designación internacional múltiple: sitios Ramsar, sitios del Patrimonio Mundial, Reservas de Biosfera y Geoparques Mundiales de la UNESCO*. UICN, Gland, 144 pp.

UNESCO, 07/02/2017a, http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/ecological-sciences/man-and-biosphere-programme/

UNESCO, 07/02/2017b, http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/SC/pdf/Lima_Action_Plan_es_final.pdf

Vegas, J., Alberruche, E., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E., García-Cortés, Á., García de Domingo, A., y Ponce de León, D. 2012 *Guía metodológica para la integración del patrimonio geológico en la evaluación de impacto ambiental*. Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental, Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente e IGME, Madrid, 77 pp.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

MONITORIZACIÓN EN CASCADAS Y SALTOS DE AGUA PARA LA VALORACIÓN DE SU "ESPECTACULARIDAD O BELLEZA" Y SUS IMPLICACIONES PARA SU USO PÚBLICO. EL CASO DE LA CHORRERA DE LOS NAVALUCILLOS

MONITORING IN WATERFALLS FOR THE CALCULATION OF "SCENERY" CRITERIA AND ITS IMPLICATIONS FORPUBLIC USE.THE CASE OF NAVALUCILLOS WATERFALL

L. Carcavilla[1], A. Díez-Herrero[1] y J. Vegas[1]

[1] Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Ríos Rosas 23, 28003 Madrid.
l.carcavilla@igme.es, andres.diez@igme.es, j.vegas@igme.es

Resumen: El parque nacional de Cabañeros, situado entre las provincias de Toledo y Ciudad Real, incluye varios lugares de interés geológico con una alta potencialidad para el uso público. Entre ellos destacan varias cascadas o "chorreras" que suponen algunos de los principales reclamos turísticos. Sin embargo, debido al clima mediterráneo que influencia el Parque Nacional, dichos saltos de agua tienen un régimen hídrico irregular, afectando a su atractivo estético y espectacularidad. Para poder recomendar medidas de gestión en relación con el uso público, se ha monitorizado durante tres años una de ellas, la cascada de Los Navalucillos, con objeto de analizar su variación en relación con su belleza. En esta comunicación se describe la metodología empleada y los principales resultados de la relación entre el régimen de caudales y las dimensiones de la lámina de agua. Los resultados muestran la poca variación de la lámina de agua a pesar de estar sometido a un régimen pluviométrico muy irregular que sí condiciona importantes cambios de caudal en cursos fluviales cercanos. La recarga por parte de un acuífero fisurado y, en especial, de uno detrítico en la base de los coluviones proporciona un caudal constante que garantiza su aspecto visual y, por tanto, su utilidad para actividades de uso público.

Palabras clave: Cascada, geoconservación, geoindicadores, lugar de interés geológico, Parque nacional de Cabañeros.

Abstract: *The Cabañeros National Park, located between the provinces of Toledo and Ciudad Real, includes several geosites with a high potential for public use. Among them, there are several waterfalls or "chorreras" that suppose some of the main tourist claims. However, due to the Mediterranean climate that influences the National Park, these waterfalls have an irregular water regime, affecting its aesthetic and spectacular appeal. In order to recommend management measures in relation to its public use, Los Navalucillos waterfall has been monitored for three years in order to analyze its variation in relation to its beauty. This paper describes the methodology used and the main results about the relationship between the flow regime and the dimensions of the water table. The results show the little variation of the water table despite being subject to a very irregular rainfall regime that does, however, condition important changes in flow in nearby river courses. The recharge by a cracked aquifer and, in particular, a detrital at the base of the colluvium provides a constant water flow that guarantees its visual appearance and, therefore, its usefulness for activities of public use.*

Key words: *Cabañeros National Park, geoconservation, geoindicators, geosite, waterfall.*

INTRODUCCIÓN Y ZONA DE ESTUDIO

El parque nacional de Cabañeros, ubicado en los Montes de Toledo y repartido entre las provincias de Toledo y Ciudad Real, dispone en su oferta de uso público de tan solo tres sectores con rutas de acceso libre: Boquerón del Estena, Colada de Navalrincón y Los Navalucillos (Figura1). El resto son itinerarios que deben realizarse en compañía de un guía ya sea a pie o en todo terreno. Por otro lado, el parque nacional tiene catalogados diversos lugares de interés geológico (LIG) (Gutiérrez-Marco *et al.*, 2015). Entre ellos se encuentran varios saltos de agua conocidos localmente con el nombre de "chorros" o "chorreras" que suponen un importante recurso turístico, especialmente para senderistas. Uno de estos saltos de agua se sitúa en el sector de uso público y acceso libre de Los Navalucillos y es denominada cascada grande del arroyo de El Chorro de Los Navalucillos, situado cerca de la población del mismo nombre, en la provincia de Toledo.

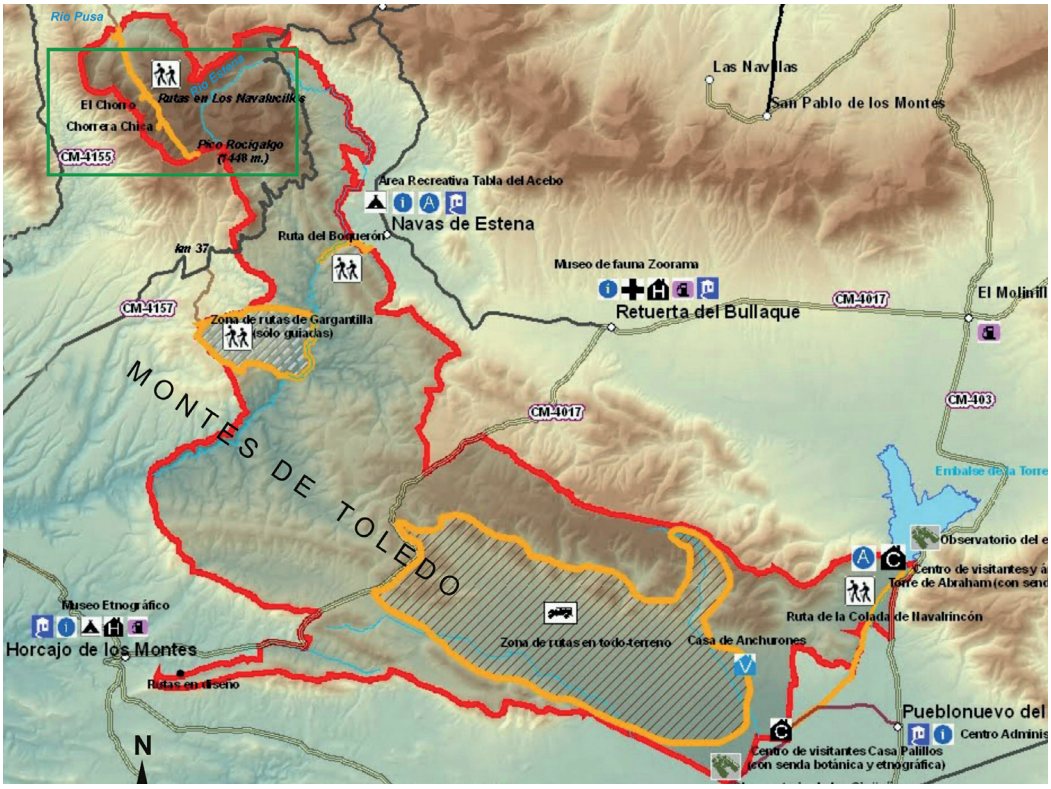


Figura 1. Mapa de uso público del parque nacional de Cabañeros. El cuadro verde marca el sector donde se sitúa la zona de estudio. Rojo: perímetro del parque nacional. Naranja: sectores con rutas de senderismo.

Se trata de un salto fluvial de alrededor de 18 metros de altura y perfil vertical que se sitúa en el tramo alto del arroyo y a favor de una estructura sinclinal que afecta a los potentes bancos de cuarcitas ordovícicas. La cabecera del arroyo se sitúa en una zona de ladera cubierta de coluviones y, según va adquiriendo caudal,

se encaja en las cuarcitas, dando lugar a un río en roca en el que se alternan tramos de incisión lineal (*inner channel*), marmitas, pozas y pequeñas cascadas, hasta llegar al salto principal, a partir del cual el arroyo dibuja ya un valle más definido. En la cabecera del valle por donde discurre el arroyo se sitúa el pico Rocigalgo (1.448 m), máxima altitud del Parque Nacional y de los Montes de Toledo, y que sirve de divisoria hidrográfica para las cuencas de los ríos Estena y Pusa.

Los procesos geomorfológicos activos en el territorio del parque nacional de Cabañeros son fundamentalmente los fluviales *s.l.* (desde arroyada difusa a concentrada), gravitacionales (movimientos de ladera), periglaciares (ciclos hielo-deshielo) y de meteorización físico-química. En el caso de la cascada de Los Navalucillos es la actividad fluvial la que más afecta al desarrollo y evolución del LIG. Desde el punto de vista del uso público, esta cascada supone un importante atractivo por situarse en uno de los pocos senderos balizados de acceso libre para los visitantes. El acceso a la cascada se realiza exclusivamente a pie, tras un paseo de 2 horas de duración que se inicia en la caseta de información (con un pequeño aparcamiento para vehículos a motor), situada a 2 km por pista forestal que sale del pk.16 de la carretera CM-4155. La cascada fue identificada como LIG y fue valorada con 6,37 puntos sobre 10 debido a la espectacular del salto, siguiendo la metodología de García-Cortés *et al.* (2013).

El clima mediterráneo templado, caracterizado por una precipitación irregularmente distribuida a lo largo del tiempo, provoca que el caudal de la cascada sufra variaciones estacionales. De esta manera, también varía su aspecto y la percepción visual de la misma, lo que puede provocar reacciones favorables o desfavorables en los excursionistas que, tras la caminata, se acerquen a observarla. Para conocer el funcionamiento y dinamismo de este LIG y para poder facilitar una información actualizada al visitante del estado de la cascada que incentive su visita (en el caso de caudal suficiente) o le prevenga (en el caso de encontrarse seca), y en el marco de un proyecto de investigación centrado en la identificación de geoindicadores para la gestión de los parques nacionales (García-Cortés *et al*., 2012; Díez-Herrero *et al*., 2016) se decidió realizar una monitorización de la evolución del caudal de la cascada en función con el régimen de precipitaciones en la cuenca de su cabecera.

METODOLOGÍA

En una primera fase de trabajo de reconocimiento de formas y depósitos en campo, se identificaron los procesos geomorfológicos activos que tenían influencia más directa en el estado de conservación y uso público en el LIG. A continuación, se diseñó un sistema de monitorización de la frecuencia y magnitud de los procesos, sus modalidades y acciones elementales. En este caso, el objetivo era estimar los procesos torrenciales de arroyada concentrada en el cauce del arroyo de El Chorro de Los Navalucillos, para correlacionar los caudales del arroyo con la calidad estética de la cascada y las situaciones óptimas para su observación. Para ello se instalaron: 1) una estación meteorológica automática completa (Vantage VueCom de Davis Instruments) en la cumbre del Rocigalgo, para correlacionar las precipitaciones con el régimen de caudales del arroyo de El Chorro en el salto de la cascada; 2) un tornillo de trípode y marcadores de posición fija para la realización fotografías multitemporales desde una misma posición; y 3) un limnímetro piezorresistivo de presión hidrostática (WaterLevel WL 16), aguas arriba de la cascada, en una sección en lecho rocoso de geometría bastante regular (Figura 2). Las estaciones meteorológicas completas automáticas tienen posibilidad de acceso y descarga en línea a través de página web de difusión pública (Weatherlink), a disposición de los gestores del Parque; y de consulta de los datos diarios para el público a través de Internet.



Figura 2. Instrumental instalado en las inmediaciones de El Chorro de Los Navalucillos: A: estación meteorológica completa; B: rosca de trípode de posición fija para fotografía ubicada junto al panel informativo (C); D: parte alta del salto donde se ubicó el limnímetro piezorresistivo (E).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Del análisis de las series de datos obtenidas en estos tres primeros años (diciembre 2013-diciembre de 2016) se pueden observar que, como es lógico, existe una buena correlación entre los niveles de lámina de agua medidos aguas arriba y el tamaño de la lámina de agua de la cascada. Sin embargo, las fluctuaciones de nivel de lámina de agua han sido relativamente poco importantes (amplitud de tan solo 7 centímetros), pese a tener algunos eventos de avenidas súbitas asociadas a precipitaciones intensas, como el ocurrido en febrero de 2016 (Figura 3), y periodos de sequías meteorológicas prolongadas en época estival y otoñal. Por el contrario, estas precipitaciones intensas sí provocaron importantes fluctuaciones de caudal en otros cursos fluviales del entorno, como el río Estena (ver Díez-Herrero *et al.* en este volumen y Díez-Herrero *et al.*, 2015). Esto lleva a pensar en la importancia de las aportaciones de los acuíferos fisurales de las rocas pizarrosas y cuarcíticas, y de los acuíferos detríticos superficiales asociados a los canchales y pedreras, para el mantenimiento de un caudal base en la cascada de El Chorro de Los Navalucillos, garantizando casi permanentemente unas propiedades estéticas, sin fluctuaciones estacionales significativas. De esta manera, la cascada fluctúa en función del caudal con una anchura que oscila entre los cuatro metros (en su momento de máximo caudal) y un metro (en momentos de estiaje), pero es muy excepcional que pierda el caudal totalmente, algo que sería muy factible por su ubicación, tipo de cauce y condiciones climáticas; pero que es evitado por las particulares condiciones de infiltración y acumulación de agua en el acuífero detrítico y fisural que lo alimenta.

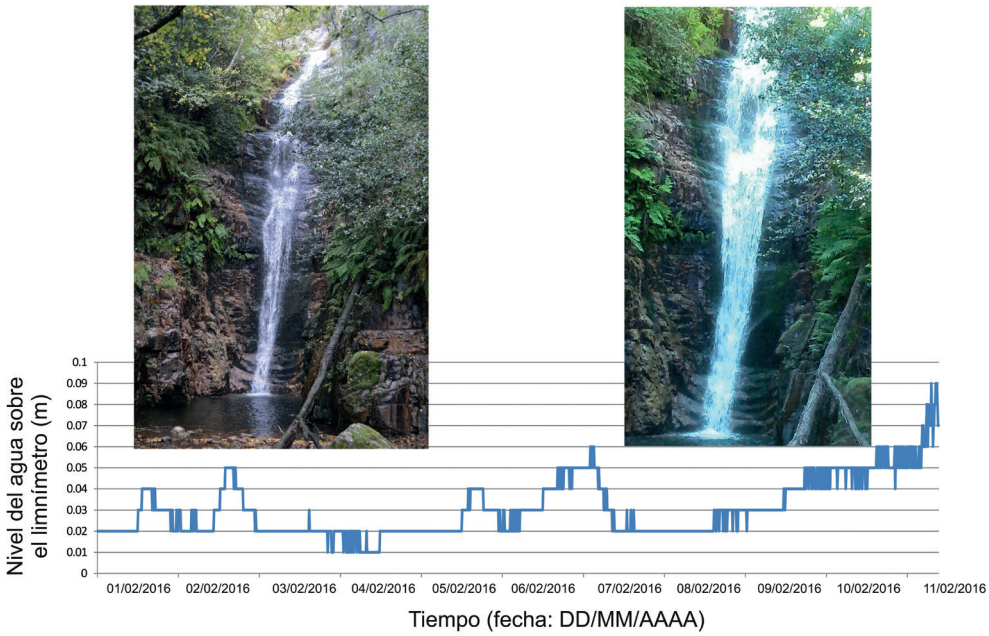


Figura 3. Aspecto de la cascada en dos momentos y gráfico del nivel del agua (limnigrama) del arroyo del Chorro (m sobre el sensor) en el limnímetro instalado en aguas arriba de la cascada de los Navalucillos durante el evento de avenidas súbitas entre el 1 y el 11 de febrero de 2016; se aprecia la escasa variabilidad del nivel del agua (de rango centimétrico) en una sección estrecha, lo que implica poca oscilación del caudal, a pesar de las precipitaciones intensas asociadas.

Los datos obtenidos con la monitorización de este LIG han servido para comprender el funcionamiento hidrogeológico de la cascada. Así, se ha comprobado que los cursos fluviales de dos de los tres sectores del parque nacional donde se centra el uso público de acceso libre tienen un funcionamiento diferente y una distinta respuesta a las típicas precipitaciones de alta intensidad, pero concentradas en el tiempo, que caracterizan al clima de esta región. Así, el diseño de las actividades de uso público en estos sectores deberá ser diferente, lo cual se ha podido reflejar en las propuestas de gestión entregadas al Parque Nacional como fruto de esta investigación. El uso de los indicadores instrumentales también ha permitido correlacionar los eventos de precipitación con el aspecto visual de la cascada, de manera que, una vez retirado el limnímetro situado aguas arriba del salto de agua, solo con la información meteorológica es posible interpretar el aspecto que tendrá la cascada, sin necesidad de recurrir a otros sistemas más caros y de compleja instalación y mantenimiento como una *webcam*. A este hecho se suma que la instalación de la estación meteorológica sirve al Parque Nacional para recabar información que le es útil para el desarrollo de otros programas de investigación en marcha (botánicos, relacionados con el cambio climático, etc.).

CONCLUSIONES

El parque nacional de Cabañeros dispone en su oferta de uso público de tan solo tres sectores con rutas de acceso libre: Boquerón del Estena, Colada de Navalrincón y Los Navalucillos. El resto son itinerarios que deben realizarse en compañía de un guía ya sea a pie o en todo terreno. Una de las dos rutas existentes en el sector de Navalucillos es la que visita la cascada del arroyo del mismo nombre. El principal aliciente de esta ruta es, evidentemente, visitar el salto de agua, tras un largo recorrido a pie, por lo que su aspecto es fundamental.

El establecimiento de sistemas instrumentales para la monitorización de los procesos geomorfológicos activos se ha manifestado como una herramienta útil para la comprensión, conservación y uso público del LIG de El Chorro de Los Navalucillos. El análisis e interpretación de los datos instrumentales permiten extraer recomendaciones prácticas de geoconservación y utilidad geoturística, como la relativa menor importancia del régimen de precipitaciones en la fluctuación de la cascada, frente al caudal base procedente de los acuíferos de la cabecera. Por ello se propone, de cara al futuro, mantener esta red instrumental y continuar con el estudio de geoindicadores en otros LIG del parque nacional.

AGRADECIMIENTOS

Trabajos realizados en el marco del proyecto IndicaGeoPar financiado por el Organismo Autónomo de Parques Nacionales (OAPN 727/2012; MAGRAMA). Agradecimientos a los responsables, técnicos y guardería del P.N. de Cabañeros; y especialmente a Lola y Julio, de la casa rural "Boquerón del Estena".

REFERENCIAS

Díez-Herrero, A., Vegas, J., Carcavilla, L. García Cortés, A., Martín Serrano, A. Gutiérrez-Marco, J.C., Rábano, I., Baeza, E. y Gómez-Heras, M. 2015. Geoindicadores para la evaluación de los procesos geológicos que afectan al estado de conservación y uso público del patrimonio geológico. LIG Boquerón del Estena (P. N. de Cabañeros, Ciudad Real). En: Hilario, A., Mendia, M., Monge-Ganuzas, M., Fernández, E., Vegas, J. y Belmonte, A. (eds.), *Patrimonio geológico y geoparques, avances de un camino para todos.* Cuadernos del Museo Geominero, 18, 227-232.

Díez-Herrero, A., Vegas, J., Carcavilla, L., Gómez-Heras, M. y García Cortés, A. 2016. Monitorización de procesos geomorfológicos activos aplicada a la geoconservación y gestión del uso público en el parque nacional de Cabañeros (Ciudad-Real-Toledo). En: Duran, J. J., Montes, M., Robador, A. y Salazar, A. (eds.), *Comprendiendo el relieve: del pasado al futuro*. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Geología y Geofísica nº 5, 73-80.

García-Cortés, Á., Carcavilla, L., Vegas, J. y Díaz-Martínez, E. 2013. Algunos resultados del inventario de lugares de interés geológico de la Cordillera Ibérica. En: Vegas, J., Salazar, Á., Díaz-Martínez, E. y C. Marchán (eds). *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo.* Instituto Geológico y Minero de España, Cuadernos del Museo Geominero, 15, 379-388.

García-Cortés, Á., Vegas, J. Carcavilla, L. y Díaz-Martínez, E. 2012. Un sistema de indicadores para la evaluación y seguimiento del estado de conservación del patrimonio geológico. *Geo-Temas*, 13, 1272-1275.

Gutiérrez-Marco, J. C., Rábano, I., Sá, A. A., Baeza Chico, E., Sarmiento, G. N., Herranz Araújo, P. y de San José Lancha, M.A. 2015. Geodiversidad e itinerarios geológicos en el Parque Nacional de Cabañeros. En: Amengual, P. y Asensio, B. (eds.), *Proyectos de investigación en parques nacionales: 2010-2013*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Serie investigación en la red, Madrid, 10, 105-142.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

PROPUESTA DE MONITORIZACIÓN INSTRUMENTAL PARA LA GEOCONSERVACIÓN DEL LIG "ICNITAS DE REPTILES TRIÁSICOS" EN EL GEOPARQUE DE LA COMARCA DE MOLINA-ALTO TAJO (GUADALAJARA)

INSTRUMENTAL MONITORING PROPOSAL FOR THE GEOCONSERVATION OF THE GEOSITE "TRIASSIC REPTILE ICHNITES" AT THE MOLINA-ALTO TAJO GEOPARK (GUADALAJARA, CENTRAL SPAIN)

A. Díez-Herrero[1], J. Luengo[1], J. Vegas[1], M. Hernández[1], L. Carcavilla[1], A. Sopeña[2], Y. Sánchez-Moya[2], J. Moratalla[1], E. Baeza[1] y Á. García-Cortés[1]

[1] Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. andres.diez@igme.es, j.luengo@igme.es, j.vegas@igme.es, m.hernandez@igme.es, l.carcavilla@igme.es, j.moratalla@igme.es, e.baeza@igme.es, garcia.cortes@igme.es

[2] Instituto de Geociencias (IGEO, CSIC) y Departamento de Estratigrafía (Facultad de Ciencias Geológicas, UCM), Avda. José Antonio Novais 12, 28040 Madrid. sopena@geo.ucm.es, yol@ucm.es

Resumen: Se presenta una propuesta de monitorización instrumental instalada en el LIG que forman los afloramientos de areniscas triásicas con icnitas de reptiles, situados en el Geoparque UNESCO de la Comarca de Molina-Alto Tajo (Señorío de Molina, Guadalajara). El sistema consta de: un pluviómetro de cazoletas basculantes con registro continuo en almacenador de datos digital; un termómetro con dos sensores (uno de temperatura del aire y otro de la temperatura de la superficie de la roca en diaclasa), que recogen datos con periodicidad quinceminutal; y un fisurómetro analógico de precisión con retícula milimetrada. La finalidad de este sistema y los datos que registra es aportar valores para la caracterización (frecuencia y magnitud) de los procesos activos que pueden degradar los valores patrimoniales del LIG; como la meteorización física-química de la roca soporte, por gelifracción o crioclastia efectiva; esto es, ciclos de hielo-deshielo que se producen cuando las diaclasas y poros de la roca se encuentran rellenos de agua, y que pueden agrandar las discontinuidades que limitan los bloques de las icnitas, produciendo su desprendimiento y rotura. Con ello se podrán establecer geoindicadores para el seguimiento del estado de conservación del LIG y su evolución temporal, que ayuden a la gestión por parte de las administraciones responsables.

Palabras clave: Geoconservación, geoindicador, Geoparque Molina-Alto Tajo, icnitas de reptiles, monitorización.

Abstract: *A new instrumental monitoring proposal installed in the outcrops of Triassic sandstone with reptile ichnites geosite, located in the Molina- Alto Tajo UNESCO Geopark (Guadalajara, Central Spain), is presented. The system consists of: a continuous record tipping bucket rain gauge with digital datalogger; a dual sensor thermometer (to measure the air temperature and the temperature of the surface of the rock inside a rock-joint) that collect data every fifteen minutes; and a precision analogic jointmeter with millimeter dial. The purpose of this system and the data it registers, is to provide values for the characterization (frequency and magnitude) of the active processes that can degrade the heritage values of the geosite; such as the*

physic-chemical weathering of the rock holder by gelifraction; that is to say, freeze-thaw cycles occurring when the rock-joints and pores of the rock are filled with water what can enlarge the rock-joints that limit the blocks of the ichnites, producing their rockfall and rupture. This would allow to establish geoindicators to be used for monitoring the conservation status of the geosite and its temporal evolution, which will help the management by the competent administrations.

Key words: *Geoconservation, geoindicator, Molina-Alto Tajo Geopark, monitoring, reptile ichnites.*

INTRODUCCIÓN

En el complejo proceso de gestión del patrimonio geológico existen fases o elementos fundamentales: (1) el inventario y catalogación; (2) el uso público con fines científicos, didácticos, divulgativos y/o turísticos; (3) y la geoconservación, que garantiza la preservación del patrimonio y sus valores. Las acciones de geoconservación pueden ser tanto legislativas y jurídicas, como sistemas de protección física; pero todos ellos necesitan de geoindicadores que permitan tomar decisiones sobre las acciones a emprender y los elementos y zonas a priorizar (García-Cortés *et al*., 2012). Para establecer geoindicadores resulta de enorme utilidad disponer de datos numéricos de variables que indiquen el estado y las alteraciones a las que está sometido el elemento patrimonial; y, para ello, los sistemas de monitorización instrumental se han demostrado muy eficaces (Díez-Herrero *et al*., 2015).

Por todo ello, el objetivo de este estudio es mostrar una propuesta de diseño e instalación de un sistema de monitorización instrumental que permita obtener series temporales de datos sobre el estado y procesos a los que está sometido un lugar de interés geológico, que servirán para establecer geoindicadores que estimen su estado de conservación y contribuyan a su gestión.

LUGAR DE INTERÉS GEOLÓGICO OBJETO DE ESTUDIO

El Geoparque UNESCO de la Comarca de Molina-Alto Tajo se encuentra ubicado en el sector centro-oriental de la Península Ibérica, dentro de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica, abarcando parte del antiguo Señorío de Molina de Aragón y el Parque Natural del Alto Tajo (provincias de Guadalajara y Cuenca, Castilla-La Mancha) (Figura 1a). En el Geoparque se encuentran representadas rocas y estructuras del Paleozoico y de las Cuencas y Cordilleras Alpinas peninsulares; y más concretamente del llamado "*Rift* Mesozoico Ibérico". El comienzo de la secuencia sedimentaria mesozoica está constituida por materiales detríticos de origen continental, depositados en medios de abanicos aluviales y sistemas fluviales (Ramos, 1979; Muñoz *et al*., 1992) (Figura 1b). En la sierra de Aragoncillo los sedimentos triásicos están constituidos por alternancias de conglomerados, areniscas y lutitas en cuerpos de dimensiones métricas, en las que se suceden facies canalizadas con depósitos de llanura de inundación (facies Buntsandstein; Figura 1c). Las icnitas fósiles de estas facies (*Chirotherium*, *Rhynchosauroides*, *Sinaptichnium*, etc.) protagonizaron el comienzo de la Paleoicnología de vertebrados en España (Navás, 1906). Es muy frecuente la presencia de icnitas con hiporrelieve positivo en la base de algunos estratos de arenisca de las secuencias fluviales (Demathieu *et al*., 1978; Figura 1d). Recientes revisiones (Díaz-Martínez *et al*., 2015) así como nuevos hallazgos (Meléndez y Moratalla, 2014) sugieren una excepcional potencialidad de la región para futuros estudios. Este conjunto de improntas fósiles

constituye un testimonio clave para el conocimiento de las faunas continentales de Arcosauriformes y Arcosaurios durante las primeras etapas del Triásico. Así, la importancia histórica, paleontológica y patrimonial de este área es indudable y, por lo tanto, estos excepcionales yacimientos paleontológicos han sido catalogados como LIG por: el inventario del Parque Natural y del Geoparque; la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha; el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG) para la Cordillera Ibérica; y forman parte de uno de los 149 *geosites* del Patrimonio Geológico español de relevancia mundial (García Cortés, 2008).

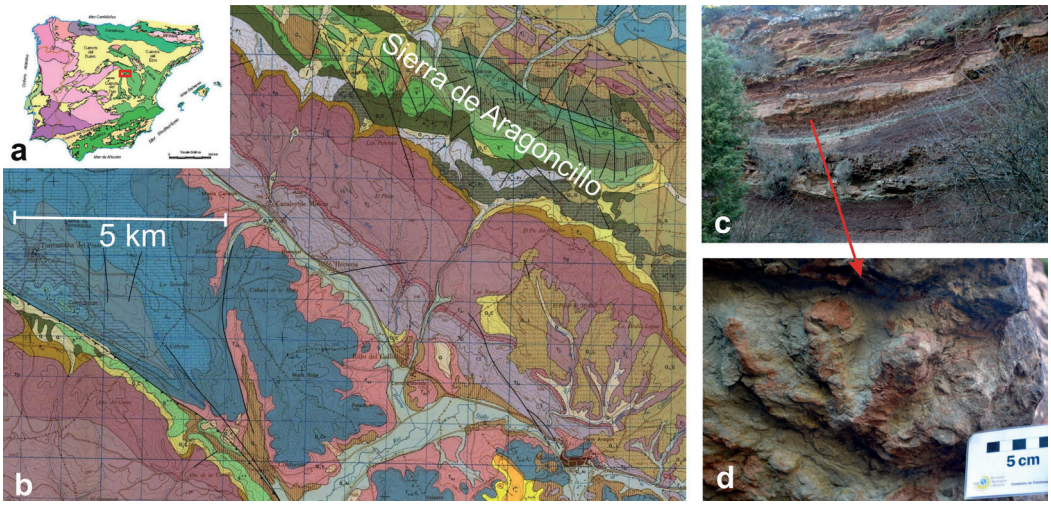


Figura 1. Situación geológica del lugar de interés geológico: a) Ubicación en la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica; b) Fragmento del mapa geológico 1:50.000 (MAGNA, IGME), con las formaciones triásicas en tonos rosados y magenta; c) Afloramiento de la alternancia de areniscas y lutitas; d) Icnita de reptil triásico en el muro de un estrato de areniscas.

En algunos de los afloramientos, la erosión diferencial de los estratos infrayacentes de lutitas, y los procesos de gravedad en las laderas, han ido dejando expuestas las icnitas en los muros de los estratos de areniscas más cementadas que resaltan en extraplomos y solapos; pero a la vez ha producido su pérdida o deterioro tanto por motivos naturales (desprendimiento y rotura de bloques, meteorización...), como antrópicos (expolio para coleccionismo o extracción para su exposición en museos). La situación actual es crítica, puesto que apenas se pueden localizar y reconocer media docena de icnitas *in situ*, lo que produjo la alarma de la comunidad científica y de los gestores del geoparque.

PROPUESTA METODOLOGICA DE MONITORIZACIÓN INSTRUMENTAL

El diseño del sistema instrumental (Figura 2a) parte del conocimiento de los afloramientos rocosos que forman el LIG y de la identificación de los procesos activos que potencialmente lo pueden estar degradando. Entre los diferentes procesos geomorfológicos activos, como la arroyada fluvial o la dinámica de laderas (desprendimientos, deslizamientos, reptación), parecen destacar las caídas de bloques ocasionadas por la meteorización física asociada a los ciclos hielo-deshielo, susceptibles de producir gelifracción o crioclastia

efectiva; esto es, congelación de agua disponible en poros y fisuras (diaclasas y superficies de estratificación o laminaciones; Figura 2a).

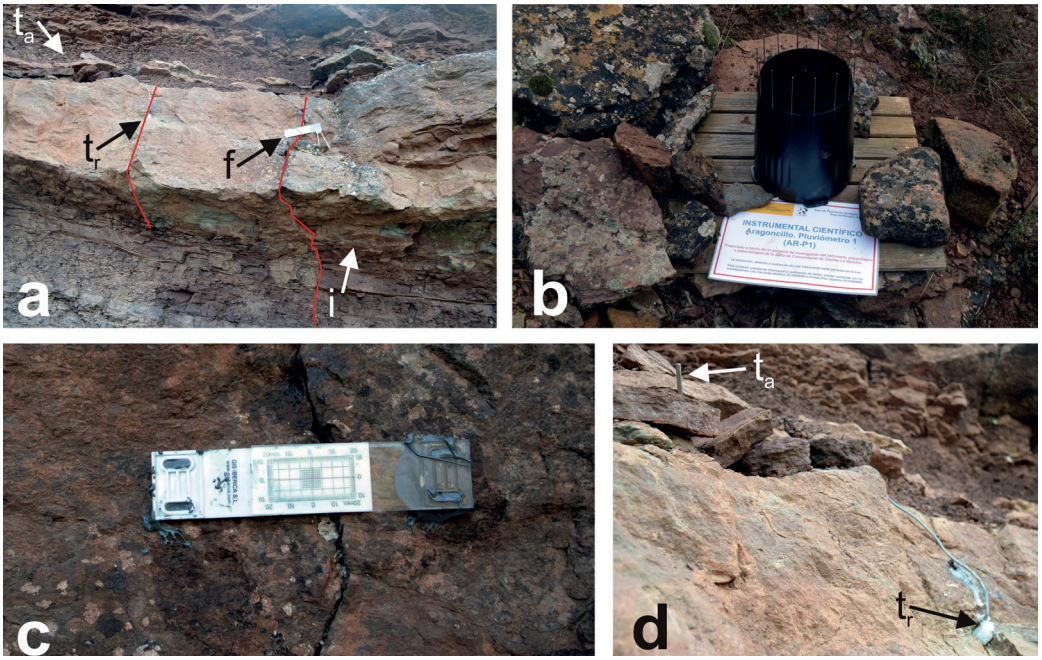


Figura 2. Sistema de monitorización instrumental instalado: a) afloramiento con icnita (i), donde se observan dos diaclasas (líneas rojas) en las que se ubican el fisurómetro (f) y el termómetro de medida en el interior de la roca (t_r), ligeramente separados del termómetro ambiental (t_a); b) pluviómetro sobre soporte; c) fisurómetro de precisión sobre la diaclasa; d) situación de los dos sensores del termómetro.

Por lo tanto, es fundamental conocer la disponibilidad de agua en el afloramiento, procedente de la precipitación (lluvia y nieve), para lo que se instaló: (1) un pluviómetro de registro continuo (pluviógrafo *Rain Collector* HOBO, de *Davis Instruments*) dotado de un sistema de cazoletas basculantes y con almacenador digital de datos ubicado a unos metros encima del estrato donde se encuentran las icnitas objeto del estudio (Figura 2b). No se colocó elevado como establecen los estándares de la Organización Meteorológica Mundial, porque en este estudio es necesario caracterizar la hidrología a nivel del suelo, con la permanencia de la cubierta nival y su fusión en superficie; (2) con el objetivo de disponer de medidas de la temperatura ambiental del aire y de la superficie de la roca se instaló un termómetro HOBO (*Davis Instruments*) con dos sensores: uno para medida de la temperatura ambiente, colocado a apenas 10 cm de la superficie de la roca, y otro insertado en una de las diaclasas semi-abiertas del banco de arenisca que contiene las icnitas (Figura 2d). Ambos sensores toman datos cada 15 minutos; (3) para caracterizar y medir los efectos de la potencial gelifracción efectiva sobre el estrato que contiene las icnitas, se instaló sobre una de las diaclasas que delimitan justo el bloque de roca dentro del estrato, un fisurómetro que mida los movimientos relativos a ambos lados de la diaclasa. Se trata de un fisurómetro recto analógico de precisión (modelo FI007 de G.I.S. Ibérica) (Figura

2c), que permite el control de desplazamientos horizontales y verticales, con retícula opaca y cruz filar transparente, con graduación mínima de 0,5 mm y rangos de medición de ±20 mm en la horizontal y ±10 mm en la vertical. El fisurómetro se montó mediante fijación de sus dos elementos usando un adhesivo epoxídico de curado rápido en frío (Nural 27, de Pattex), colocando la cruz filar sobre el punto (0,0) de la retícula; se hará el seguimiento de los posibles movimientos a través de macrofotografías ortogonales periódicas (cada 2 ó 3 meses). A todo ello se suma un registro de variaciones en el tiempo con fotografías seriadas, tanto del conjunto del afloramiento rocoso como de detalles del mismo (icnita, fisuras, huecos y cavidades, etc.), para detectar cualquier modificación, tanto natural como antrópica.

A partir de las series de datos de número de ciclos de gelifracción efectiva que se registren anualmente, y de su comparación con el número en la serie meteorológica histórica de la estación de la AEMET en Molina de Aragón, se establecerá un geoindicador para estimar el estado de conservación. Si se detecta que la tendencia en el tiempo de este indicador es a aumentar el número de ciclos, y que además éstos tienen consecuencias en el LIG (observables con las medidas del fisurómetro), se propondrá a los gestores que adopten medidas de protección física de los afloramientos. Por ejemplo, ya que no se puede actuar sobre la temperatura ambiental, sí que se podría tratar de reducir la efectividad de los ciclos de hielo-deshielo, bien facilitando la insolación de la roca (p.e., eliminando vegetación que produzca sombras) para que aumente su temperatura e inercia térmica durante la noche; o bien creando cunetas de drenaje en cabecera y perimetrales para evitar que el agua de lluvia y arroyada superficial alcance el afloramiento con las icnitas.

DISCUSIÓN DE LA PROPUESTA METODOLÓGICA

A modo de muestra del correcto funcionamiento de la propuesta metodológica, en el periodo de mes y medio monitorizado, ya se ha podido registrar las temperaturas y precipitación en el afloramiento de las icnitas (Figura 3). Los datos del fisurómetro no se muestran puesto que no se ha detectado movimiento alguno.

Como se observa en la Figura 3 se pueden detectar el número y duración de los ciclos de hielo-deshielo efectivos (con precipitación la víspera o el mismo día de helada en la roca), por lo que en el futuro se podrán hacer un seguimiento temporal de este geoindicador de interés en la geoconservación del LIG; cumpliéndose así el principal objetivo del sistema de monitorización.

Las únicas incertidumbres generadas son las propias de los errores inherentes al instrumental (según las características técnicas de los aparatos y sus rangos de medición, hasta el momento adecuados), las derivadas de la representatividad de los puntos de medición (todos ellos directamente sobre el elemento patrimonial), y de la manipulación de los datos por los técnicos (borrado involuntario de datos, tratamiento estadístico inadecuado, etc.).

Por ello, este sistema es perfectamente replicable para la monitorización de cualquier otro LIG de características similares (yacimientos de icnitas en clima continentalizado), con la precaución de diseñar y dimensionar la disposición y tipología del instrumental de manera acorde a la problemática de conservación (proceso activo que degrada el LIG) y la configuración del elemento patrimonial (posición topográfica, características petrológicas, disposición de las discontinuidades, etc.). Por ejemplo, la propuesta metodológica no es replicable tal cual, cuando el elemento está afectado por procesos litorales asociados a oleaje, o cuando las discontinuidades en las rocas son sistemas conjugados de diaclasas que requieren de análisis geomecánicos más complejos.

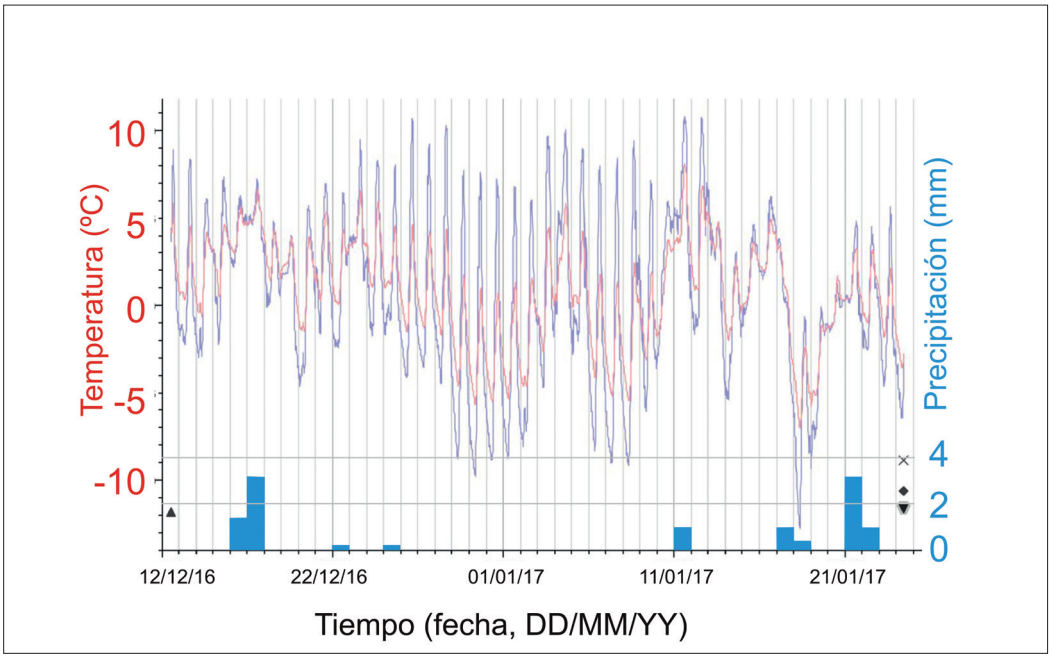


Figura 3. Datos de temperatura ambiente del aire (línea azul), temperatura de la roca (línea roja) y precipitación diaria (prismas azules) en el afloramiento monitorizado, donde se puede apreciar la amplitud de los ciclos diarios, algunos con fenómenos de hielo-deshielo efectivos, entre el 12-12-2016 y el 24-01-2017.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto de investigación "Cartografía digital y valoración de los yacimientos paleontológicos amenazados de la sierra de Aragoncillo" (SIFA), financiado en la convocatoria 2016 de proyectos de investigación del patrimonio arqueológico y paleontológico, de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes, de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. Agradecemos las facilidades dadas por el Geoparque de la Comarca de Molina-Alto Tajo, la guardería forestal y la colaboración en campo de Mar Génova y Jorge Gómez-Carrillo.

REFERENCIAS

Demathieu, G., Ramos, A. y Sopeña, A. 1978. Fauna icnológica del Triásico del extremo noroccidental de la Cordillera Ibérica (Prov. de Guadalajara). *Estudios Geológicos*, 34, 175-186.

Díaz-Martínez, I., Castanera, D., Gasca, J. M. y Canudo, J. I. 2015. A reppraisal of the Middle Triassic chiroteriid *Chirotherium ibericus* Navás, 1906 (Iberian Range NE Spain), with comments on the Triassic tetrapod track biochronology of the Iberian Peninsula. *PeerJ*3, e1044.

Díez-Herrero, A., Vegas, J., Carcavilla Urqui, L. García Cortés, A., Martín Serrano, A. Gutiérrez-Marco, J. C., Rábano, I., Baeza, E. y Gómez-Heras, M. 2015. Geoindicadores para la evaluación de los procesos geológicos que afectan al estado

de conservación y uso público del patrimonio geológico. LIG Boquerón del Estena (P. N. de Cabañeros, Ciudad Real). En: Hilario, A., Mendia, M., Monge-Ganuzas, M., Fernández, E., Vegas, J. y Belmonte, A. (eds.), *Patrimonio geológico y geoparques, avances de un camino para todos.* Cuadernos del Museo Geominero, 18, 227-232.

García-Cortés, Á. (ed.). 2008. *Contextos geológicos españoles. Una aproximación al patrimonio geológico nacional de relevancia internacional*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 233 pp.

García-Cortés, Á., Vegas, J., Carcavilla, L. y Díaz-Martínez, E. 2012. Un sistema de indicadores para la evaluación y seguimiento del estado de conservación del patrimonio geológico. *Geo-Temas*, 13, 1272-1275.

Meléndez, N. y Moratalla, J. J. 2014. Los Arroturos: new reptile tracksite from the Muschelkalk (Middle Triassic) of Paredes de Sigüenza (Guadalajara province, Spain). En: *74th Annual Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology*. Berlín (Germany), Abstracts book, 186.

Muñoz, A., Ramos, A., Sánchez-Moya, Y. y Sopeña, A. 1992. Envolving fluvial architecture during a marine transgression: Upper Buntsandstein, Triassic, central Spain. *Sedimentary Geology*, 75, 257-281.

Navás, L. 1906. El *Chirosaurus ibericus* sp. nov. *Boletín de la Sociedad Aragonesa de Ciencias Naturales*, 3, 208-213.

Ramos, A. 1979. Estratigrafía y Paleogeografía del Pérmico y Triásico al oeste de Molina de Aragón (prov. de Guadalajara). *Seminarios de Estratigrafía*, Serie Monografías, 6, 313 pp.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

RESULTADOS FINALES DE LA MONITORIZACIÓN DEL LIG DEL ICNOFÓSIL DEL GUSANO GIGANTE (P.N. DE CABAÑEROS) PARA EL ESTABLECIMIENTO DE GEOINDICADORES EN LA GESTIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO

FINAL RESULTS OF THE 'GIANT WORM ICHNOFOSSIL' GEOSITE MONITORING (CABAÑEROS NATIONAL PARK, CENTRAL SPAIN) FOR DEFINING GEOINDICATORS IN GEOHERITAGE MANAGEMENT

A. Díez-Herrero[1], J. Vegas[1], L. Carcavilla[1], Á. García-Cortés[1] y M. Gómez-Heras[2]

[1] Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Ríos Rosas 23, 28003 Madrid.
andres.diez@igme.es, j.vegas@igme.es, l.carcavilla@igme.es, garcia.cortes@igme.es

[2] Departamento de Geología y Geoquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, Francisco Tomas y Valiente 7, Ciudad Universitaria de Cantoblanco, 28049 Madrid. miguel.gomezheras@uam.es

Resumen: Se presentan los resultados finales del análisis e interpretación de los datos registrados en el sistema de monitorización instrumental instalado, durante tres años, en un lugar de interés geológico del parque nacional de Cabañeros (Ciudad Real-Toledo, Castilla-La Mancha) para el establecimiento de geoindicadores de utilidad en la gestión del patrimonio geológico. El lugar de interés geológico monitorizado fue el icnofósil del gusano gigante ordovícico del Boquerón del Estena, donde se han establecido dos geoindicadores: uno de estado de conservación (incidencia de la crioclastia efectiva) y otro de uso público (interrupción del acceso en el camino y pasarela peatonal por avenidas e inundaciones del río Estena). El primer geoindicador presentó nula incidencia en el periodo monitorizado, ya que no se produjeron ciclos de hielo-deshielo en la superficie de la roca, a pesar de sí que se registraron en la temperatura ambiente. Mientras que el segundo registró valores temporales de accesos cortados por inundación más elevados de los inicialmente esperados; y tiempos de reacción de desfase, entre la punta de la precipitación en cabecera y el caudal punta en el hidrograma, muy cortos (inferiores a seis horas, avenidas súbitas), fundamentales en la gestión de una emergencia para la evacuación de los visitantes del parque nacional.

Palabras clave: Cabañeros, geoconservación, geoindicador, monitorización, parque nacional.

Abstract: *The final results of the analysis and interpretation of the data recorded by an instrumental monitoring system installed during three years at a geosite in the Cabañeros National Park (Ciudad Real-Toledo provinces, Castilla-La Mancha region, Central Spain) for the establishment of geoindicators for geoheritage management are presented. The geosite monitored was the ichnoffosil of an Ordovician giant worm situated at Boquerón del Estena reach. There, two geoindicators were established: one about its geoconservation status (incidence of effective cryoclastic processes); and another one relative to its public use access (interruption access to the existing pathway and footbridge during Estena river flash floods). The first presented no incidence during the monitored period, as there were no ice-thaw cycles on the surface of the rock, even though they were recorded at the air temperature. The second showed higher flood induced access cut temporary values than the ones that initially were expected and very short reaction time lags (less than six hours, flash floods)*

between the peak precipitation at the headwater and the peak flow of the hydrograph. Thus, this last result is considered fundamental for the management of the National Park visitor evacuation in case of emergency.

Key words: *Cabañeros, geoconservation, geoindicator, monitoring, National Park.*

INTRODUCCIÓN: MONITORIZACIÓN DEL LIG DEL ICNOFOSIL

Las acciones de geoconservación del patrimonio geológico pueden ser tanto normativas, como sistemas de protección física; pero todas ellas necesitan de geoindicadores que sirvan de apoyo a la decisión sobre las acciones a emprender y los elementos y zonas a priorizar (García-Cortés *et al*., 2012). Para establecer geoindicadores resulta de enorme utilidad disponer de datos numéricos de variables que indiquen el estado, las presiones, las amenazas y los condicionantes de uso público a los que está sometido el elemento patrimonial. Recientemente, se está demostrando que, para este fin, los sistemas de monitorización instrumental resultan muy eficaces (Bollati *et al*., 2015; Díez-Herrero *et al*., 2015 y 2016; Díez-Herrero *et al*., 2017 en este mismo volumen).

El lugar de interés geológico (LIG) estudiado en estos últimos trabajos se sitúa en el parque nacional de Cabañeros, en el término municipal de Navas de Estena, en la provincia de Ciudad Real (Castilla-La Mancha). El LIG del icnofósil de gusano ordovícico gigante ha sido caracterizado y catalogado por distintos trabajos (ver recopilación en Gutiérrez Marco *et al*., 2015) y forma parte de uno de los 149 *geosites* del patrimonio geológico español de relevancia mundial (García-Cortés, 2008). Para el seguimiento de su estado de conservación, los procesos que podían alterar sus valores patrimoniales y los factores que podrían interferir con su uso público, se instaló en diciembre de 2013 un sistema de monitorización instrumental (Díez-Herrero *et al*., 2015 y 2016). Este sistema estaba integrado por: un pluviómetro, un termómetro con dos sensores en roca y una estación meteorológica automática completa, que fue instalada posteriormente, a inicios de 2016. Unos metros aguas arriba, se instaló un limnímetro en el cauce sobre el río Estena, en las proximidades de un paso del camino de acceso (ruta geológica del Boquerón del Estena) por una pasarela peatonal de madera.

El objetivo de este estudio es dar continuidad a los anteriores trabajos de monitorización instrumental y presentar los resultados finales de un sistema que ha permitido establecer y analizar la evolución temporal, durante tres años, de varios geoindicadores, discutiendo su utilidad para la gestión de este patrimonio geológico en un espacio natural protegido.

GEOINDICADORES PARA EL LIG DEL ICNOFÓSIL

Utilizando los datos registrados por estos aparatos a lo largo de tres años (diciembre 2013-diciembre 2016), se han establecido dos geoindicadores:

* Geoindicador 1. Número de ciclos anuales de gelifracción efectiva que afectan a la roca con icnofósiles: como ya se hacía constar en los resultados parciales hasta 2015 y 2016, durante este periodo, no ha habido ningún ciclo de helada-deshielo efectivo en la roca (Díez-Herrero *et al*., 2015 y 2016), por lo que el indicador adoptaría un valor nulo en el periodo monitorizado. La posición del afloramiento, en una garganta con condiciones microclimáticas y la inercia térmica de la roca en la que se encuentra el icnofósil, que absorbe calor durante el día para irradiarlo durante la noche, ejercen una atenuación de las oscilaciones térmicas respecto al entorno. Esto se produce a pesar de los numerosos ciclos de helada que se constatan en la cercana

población de Navas de Estena y en la propia estación meteorológica instalada a principios de 2016 en las inmediaciones del LIG (Figura 2).

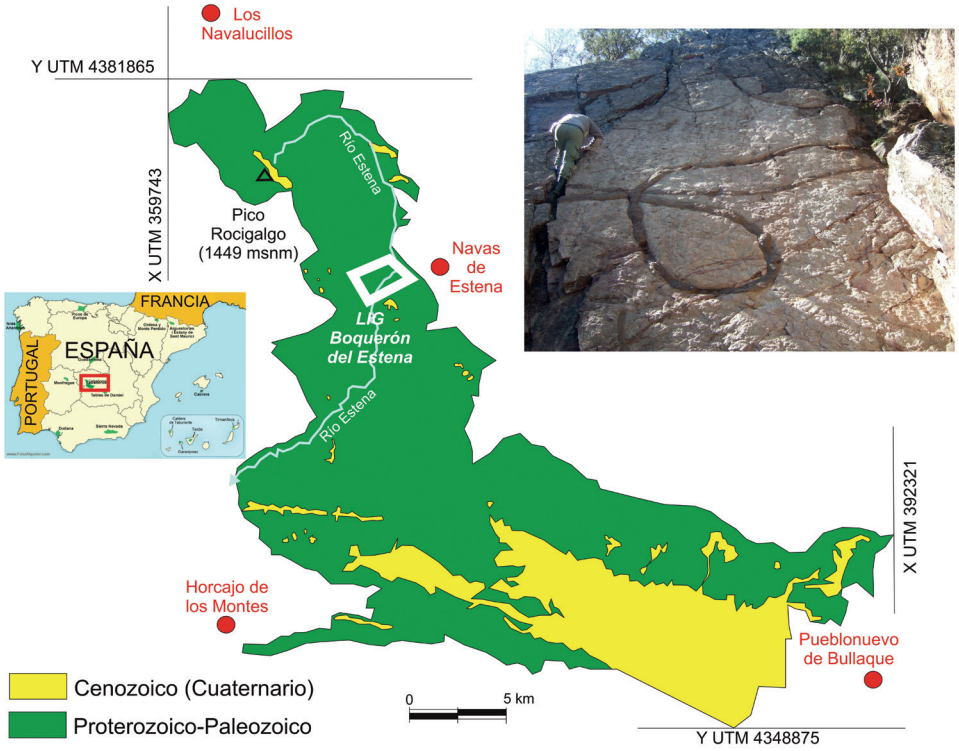


Figura 1. Mapa de situación del LIG estudiado (Boquerón del Estena) en el contexto del parque nacional de Cabañeros y su geología; y fotografía del elemento monitorizado, el icnofósil de gusano gigante ordovícico.

Sin embargo, al analizar los datos se observó que la meteorización física podría asociarse a termoclastia (rotura de la roca por oscilaciones térmicas), puesto que la amplitud térmica diaria puede alcanzar más de 15°C, con velocidades de cambio superiores a 0,2ºC por minuto. Otro proceso que convendría incluir en este geoindicador, o en otro establecido específicamente para el fenómeno de termoclastia, es el efecto potencialmente termoclástico de la brusca disminución de temperatura en la superficie de la roca, cuando ésta está caliente y se produce precipitación intensa, por ejemplo durante las tormentas estivales y otoñales.

* Geoindicador 2. Tiempo de limitación o peligro para uso público por avenidas del río Estena: como ya se hacía constar en los resultados parciales hasta 2015 y 2016, durante este periodo, el tiempo de inmersión de la senda de acceso público al LIG supera el 14 % del periodo (Díez-Herrero *et al.*, 2015 y 2016), por lo que el indicador adoptaría un valor superior al inicialmente previsto. Además del tiempo de inmersión, otro aspecto a tener en cuenta en este geoindicador es que, dado el carácter súbito de las avenidas registradas, con tiempos de ascenso del hidrograma de pocas horas o incluso minutos, podría ocurrir que los visitantes de

la ruta se queden aislados o incomunicados aguas abajo de la pasarela. Para ello, se estudiaron los tiempos de concentración y de desfase de la punta de los eventos de avenida súbita ocurridos en el periodo monitorizado (Figura 3 y Tabla 1), desde la cabecera del nacimiento del río Estena (entorno del pico Rocigalgo, donde se ubicó una estación meteorológica automática) y el Boquerón del Estena (donde se sitúa el limnímetro); paralelamente también los tiempos entre el pico Rocigalgo (también cabecera del arroyo de El Chorro) y la cascada de El Chorro de Los Navalucillos (donde se sitúa otro limnímetro del sistema instrumental).

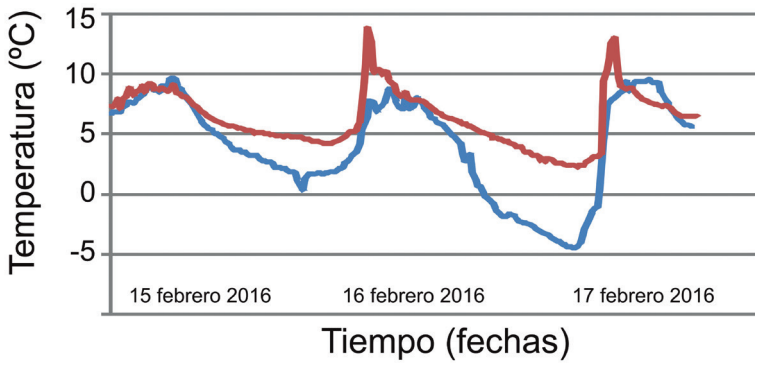


Figura 2. Gráfico de la variación de las temperaturas de los sensores sobre la roca del icnofósil del gusano gigante (línea roja) y temperatura ambiente del aire (línea azul), entre el 15 de febrero de 2016 10.30 AM y 17 de febrero de 2016 08:30 PM. Se observa que, a pesar de producirse una helada de -4.6ºC la noche del 16 al 17 de febrero, la roca conserva inercia térmica de la punta de calentamiento diario (hasta 13,8ºC), no descendiendo de 2,2ºC.

FECHA EVENTO	P (l)	TIEMPOS DE DESFASE DE LAS PUNTAS (hh:mm)			ACCIONES DE GESTIÓN DE USO PÚBLICO
		t_{dp} BE	t_{dp} CN	Δt_{dp} CN-BE	
16-09-2015		04:00	00:25	03:35	Alerta meteo vía *e-mail*
28-12-2015	20	09:27	-	-	Aviso P.N. vía telefónica
04-01-2016	31	06:07	-	-	Alerta meteo vía *e-mail*
07-01-2016	25	04:02	02:49	05:01	Alerta meteo vía *e-mail*
09-01-2016		-	-	06:22	Aviso P.N. vía telefónica
11-01-2016		-	-	01:23	Aviso P.N. vía telefónica
12-02-2016	30	04:18	05:26	-	Aviso P.N. vía telefónica
13-02-2016	38	06:08	00:56	05:12	Aviso P.N. vía telefónica
04-04-2016	35	13:28	13:36	00:52	Alerta meteo vía *e-mail*
19-04-2016	30	02:38	-	-	Aviso P.N. vía telefónica
10-05-2016	15	03:08	04:26	¿-01:18?	Alerta meteo vía *e-mail*
MEDIA pond.		05:55	02:48	03:44	

Tabla 1. Tiempos característicos de los eventos hidrometeorológicos más significativos registrados por el sistema instrumental en 2015 y 2016, útiles para el establecimiento del geoindicador de uso público (acciones con la Dirección del parque nacional): P, precipitación total (mm o L/m^2); t_{dp} BE, tiempo de desfase de la punta al Boquerón del Estena; t_{dp} CN, tiempo de desfase de la punta al Chorro de los Navalucillos; Δ t_{dp} CN-BE, desviación entre los desfases de punta entre el Chorro de Los Navalucillos y el Boquerón del Estena.

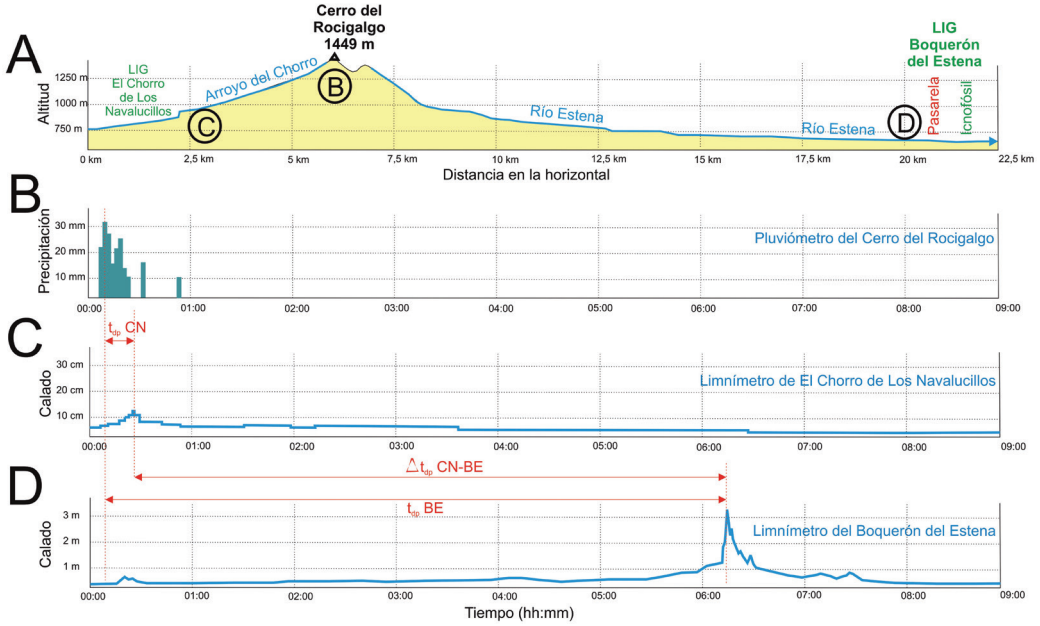


Figura 3. A, perfil longitudinal de los cauces del río Estena y arroyo del Chorro; hietograma (B) y limnigramas (C y D), que permiten calcular los tiempos característicos de génesis y propagación de los eventos de avenida súbita.

RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

A la vista de los resultados finales de los dos geoindicadores establecidos a partir de los datos de la monitorización instrumental del LIG del Boquerón del Estena (elemento patrimonial del icnofósil del gusano gigante ordovícico), se pueden realizar una serie de recomendaciones técnicas para los gestores de este espacio natural protegido y sus bienes patrimoniales:

– Mantener el actual estado de insolación sobre el afloramiento rocoso que contiene el icnofósil, para garantizar que la inercia térmica diaria dificulte los ciclos de gelifracción efectiva nocturnos. Para ello sería conveniente impedir el crecimiento de la vegetación arbórea y arbustiva que pueda generar sombras permanentes sobre la roca.

– Eliminar todos los elementos vegetales (árboles y arbustos) y artificiales (vallados), que puedan generar sombras sobre el afloramiento, produciendo contrastes térmicos que aceleren la degradación de la roca por termoclastia.

– Vigilar el estado de deterioro de la roca soporte del elemento patrimonial y su evolución en el tiempo, tanto periódicamente, como tras eventos singulares (precipitaciones sobre la roca caliente en tormentas estivales) para, en caso de observarse degradación acelerada (desescamado), proceder a actuar con técnicas de conservación y restauración.

– Establecer un protocolo de alerta temprana ante eventos de precipitación intensa en la cabecera del río Estena (sector del cerro del Rocigalgo) que puedan producir avenidas súbitas en el Boquerón del Estena,

que posibilite avisos automáticos a los gestores del parque nacional y las autoridades locales, y así controlar el flujo de visitantes en la ruta del Boquerón del Estena.

– Mantener o incluso ampliar el sistema de monitorización instrumental, coordinándolo con otras redes análogas, como el Sistema Automático de Información Hidrológica (Confederación Hidrográfica del Guadiana) y la red de alertas de la AEMET.

Por el momento se descarta la adopción de otras medidas de índole estructural, como la implantación de una cubierta que cubra el afloramiento del icnofósil o la elevación de la pasarela y la senda peatonal, por su elevado impacto paisajístico y ambiental, a la vez que no garantizan la geoconservación y el uso público de este lugar de interés geológico.

AGRADECIMIENTOS

Trabajos realizados en el marco del proyecto IndicaGeoPar (OAPN 727/2012; MAPAMA). Agradecimientos al resto del equipo del proyecto, personas que colaboraron en la monitorización instrumental y descarga de los datos; a los responsables, técnicos y guardería del P.N. de Cabañeros; y especialmente a Lola y Julio, de la casa rural "Boquerón del Estena".

REFERENCIAS

Bollati, I., Reynard, E., Lupia Palmieri, E., Pelfini, M. 2015. Runoff impact on active geomorphosites in unconsolidated substrat. A comparison between landforms in glacial and marine clay sediments: Two case studies from the Swiss Alps and the Italian Apennines. *Geoheritage*, 8, 61-75.

Díez-Herrero, A., Vegas, J., Carcavilla Urqui, L. García Cortés, A., Martín Serrano, A. Gutiérrez-Marco, J. C., Rábano, I., Baeza, E., Gómez-Heras, M. 2015. Geoindicadores para la evaluación de los procesos geológicos que afectan al estado de conservación y uso público del patrimonio geológico. LIG Boquerón del Estena (P. N. de Cabañeros, Ciudad Real). En: Hilario, A., Mendia, M., Monge-Ganuzas, M., Fernández, E., Vegas, J., Belmonte, A. (eds.), *Patrimonio geológico y geoparques, avances de un camino para todos*. Cuadernos del Museo Geominero, 18, 227-232.

Díez-Herrero, A., Vegas, J., Carcavilla, L., Gómez-Heras, M. y García Cortés, A. 2016. Monitorización de procesos geomorfológicos activos aplicada a la geoconservación y gestión del uso público en el parque nacional de Cabañeros (Ciudad-Real-Toledo). En: Duran, J.J., Montes, M., Robador, A. y Salazar, A. (eds.), *Comprendiendo el relieve: del pasado al futuro*. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España, Geología y Geofísica, 5, 73-80.

Díez-Herrero, A., Luengo, J., Vegas, J., Hernández, M., Carcavilla, L., Sopeña, A., Sánchez-Moya, Y., Moratalla, J., Baeza, E., García-Cortés, A. 2017. Propuesta de monitorización instrumental para la geoconservación del LIG "icnitas de reptiles triásicos" en el Geoparque de la Comarca de Molina-Alto Tajo (Guadalajara). En este volumen.

García-Cortés, Á. 2008. *Contextos geológicos españoles. Una aproximación al patrimonio geológico nacional de relevancia internacional*. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid, 233 pp.

García-Cortés, Á., Vegas, J. Carcavilla, L. y Díaz-Martínez, E. 2012. Un sistema de indicadores para la evaluación y seguimiento del estado de conservación del patrimonio geológico. *Geo-Temas*, 13, 1272-1275.

Gutiérrez-Marco, J. C., Rábano, I., Sá, A. A., Baeza Chico, E., Sarmiento, G. N., Herranz Araújo, P. y de San José Lancha, M. A. 2015. Geodiversidad e itinerarios geológicos en el Parque Nacional de Cabañeros. En: Amengual, P. and Asensio, B. (eds.), *Proyectos de investigación en parques nacionales: 2010-2013*. Organismo Autónomo Parques Nacionales, Serie investigación en la red, vol. 10, Madrid, 105-142.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

ANÁLISIS DE LOS COLECTIVOS IMPLICADOS EN LA RECOLECCIÓN, TENENCIA Y COMERCIO DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO MUEBLE EN ESPAÑA.

ANALYSIS OF THE COLLECTIVES INVOLVED IN THE COLLECTION, TENURE AND TRADING OF THE MOVEABLE GEOHERITAGE IN SPAIN

J. Vegas[1], G. Delvene[2], R. Jiménez[2], S. Menéndez[2] e I. Rábano[2]

[1] Área de Patrimonio Geológico y Minero, Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. j.vegas@igme.es

[2] Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. g.delvene@igme.es, r.jimenez@igme.es, s.menendez@igme.es, i.rabano@igme.es

Resumen: El patrimonio geológico mueble está formado por elementos geológicos no renovables (rocas, minerales, meteoritos y fósiles) extraídos de su contexto y con un valor (científico, didáctico, estético) que los convierte en un bien patrimonial colectivo que debe ser conservado para beneficio de toda la sociedad. En España, el Real Decreto 1274/2011, por el que se aprueba el Plan Estratégico del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad 2011-2017 (PEPNB), incluye la Acción: "Promover mecanismos para regular la recolección y controlar el comercio nacional de elementos muebles del patrimonio geológico". Para llevar a cabo esta acción se han identificado 5 colectivos implicados en la recolección, tenencia y comercio del patrimonio geológico mueble en España: 1) personal científico, 2) particulares aficionados, 3) coleccionistas, 4) comerciantes y 5) obra pública/minería. El análisis se ha realizado en función de estos 5 colectivos atendiendo a los fines para los que recolectan y donde ubican el material recolectado. Las recomendaciones propuestas que garantizarán su conservación están directamente ligadas a este análisis.

Palabras clave: colección, comercio, patrimonio geológico mueble, tenencia.

Abstract: *The geological heritage is made up of non-renewable geological elements (rocks, minerals, meteorites and fossils) extracted from its original context and with a value (scientific, didactic, aesthetic) that makes them a collective property that must be preserved for the benefit of the entire Society. In Spain, the Royal Decree 1274/2011 approves the Strategic Plan for Natural Heritage and Biodiversity 2011-2017 and includes the Action: "Promotion of mechanisms to regulate the collection and to control the domestic trade of movable elements of geoheritage". To this purpose, 5 groups have been identified in the collection, tenure and trade of the geological heritage in Spain: 1) scientifics, 2) amateurs, 3) collectors, 4) traders and 5) public works/mining. This analysis has been strategic in proposing the recommendations that guarantee its conservation in function of these 5 groups that perform the collection, the purposes for which geological elements are collected and where their final deposit is made. The proposed recommendations that will guarantee conservation of moveable geoheritage are directly linked to this analysis.*

Key words: *collection, moveable geological heritage, tenure, trade.*

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El Real Decreto 1274/2011, de 16 de septiembre, por el que se aprueba el Plan Estratégico del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad 2011-2017 (en adelante PEPNB), en aplicación de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, establece una serie de metas, objetivos y acciones para la conservación, uso sostenible y restauración de la biodiversidad y el patrimonio natural en España, como resultado del diagnóstico realizado.

El patrimonio geológico es un bien común y es parte de la riqueza natural del planeta. La destrucción de este patrimonio es casi siempre irreversible y conlleva la pérdida de una parte de la memoria de la Tierra, dejando a las generaciones futuras sin la posibilidad de conocimiento directo de parte de su evolución y de su historia (Carcavilla *et al*., 2014). Por eso, la conservación del patrimonio geológico, como parte indisociable del patrimonio natural, es una responsabilidad y una obligación por parte de las administraciones públicas y de la sociedad. El patrimonio geológico, a su vez, incluye al patrimonio geológico mueble, que se define por Díaz-Martínez *et al*. (2012) como: los elementos geológicos no renovables extraídos de su contexto y con un valor (científico, didáctico, estético) que los convierte en un bien patrimonial colectivo que debe ser conservado para beneficio de toda la Sociedad. Estos elementos geológicos muebles son más vulnerables que los propios Lugares de Interés Geológico, por ejemplo ante el expolio o la degradación, y tienen una problemática de gestión y conservación que los hacen ser un caso especial. Tanto es así que la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN, 2017), en su reunión en Hawái de 2016, ha aprobado la Resolución 091 - Conservación del patrimonio geológico mueble.

El PEPNB contempla entre sus metas la número 2 "Proteger, conservar y restaurar la naturaleza en España y reducir sus principales amenazas", cuyo objetivo 2.8 consiste en "Incrementar los conocimientos sobre geodiversidad y patrimonio geológico y aumentar su protección" e identifica al Instituto Geológico y Minero de España como el organismo responsable de la mayor parte de estas acciones dentro de la Administración General del Estado (AGE). Este objetivo tiene la finalidad de contribuir a la protección, conservación, acrecentamiento, investigación, difusión, promoción, fomento y formación, para la transmisión a las generaciones futuras del patrimonio geológico y de los bienes que lo integran, cualquiera que sea su régimen jurídico y titularidad, garantizando su uso como bien social y factor de desarrollo sostenible.

Para el logro de este objetivo, a su vez, se concretaron ocho acciones, entre las cuáles se incluye la de: "Promover mecanismos para regular la recolección y controlar el comercio nacional de elementos muebles del patrimonio geológico". Para ello, se creó un grupo de trabajo formado por cinco especialistas del IGME y se ha elaborado un documento en cumplimiento del PEPNB (Vegas *et al*., 2017), que comprende el análisis de diversos aspectos. Los más notables son la revisión de la legislación nacional que comprende al patrimonio natural (Ley 42/2007 de 13 de diciembre, de patrimonio natural y la biodiversidad y Ley 33/2015, por la que se modifica la Ley 42/2007) y al patrimonio histórico (Ley 16/1985 del patrimonio histórico español), así como sus correspondientes trasposiciones a la legislación de las comunidades autónomas, en tanto que los fósiles suponen un caso especial y, a pesar de ser elementos geológicos de origen natural, también quedan reconocidos dentro de las legislaciones sobre patrimonio histórico en el territorio nacional. Además de una serie de propuestas y recomendaciones concretas para regular la recolección y controlar el comercio nacional de elementos muebles del patrimonio geológico, atendiendo a su diversidad mineralógica, petrológica, paleontológica y a los meteoritos.

Es por ello que en este trabajo se detalla el análisis de los colectivos implicados en la recolección, tenencia y comercio del patrimonio geológico mueble en España, que ha sido clave a la hora de proponer las recomendaciones que garanticen su conservación.

COLECTIVOS IMPLICADOS EN LA RECOLECCIÓN, TENENCIA Y COMERCIO DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO MUEBLE

La recolección, tenencia y comercio de elementos del patrimonio geológico que se extraen de su contexto original son temas que suscitan un gran debate. Las posturas son, en muchas ocasiones, opuestas entre los diversos colectivos e, incluso, entre los miembros de un mismo colectivo, y van desde su prohibición más absoluta hasta la permisividad total en la recolección, posesión y venta de las piezas y elementos geológicos, pasando por todo un abanico de posibilidades intermedias. Además de lo expuesto, no podemos olvidar que este vacío legal se acrecienta con el profundo desconocimiento por parte de la sociedad y, aún hoy en día, incluso por parte del personal docente e investigador en Ciencias de la Tierra sobre el valor del patrimonio geológico en general y del patrimonio geológico mueble en particular.



Figura 1. Principales sujetos ordenados por colectivos, objetivos/finalidades y ubicaciones en relación con el patrimonio geológico mueble: personal científico, particulares aficionados, coleccionistas, comerciantes y empresas de explotaciones mineras y de obra pública.

El mayor problema y principal amenaza del patrimonio geológico mueble se ha detectado durante el paso de un elemento geológico (roca, mineral, fósil, meteorito), desde su yacimiento natural dentro del registro geológico hasta que llega a formar parte de colecciones en museos o por entidades privadas o entra en las

redes de comercialización. Durante este proceso se llega a las situaciones expuestas en la Figura 1 y que se desarrollan a continuación, en función de quién o quiénes sean los sujetos que realizan la recolección, los fines para los que se recogen y donde se realiza su depósito final. El caso de los meteoritos es especial, ya que siempre está fuera de su contexto original, sin embargo, el perder la información geográfica exacta de su hallazgo, sería comparable a sacarlo de su contexto geológico.

Personal científico

El objetivo principal de este colectivo es la recolección de muestras geológicas, entre las que se distinguen ejemplares fósiles, minerales, rocas o meteoritos para realizar estudios científicos. Se realiza la recolección siguiendo estrictamente la metodología científica y queda implícita, ya sea por parte del equipo investigador, o de los estudiantes que serán supervisados, que los elementos recolectados son tratados con respeto desde su recogida en el campo hasta su depósito final. La limpieza, siglado y consignación de la información geológica de los yacimientos y tafonómica, en el caso de los fósiles, son aspectos fundamentales para su correcta conservación, presente y futura, tanto si la recolección tiene fines científicos y/o educativos. Una investigación rigurosa aporta un mayor valor a una colección, que con el tiempo puede variar el fin para el cual fue recolectada, pasando de un uso científico a educativo o viceversa, o terminar depositada en un museo.

En el caso particular de las prospecciones y excavaciones paleontológicas, son las comunidades autónomas (CCAA) las que exigen al equipo investigador un permiso previo, que se cursa mediante una solicitud formal acompañada de un proyecto de trabajo científico riguroso, con el compromiso de la posterior devolución del material paleontológico al centro receptor (museo) que la Comunidad Autónoma determine, una vez finalizado su estudio. En todas las CCAA analizadas, estos permisos se tramitan en las consejerías de Cultura, que son las que tienen competencia legal. Además, el personal de la administración que tramita y aprueba estos permisos en muy pocas CCAA tiene formación paleontológica, siendo mayoritariamente expertos de la especialidad de arqueología. En el caso de la recolección con fines científicos de minerales, rocas y meteoritos no es necesario tener un permiso previo.

Muchos investigadores gestionan sus colecciones de investigación y es muy frecuente que las custodien durante años o durante toda su vida. Este hecho conlleva el riesgo de que cuando el científico abandona el ámbito de la investigación en activo, sus colecciones pueden perderse total o parcialmente, o puede ocurrir que la información anexa se desvincule de los fósiles.

Dentro del personal científico, hay personas que también practican el coleccionismo del patrimonio mueble, como actividad al margen de su profesión. La diferencia con otros coleccionistas es que emplean la metodología científica para su recolección y no se produce la pérdida de información asociada a las colecciones. En esta línea también se conocen casos dentro del colectivo que pueden hacer un uso privado o selectivo de las colecciones públicas (Cristín y Perrilliat, 2011). En los espacios naturales protegidos en España, queda prohibido la recolección de elementos geológicos (rocas, minerales y fósiles) expresamente en sus regulaciones normativas (Declaraciones de los espacios naturales, en los Planes de Ordenación de los Recursos Naturales, PORN, y en los Planes de Regulación de Usos y Gestión, PRUG). Sólo está permitida su recolección con fines científicos, previa solicitud de permisos a las autoridades de estos espacios.

Particular aficionado

Este grupo de personas estimamos que es el que genera un menor impacto de todos los colectivos analizados. Normalmente realizan recolecciones o hallazgos en excursiones, viajes sin guías especializados o en

excursiones programadas por asociaciones de coleccionistas y suelen ser ejemplares sin valor patrimonial. Sin embargo, en sus recolecciones siempre se pierde la información tafonómica, en el caso de ejemplares fósiles e incluso los propios ejemplares acaban perdidos después de una tenencia temporal. También se incluyen las personas que realizan compras esporádicas en ferias y mercadillos, generalmente sólo por su valor estético.

Coleccionistas

El objetivo de los coleccionistas es formar una colección de minerales/rocas/meteoritos/fósiles propia, para uso privado. Para aumentar la colección este colectivo realiza sus actividades en los siguientes ámbitos: 1) recolecciones en los propios yacimientos, 2) intercambios de piezas con otros coleccionistas, 3) compra-venta en ferias y mercadillos, aunque en los últimos años se ha disparado su venta y subasta en Internet; todo ello con la finalidad de mejorar y ampliar su colección.

Este grupo, en general, suele ser amateur (sin titulación en Ciencias de la Tierra) y se deja llevar por el hallazgo de ejemplares bellos, raros, especiales o bien abundantes y comunes para su intercambio. Esto implica que no siempre cumplen el método científico durante la extracción. El mayor problema reside en diferenciar la exclusividad de los yacimientos, su escasez o relevancia científica.

Uno de los principales riesgos de este colectivo es que sus colecciones tienen un final incierto que puede incluir desde la pérdida de algunos de los elementos de la colección o la pérdida completa, cuando el coleccionista ha fallecido. Se ha identificado que estas colecciones primero pasan al circuito comercial por parte de sus descendientes, donde en la mayor parte de las veces, se subastan las colecciones completas o, si no es posible, terminan siendo vendidas en lotes. En las mejores ocasiones estas colecciones son donadas a museos forman parte de pequeñas salas de exposición en centros de interpretación o, incluso, son el núcleo de museos de ámbito regional y local.

Comerciantes

Este colectivo, en España, a su vez incluye dos perfiles bien diferenciados: 1) personas que tienen una empresa registrada, declaran por esta actividad y que suelen participar en ferias de minerales reconocidas, y 2) personas que comercian con elementos del patrimonio geológico, que no declaran por sus actividades, alimentan el mercado negro y suelen participar en mercadillos sin licencia para este tipo de actividades o mediante plataformas de Internet.

Este colectivo en general realiza la recolección, pero sobre todo se dedica a la compra y venta de elementos geológicos mueble y sin garantías de haber empleado metodología científica en su extracción. Sin embargo, poseen y comercializan ejemplares de alto valor patrimonial y económico, garantizando también paralelamente su conservación. El problema legal y ético radica en que desempeñan una actividad comercial con ánimo de lucro a partir de ejemplares que son un recurso natural con valor patrimonial. Este problema legal y ético se ve agravado por el hecho de que el comercio del patrimonio geológico mueble, en general, tiene una gran opacidad en mercadillos y ferias (especializadas o no) donde los vendedores, en ocasiones, no tienen licencias para su venta, ni facturan por este tipo de actividades.

Obra pública y explotación minera

El último colectivo identificado es el sector de la obra pública y las explotaciones mineras, que como consecuencias de sus actividades efectúan la extracción y la destrucción de elementos que son potencial-

mente patrimonio geológico. Una de las particularidades de este colectivo es la gran cantidad en volumen de material geológico que llegan a extraer (fundamentalmente minerales y rocas, de las cuales las de origen sedimentario pueden contener material paleontológico de gran valor).

Estos grandes proyectos e infraestructuras están sujetos a evaluaciones de impacto ambiental (EIA) que deberían asegurar un impacto mínimo, pero en la práctica ocurre que las empresas no están obligadas a incluir el patrimonio geológico en estas evaluaciones y tampoco se dispone de un inventario completo para todo el territorio español. También se incluye el caso de los hallazgos inesperados de yacimientos durante el transcurso de las obras públicas, que ponen en peligro la integridad y no siempre se comunican a la comunidad científica o a las autoridades estos descubrimientos. Sólo algunas CCAA, como la de Madrid o Aragón, regulan con seguimientos paleontológicos ambos tipos de extracciones, en cumplimiento de su legislación de patrimonio histórico, y evitan la pérdida de hallazgos más o menos relevantes para la comunidad científica y/o la sociedad en general.

AGRADECIMIENTOS

A Angel García Cortés, director del proyecto financiado por el IGME, 218: "Actuaciones para el desarrollo del plan estratégico del patrimonio natural y de la biodiversidad 2011-2017 en relación con la geodiversidad y el patrimonio geológico".

REFERENCIAS

Carcavilla, L., Delvene, G., Díaz-Martínez, E., García-Cortés, Á., Lozano, G., Rábano, I., Sánchez, A. y Vegas, J. 2014. *Geodiversidad y patrimonio geológico.* Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. NIPO: 474-11-012-3. Edición Parques Nacionales, 21 pp.

Cristín, A. y Perrilliat, M.C. 2011. Las colecciones científicas y la protección del patrimonio paleontológico. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana,* 63, 421-427.

Díaz-Martinez, E., Meléndez, G., Lozano, R. P. y Arbizu, M. 2012. La conservación del patrimonio geológico mueble. *Geo-Temas,* 13, 605-608.

UICN. 02/01/2017. Res 091 - Conservation moveable geological heritage. https://portals.iucn.org/congress/es/motion/091.

Vegas, J., Delvene, G., Jiménez, R., Rábano, I. y Menéndez, S. 2017. *Análisis de la situación en España y propuestas para promover mecanismos para regular la recolección y controlar el comercio de elementos muebles del patrimonio geológico*. Informe inédito, Centro de Documentación del IGME.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

JUAN CARANDELL (1893-1937) Y LOS SITIOS NATURALES DE INTERÉS NACIONAL

JUAN CARANDELL (1893-1937) AND THE NATURAL SITES OF NATIONAL INTEREST

Á. Salazar

Instituto Geológico y Minero de España. C/ La Calera, 1. 28760 – Tres Cantos (España). a.salazar@igme.es

Resumen: La valoración de los aspectos geológicos jugó un papel importante en los inicios del movimiento conservacionistas español. La Real Orden 176, de 15 julio de 1927, de Sitios y Monumentos Naturales de interés nacional posibilitó la protección de espacios de extensión reducida, considerando entre otros aspectos su interés científico y con el fin de estimular el respeto a la naturaleza a través de la divulgación. Esta comunicación analiza la labor divulgativa realizada por Juan Carandell y Pericay (1893 –1937) con motivo del XIV Congreso Geológico Internacional (Madrid, 1926) o a través de diversas publicaciones, y la repercusión que dicho trabajo tuvo en la protección legal de cuatro Sitios Naturales de interés nacional con un alto valor geológico (Picacho de la Virgen de la Sierra, Torcal de Antequera, La Pedriza del Manzanares y Cumbre, circo y lagunas de Peñalara).

Palabras clave: Conservación de la naturaleza, geoconservación, geomorfología, patrimonio geológico, Sitios Naturales de interés nacional.

Abstract: *The geological value of nature played an important role in the Spanish conservationist movement at the beginning of the 20th century. The Royal Decree 176, July 15 1927, of Natural Sites and Monuments of national interest made it possible to protect small spaces, considering among other their scientific interest and with the aim of promoting respect for nature through disclosure. This paper analyses the dissemination work carried out by Juan Carandell and Pericay (1893 -1937) at the XIV International Geological Congress (Madrid, 1926) or through various publications, and the repercussion that his work had on the legal protection of four Natural Sites of national interest with a high geological value (Picacho de la Virgen de la Sierra, Torcal de Antequera, La Pedriza del Manzanares y Cumbre, circo y lagunas de Peñalara).*

Key words: *Geoconservation, geoheritage, geomorphology, Natural Sites of national interest, Nature conservation.*

INTRODUCCIÓN

La valoración de los aspectos geológicos jugó un papel importante en los orígenes del movimiento conservacionistas español (Casado, 2014). La involucración directa de los geólogos en la política de conservación de la naturaleza fue posible a través de la Junta de Parques Nacionales, de la cual D. Eduardo Hernández-Pacheco (1872–1965) fue miembro. Fruto de sus esfuerzos fue la promulgación de la Real Orden 176, de 15 julio de 1927, de Sitios y Monumentos Naturales de interés nacional (Gaceta de Madrid, núm. 203, 22-07-1927, pp. 450-451), que daba cabida a la protección de espacios de extensión reducida, considerando como motivos para su declaración "*el interés religioso, científico, artístico, histórico o legendario*". La declaración era de carácter honorífico dando cabida a la implicación de los "*Municipios… Corporaciones oficiales, entidades públicas o privadas y particulares"* en la conservación y "*a fin de estimular, con la divulgación de las bellezas naturales del solar hispano la admiración y el respeto a la naturaleza"*. Es evidente que, antes de su promulgación, esa labor divulgativa y de educación ambiental que menciona la Real Orden ya había comenzado, siendo las posteriores declaraciones de 16 Sitios y Monumentos, muchos de ellos de evidente contenido geológico, el fruto de dicho esfuerzo. Un ejemplo fue la labor desarrollada por Juan Giménez Aguilar (1876-1947) con respecto a la Ciudad Encantada de Cuenca (Salazar, 2013).

Este trabajo analiza la labor divulgativa realizada por Juan Carandell y Pericay (1893 –1937) con motivo de la organización del XIV Congreso Geológico Internacional (Madrid, 23 al 31 de mayo de 1926) o a través de la revista *Peñalara* y otras publicaciones, y como su labor tuvo una estrecha vinculación con la declaración de cuatro Sitios Naturales: Picacho de la Virgen de la Sierra (Córdoba), Torcal de Antequera (Málaga), La Pedriza del Manzanares (Madrid) y Cumbre, circo y lagunas de Peñalara (Madrid). Todos estos lugares figuran en el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico, gozan de protección legal y reconocimiento internacional (Tabla 1).

SITIO NATURAL DE INTERÉS NACIONAL	**INVENTARIO ESPAÑOL DE LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO (IELIG)**			**FIGURA DE PROTECCIÓN ACTUAL**
DENOMINACIÓN (AÑO)	CÓDIGO	DENOMINACIÓN	INTERÉS (principal)	
Picacho de la Virgen de la Sierra (1929)	AND220	Modelado kárstico del Picacho de la Sierra de Cabra	Geomorfológico, tectónico, paleontológico, estratigráfico, hidrogeológico	Parque natural Geoparque UNESCO
Torcal de Antequera (1929)	AND533-SK002 AND534	Torcal de Antequera Sima Rasca	Geomorfológico, hidrogeológico Geomorfológico	Paraje natural Patri. humanidad UNESCO
La Pedriza del Manzanares (1930)	20508001 (y otros 9 LIG)	La Pedriza	Geomorfológico, petrológico-geoquímico, tectónico	Parque Nacional Resera. Biosfera UNESCO
Cumbre, circo y lagunas de Peñalara (1930)	20483001 (y otros 4 LIG)	Circo y lagunas de Peñalara	Geomorfológico, petrológico-geoquímico, tectónico	Parque Nacional

Tabla 1. Correspondencia entre los Sitios Naturales de interés nacional considerados en este trabajo, los lugares de interés geológico (LIG) del inventario español y sus figuras de protección actuales.

JUAN CARANDELL: "PEÑALARO" Y ORGANIZADOR DEL XIV CONGRESO GEOLÓGICO INTERNACIONAL

Juan Carandell y Pericay (Figueras, 1893 – Pals, 1937), Doctor en Ciencias Naturales y licenciado en Magisterio y Farmacia, fue catedrático de Historia Natural y Fisiología e Higiene en el Instituto Aguilar y Eslava de Cabra y, posteriormente, en el Instituto-Colegio de la Asunción de Córdoba (Figura 1). También colaboró de forma habitual con la Institución Libre de Enseñanza. Carandell tuvo una muerte temprana, en dramáticas circunstancias, y debido a la valiosa labor científica y didáctica que realizó, su obra y méritos han sido objeto del homenaje póstumos de su maestro (Hernández-Pacheco, 1942) y de una extensa biografía (García-García *et al*., 2007). Se destacan seguidamente aquellos datos de su vida relacionados directamente con los objetivos de este trabajo.

Juan Carandell aparece citado por primera vez en la revista *Peñalara* en 1914 ("Noticias", nº 6, marzo-1914, p. 53; "Noticias", nº 10, octubre-1914, p. 132). En el año 1916 Juan Carandell participó en la primera exposición de fotografía de montaña que organizó el club ("Primera exposición española de fotografía de montaña", *Peñalara* nº 30, junio-1916, p. 177) y, poco después, ingresó como socio en el club Peñalara ("Nuevos socios", *Peñalara* nº 35, noviembre-1916, p. 156). Su traslado a Cabra, para ocupar su cátedra de instituto en 1917 y, posteriormente, a la ciudad de Córdoba, no le alejaron del club, pues continuó siendo socio corresponsal honorario ("Asociación – Junta General Ordinaria", *Peñalara* nº 50, febrero-1918, p. 60). Juan Carandell fue un colaborador habitual de la revista, publicando una veintena de artículos de divulgación, varios de ellos relativos a los futuros Sitios Naturales de interés nacional.

Otra de las actividades divulgativas, pero en un ámbito mucho más formal y científico, que realizó Juan Carandell fue con motivo del XIV Congreso Geológico Internacional, que se celebró en España en 1926. El congreso fue organizado por el Instituto Geológico de España y estuvo presidido por el ingeniero de minas César Rubio (1858-1931). Las sesiones se celebraron del 23 al 31 de mayo en Madrid y, además, se organizaron dieciséis excursiones de campo, que comenzaron el 10 de mayo y concluyeron el 12 de junio (Ayala *et al*., 2005). Juan Carandell gozó de una licencia para trasladarse a Madrid y participar activamente en la organización del Congreso (Naranjo, 2015), encargándose de todo tipo de actividades, como por ejemplo pronunciar una conferencia en la Real Sociedad Geográfica ("El XIV Congreso Geológico Internacional", *ABC-Madrid*, 27-04-1926, p. 17). La participación de Carandell en el Congreso fue destacada, dio una conferencia en francés sobre la *Geomorfología y Fisiografía de los ríos Piedras y Jalón* ("Congreso Geológico Internacional - Conferencias", *ABC-Madrid*, 27-05-1926, p. 19) y coorganizó una excursión precongreso a las Cadenas Béticas (Ca-



Figura 1. D. Juan Carandell y Pericay (1893 – 1937). Fuente: Wikimedia Commons.

randell, 1926a, 1926b y 1926c) y otra excursión intracongreso a la Sierra de Guadarrama (Obermaier y Carandell, 1926). Se imprimieron un total de 30.000 ejemplares de las citadas guías de excursión, para un total de 772 asistentes, con la evidente intención de promover el turismo internacional (Carandell, 1926d).

JUAN CARANDELL Y LOS SITIOS NATURALES DE INTERÉS NACIONAL DE LA CORDILLERA BÉTICA (1929)

El traslado de Juan Carandell a Cabra en 1917 le brindó la oportunidad de explorar un territorio nuevo, del que se tenía un escaso conocimiento geológico. En 1918 comienza a enviar pequeñas notas a la revista *Peñalara* sobre distintos paisajes andaluces (Carandell, 1918, 1920), la Sierra de Cabra (Carandell, 1921), cuyos yacimientos paleontológicos del Jurásico ya habían sido objeto de varios estudios (Sequeiros y Montero, 1999), y el Torcal de Antequera, lugar que Carandell visitó con sus alumnos en 1923 (Carandell, 1923a, 1923b). El Torcal debió de causar una profunda impresión en Carandell, pues lo utilizó posteriormente como lugar de referencia para tratar de interpretar algunos rasgos singulares de los paisajes graníticos de La Pedriza (Carandell, 1934).

En 1921 Juan Carandell organizó y guió una excursión al Picacho de la Virgen de la Sierra, a la que asistieron los vocales de la Junta de Parques Nacionales D. Eduardo Hernández Pacheco, que destacó el valor científico del lugar, y el ingeniero de montes, Andrés Avelino de Armenteras (1866-1926), que lo calificó de "balcón de Andalucía" (Mora, 1921). Esta excursión fue un intento fallido de declaración del lugar como Sitio de Interés. En 1924 oferta una excursión a los miembros del club Peñalara a la Sierra de Cabra y Torcal de Antequera ("Asociación – Para una excursión a la Penibética", Peñalara, nº 123, marzo-1924, p. 83) y al año siguiente vuelve a visitar estos lugares con los ingenieros de minas del Instituto Geológico de España Novo y Dupuy de Lôme para preparar las excursiones del XIV Congreso Geológico Internacional (Carandell, 1925).

La excursión A-5 del citado Congreso Geológico tuvo una duración de 12 días y se tituló "*de Sierra Morena a Sierra Nevada - reconocimiento orogénico de la región Bética*". Carandell se encargó de la parte principal del viaje: excursión a los lanchares y Picacho de la Sierra de Cabra, Torcal de Antequera y Sierra Nevada (Carandell, 1926a, 1926b y 1926c). La visita de los congresistas a Cabra fue un acontecimiento muy importante para la población local y cuyo noventa aniversario ha sido conmemorado con una exposición-homenaje a Carandell. El día 15 de mayo de 1926, coincidiendo con la popular Romería de los Hortelanos, la excursión ascendió desde Cabra, a lomos de caballerías, al Pico de la Virgen; donde se instalaron las banderas de las 13 nacionalidades de los congresistas. Allí fueron recibidos por unas 12.000 personas, según la prensa local (*La Opinión*, nº 740, 23-05-1926, p. 3), y en el patio de la ermita se instaló una lápida de mármol conmemorativa. Los congresistas se trasladaron seguidamente a Antequera, donde visitaron el Torcal y, posteriormente, a Sierra Nevada.

Un año más tarde se promulga la Real Orden 176, de 15 julio de 1927, de Sitios y Monumentos Naturales de interés nacional y en 1929, mediante las Reales Ordenes 240 y 241, de 11 de julio, se protegen el Picacho de la Virgen de la Sierra y el Torcal de Antequera bajo esa figura (*Gaceta de Madrid*, núm. 194, 13-07-1929, pp. 329-330).

JUAN CARANDELL Y LOS SITIOS NATURALES DE INTERÉS NACIONAL DE LA SIERRA DE GUADARRAMA (1930)

Las calizas cristalinas de la Sierra de Guadarrama fueron el tema de la tesis doctoral de Juan Carandell (Carandell, 1914), bajo la dirección de Lucas Fernández Navarro (1869-1930). También colaboró en una publicación divulgativa pionera, que "*está destinada principalmente a las personas que, aun sin tener conocimientos intensos en Ciencias naturales, se interesan por conocer el hermoso macizo montañoso del Guadarrama*" (Bernaldo de Quirós y Carandell, 1915). Poco después, el especialista en Cuaternario de origen alemán Hugo Obermaier (1877- 1946) decide instalarse en España y es acogido por el Museo Nacional de Ciencias Naturales, que designó a Carandell como su colaborador, publicando conjuntamente sucesivos trabajos sobre el glaciarismo de Gredos, Sierra Nevada y Guadarrama (Obermaier y Carandell, 1916a, 1916b, 1917).

Con motivo de la organización del XIV Congreso Geológico Internacional, Carandell trabajó de nuevo con Obermaier en la preparación de una excursión intracongreso, publicando una extensa guía (Obermaier y Carandell, 1926). El objetivo principal del viaje fueron las acciones glaciares cuaternarias en el macizo de Peñalara, pero incluyeron una parada en La Pedriza de Manzanares. El reencuentro de Carandell con el Guadarrama dio lugar a un nuevo trabajo centrado en la influencia del diaclasado y la tectónica en el relieve actual de la Sierra y, en especial de La Pedriza (Carandell, 1928).

La Pedriza del Manzanares y la Cumbre, circo y lagunas de Peñalara fueron declarados Sitios Naturales de interés nacional en 1930 mediante la Real Orden 213, de 25 de septiembre (Gaceta de Madrid, núm. 285, 12-10-1930, pp. 283-285).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Otros autores ya han puesto de manifiesto que la declaración del Picacho de la Virgen de la Sierra como Sitio Natural de interés nacional fue un empeño y logro personal de Juan Carandell (Naranjo, 2015). Aunque el Torcal de Antequera era un paraje conocido en el entorno de Málaga, e incluso fue propuesto como posible parque nacional (Alfonso, 1922), existían muy pocos datos geológicos previos de este lugar (De Orueta, 1871, 1877). Juan Carandell interpretó el relieve del Torcal y divulgo el lugar en el ámbito nacional e internacional (Carandell, 1923a, 1923b, 1926b).

La Pedriza del Manzanares y la Cumbre, circo y lagunas de Peñalara se protegieron a instancias de la *Real Sociedad de Alpinismo Peñalara* (Gaceta de Madrid, núm. 285, 12-10-1930, pp. 283-285), del que fue socio Carandell. Dicha protección fue debida a la "*belleza de su agreste roquedo granítico*" y por "*el abrupto circo… excavado por la acción de los glaciares"* (*Gaceta de Madrid*, núm. 285, 12-10-1930, pp. 283-285), esto es, por su interés geológico. Ambos sitios fueron objeto del trabajo científico y divulgativo de Carandell.

Juan Carandell puede considerarse como uno de los principales pioneros de la divulgación del patrimonio geológico español e incluso un iniciador del geoturismo, pues así lo manifestó en una charla radiofónica con motivo del XIV Congreso Geológico Internacional, poniendo de relieve que "*esos fósiles cuya búsqueda a más de un naturalista le ha costado no pocos sacrificios… se traducen en un filón de oro puro, el filón del turismo"* (Carandell, 1926d).

REFERENCIAS

Alfonso, E. 1922. Una visita al Torcal de Antequera. *Peñalara*, 106, 209-213.

Ayala-Carcedo, F. J., A. Perejón, A., Puche, O. y Jordá, L. 2005. El XIV Congreso Geológico Internacional de 1926 en España. *Boletín Geológico y Minero*, 116 (2), 173-184.

Bernaldo de Quirós, C. y Carandell, J. 1915. *Guadarrama*. Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Serie Geológica, 11. Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Madrid, 47 pp.

Casado, S. 2014. La geología en los orígenes históricos del conservacionismo español. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22 (1), 19-24.

Carandell, J. 1914. *Las calizas cristalinas del Guadarrama*. Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Serie Geológica, 8. Junta para Ampliación de Estudios e Investigaciones Científicas, Madrid, 70 pp.

Carandell, J. 1918. En la Sierra Morena ¿Alpinismo? *Peñalara,* 59, 299-302.

Carandell, J. 1920. Paisajes de Andalucía: El Tajo de Ronda. *Peñalara*, 78, 97-101.

Carandell, J. 1921. Paisajes de Andalucía: La Sima de Cabra. *Peñalara*, 85, 1-3.

Carandell, J. 1923a. En la Penibética. *Peñalara*, 115, 125-129.

Carandell, J. 1923b. Un típico paisaje cárstico en Andalucía: el Torcal de Antequera (Málaga). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natura,* 23, 233-237.

Carandell, J. 1925. La Sierra de Cabra, centro geográfico de Andalucía. *Boletín de la Real Academia de Ciencias, Bellas Letras y Nobles Artes de Córdoba*, 14, 351-374.

Carandell, J. 1926a. La Sierra de Cabra: Excursión a los Lanchares y al Picacho. En: XIV Congreso Geológico Internacional (ed.), *De Sierra Morena a Sierra Nevada (Reconocimiento orogénico de la Región Bética), Excursión A-5*. Instituto Geológico de España, Madrid, 35-58.

Carandell, J. 1926b. El Torcal de Antequera. En: XIV Congreso Geológico Internacional (ed.), *De Sierra Morena a Sierra Nevada (Reconocimiento orogénico de la Región Bética), Excursión A-5*. Instituto Geológico de España, Madrid, 87-100.

Carandell, J. 1926c. Sierra Nevada. En: XIV Congreso Geológico Internacional (ed.), *De Sierra Morena a Sierra Nevada (Reconocimiento orogénico de la Región Bética), Excursión A-5*. Instituto Geológico de España, Madrid, 101-124.

Carandell, J. 1926c. Mi charla radiotelefónica. *La Opinión,* 739, 1-2, y 740, 1.

Carandell, J. 1928. Influencia de las diaclasas en la morfología de la Sierra de Guadarrama. *Conferencias y Reseñas Científicas de la Real Sociedad Española de Historia Natural, III* 125-13.

Carandell, J. 1934. Lapiaz en el granito. *Peñalara*, 249, 217-218.

De Orueta, D. 1871. On some points in the geology of the neighbourhood of Malaga. *Quaterly Journal of the Geological Society of London*, 27, 109-114.

De Orueta, D. 1877. Bosquejo Físico-Geológico de la región septentrional de la provincia de Málaga. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, IV, 89-171.

García García, J., López Ontiveros, A. y Naranjo Ramírez, J. 2007. *Vida y obra del geólogo y geógrafo Juan Carandell Pericay. (1893-1937*). Diputación de Córdoba - Universidad de Córdoba, Biblioteca de Ensayo nº 14, Córdoba, 593 pp.

Hernández- Pacheco, E. 1942. Don Juan Carandell (Homenaje póstumo). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 40, 85-91.

Mora, M. 1921. Excursión científica a la Sierra. *La Opinión,* 500, 1-2.

Naranjo Ramírez, J. 2015. Juan Carandell y Pericay (1893-1937), un sabio enamorado del paisaje. En: Asociación Cultural La Tribu Educa (ed.) *Maestros y maestras de nuestras vidas*: *Maestros y profesores de la provincia de Córdoba que nos han dejado huella (1880 - 1990)*. Diputación de Córdoba, Córdoba, 85-114.

Obermaier, H. y Carandell, J. 1916a. *Contribución al estudio del glaciarismo cuaternario de la Sierra de Gredos*. Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Serie Geológica, 14. Junta para Ampliación de Estudios e investigaciones Científicas, Madrid, 54 pp.

Obermaier, H. y Carandell, J. 1916b. *Los glaciares cuaternarios de Sierra Nevada*. Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Serie Geológica, 17. Junta para Ampliación de Estudios e investigaciones Científicas, Madrid, 86 pp.

Obermaier, H. y Carandell, J. 1917. *Los glaciares cuaternarios de la sierra de Guadarrama*. Trabajos del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Serie Geológica, 19. Junta para Ampliación de Estudios e investigaciones Científicas, Madrid, 94 pp.

Obermaier, H. y Carandell, J. 1926. *Sierra de Guadarrama, Excursión B-2, XIV Congreso Geológico Internacional*. Instituto Geológico de España, Madrid, 46 pp.

Salazar Rincón, A. 2013. Juan Giménez de Aguilar (1876-1947), un pionero de la geoconservación en España. En: Vegas, J., Salazar, A., Díaz-Martínez, E. y Marchán, C. (eds.), *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo*. Cuadernos del Museo Geominero, 15. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 269-276.

Sequeiros, L. y Montero, A. 1999. Historia del Conocimiento de los yacimientos paleontológicos del Jurásico de Cabra (Subbética Cordobesa). En: Rábano, I. (ed.), *Actas. XV Jornadas de Paleontología, "Historia de la Paleontología Española" y simposios de los proyectos PICG 393, 410 y 421. Tomo I*. Temas Geológico-Mineros, 26, 113-116.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

GRADO DE CUMPLIMIENTO DE LA ESTRATEGIA DE GEODIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DEL PAÍS VASCO 2020

THE DEGREE OF COMPLIANCE OF THE GEODIVERSITY STRATEGY 2020 OF THE BASQUE AUTONOMOUS COMMUNITY

G. Arana[1] y M. Monge-Ganuzas[2]

[1] Dirección de Medio Natural y Planificación Ambiental. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco. Donostia-San Sebastián, 1.01010 Vitoria-Gasteiz (Araba, País Vasco). gorka-arana@euskadi.eus

[2] Dirección de Medio Natural y Planificación Ambiental. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco. Madariaga dorretxea. Gernika-Bermeo errepidea z/g. San Bartolomeauzoa. 48350 Busturia (Bizkaia, País Vasco). manu-monge@euskadi.eus

Resumen: La aprobación de la "Estrategia de Geodiversidad de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) 2020" en 2014 supuso la puesta en marcha de la gestión de su patrimonio geológico y su geodiversidad de un modo planificado, a través de la previsión para la ejecución de un total de 45 acciones englobadas en 4 objetivos principales. Durante los últimos dos años se ha implementado paulatinamente algunas de las acciones previstas relativas a los siguientes aspectos: 1) inclusión del patrimonio geológico y de la geodiversidad en los nuevos documentos de ordenación territorial; 2) coordinación de la citada Estrategia con la reciente Estrategia de Biodiversidad 2030, 3) inclusión de la geodiversidad y del patrimonio geológico en la planificación de espacios naturales protegidos, 4) inclusión de los ámbitos de los LIG inventariados como elementos a considerar en acuerdos de custodia del territorio, 5) elaboración de materiales de divulgación, y 6) fomento de la cooperación transfronteriza en materia de divulgación.

Palabras clave: Estrategia, geodiversidad, gestión, País Vasco, patrimonio geológico.

Abstract:*The approval of the "Geodiversity Strategy of the Autonomous Community of the Basque Country (CAPV) 2020" in 2014 meant the arrange of the management of its geoheritage and geodiversity in a planned way, through the forecast for the execution of a total of 45 actions included in 4 main objectives. During the last two years, some of the planned actions have been gradually implemented in relation to the following aspects: 1) inclusion of geoheritage and geodiversity in the new territorial planning documents; 2) coordination of the cited Strategy with the recent Biodiversity Strategy 2030, 3) inclusion of geodiversity and geoheritage in the planning of protected natural spaces, 4) inclusion of the areas of Geosites inventoried as elements to be considered in agreements of stewardship, (5) development of dissemination materials, and (6) promotion of cross-border dissemination cooperation.*

Key words: *Basque Country, geodiversity, geoheritage, management, strategy.*

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El Gobierno Vasco aprobó en 2014 la "Estrategia de Geodiversidad de la CAPV, 2020" (Gobierno Vasco, 2014a, 2014b). La Estrategia establece cuatro objetivos principales: 1- Definir una política institucional y un modelo de gestión integral de la geodiversidad y del patrimonio geológico; 2- Garantizar la conservación y protección del patrimonio geológico y de la geodiversidad del País Vasco; 3- Promocionar la utilización sostenible de la geodiversidad y del patrimonio geológico y fomentar el geoturismo; 4- Fomentar la educación y la formación para la conservación y el uso sostenible de la geodiversidad y del patrimonio geológico, así como su difusión en marcos internacionales. Estos objetivos principales se desglosan en 22 objetivos específicos. Éstos, a su vez, se concretan en un total de 45 acciones. El presente trabajo pretende describir el grado de consecución por parte del Gobierno Vasco de la Estrategia a la fecha de Enero de 2017. Asimismo, se discutirá sobre la priorización de la ejecución de las actuaciones previstas por el documento de planificación.

METODOLOGÍA

Se ha llevado a cabo una recopilación de las acciones implementadas entre los años 2015 y 2016 basada en la revisión de los expedientes del Registro General del Gobierno Vasco, las subvenciones otorgadas y los materiales publicados relacionados. Asimismo, se han consultado los informes existentes en relación al grado de cumplimiento de los presupuestos generales de la CAPV.

RESULTADOS

Acciones de coordinación internacional

A través de la Agrupación Europea de Cooperación Territorial, Eurorregión Aquitania Euskadi, el Gobierno Vasco ha subvencionado el proyecto denominado "Flysch and GO!" (Eurorregión Aquitania Euskadi, 2016) que el Geoparque de la Costa Vasca junto con el CPIE Littoral Basque-Euskal Itsasbazterra de Hendaia, en colaboración transfronteriza, están ejecutando.Fruto de esta colaboración, se identificarán los lugares de interés geológico existentes, se creará un mapa geológico de la costa vasca y se llevarán a cabo intercambios escolares para dar a conocer el patrimonio geológico y la geodiversidadde ambos lados de la frontera.

Inclusión de los lugares de interés geológico (LIG) en los instrumentos de planificación y gestión de los Espacios Naturales Protegidos y la Reserva de la Biosfera de Urdaibai.

Se ha incorporado el patrimonio geológico a los elementos a gestionar en los parques naturales a través de la inclusión en sus Planes de Ordenación de Recursos Naturales (PORN), y en la Reserva de la Biosfera de Urdaibai a través de su Plan Rector de Uso y Gestión (PRUG). Entre 2015 y 2016 se inició el proceso de revisión y nueva redacción de los PORN de los Parques Naturales de Valderejo, Urkiola, Gorbeia, Armañón e Izki (Gobierno Vasco, 2016a) en respuesta a lo establecido por el Decreto Legislativo 1/2014 (Gobierno Vasco (2014c) que obliga a coordinar las normas reguladoras de aquellos espacios en lo que se solapen distintas figuras de protección. Entre los elementos a gestionar expresamente aparecen 19 LIG presentes en esos espacios y que están integrados en el Inventario de LIG de la CAPV (Gobierno Vasco, 2014d).

El nuevo PRUG de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai (Gobierno Vasco, 2016b) contempla específicamente el patrimonio geológico como elemento objeto de gestión y adopta las directrices de la "Estrategia de Gestión de la Geodiversidad para la Reserva de la Biosfera de Urdaibai, 2011-2017" (Gobierno Vasco, 2011a).

Establecimiento de modelos de gestión que garanticen la conservación

La convocatoria anual de subvenciones para la custodia del territorio para la CAPV (Gobierno Vasco, 2016c) incorpora el año 2016, por vez primera, la geodiversidad y el patrimonio geológico expresamente entre los elementos del patrimonio natural que pueden ser objeto de custodia, en los que se llevarán a cabo actuaciones de conservación, protección o mantenimiento. Desafortunadamente ninguna de las solicitudes presentadas estuvo relacionada con el patrimonio geológico o la geodiversidad.

Desarrollo de materiales dirigidos a la divulgación y difusión de la geodiversidad

En 2016 se puso en marcha la contratación de la primera fase de la elaboración del manual de geodiversidad de la CAPV que consiste en la redacción de los textos que servirán de base para la posterior publicación. El manual pretende ser una publicación que llegue a todas las personas interesadas en conocer la historia geológica de la CAPV, su patrimonio geológico y su geodiversidad y su influencia, a lo largo del tiempo, en diferentes ámbitos de la sociedad vasca. De forma holística este trabajo trata de relacionar el patrimonio geológico y la geodiversidad del territorio con el clima, la biodiversidad, el paisaje, la economía y la cultura del País Vasco.

Coordinación con otras estrategias de gestión

La redacción de la "Estrategia de Biodiversidad 2030"(Gobierno Vasco, 2016d) se ha llevado a cabo en coordinación, entre otras, con la "Estrategia de Geodiversidad de la CAPV, 2020". De este modo se han tenido en cuenta las siguientes acciones previstas: a) Inclusión de la geodiversidad como elemento a considerar en los nuevos instrumentos de planificación y gestión de los Espacios Naturales Protegidos; y b) Creación de la red de seguimiento y vigilancia de la Red Natura 2000 en el País Vasco que evalúe el estado de conservación de hábitats y especies y la contribución de Red Natura a la mejora de la biodiversidad y la geodiversidad.

Incorporación de los LIG y la geodiversidad a los documentos de ordenación territorial

La Vice-consejería de Planificación Territorial del Gobierno Vasco está llevando a cabo la "Revisión de las Directrices de Ordenación del Territorio" y ha presentado el avance del documento proyectado (Gobierno Vasco 2016e). En este documento se ha incorporado la "Estrategia de Geodiversidad de la CAPV, 2020" como uno de los marcos de referencia del patrimonio natural; se han categorizado los LIG del Inventario de la CAPV como zonas de especial conservación; se reconoce el valor del patrimonio geológico y la geodiversidad en la evaluación de los servicios de los ecosistemas; y, además, se considera el patrimonio geológico como un potencial recurso turístico.

DISCUSIÓN

La "Estrategia de Geodiversidad de la CAPV, 2020" ha previsto la ejecución de 45 acciones distribuidas porcentualmente en 4 objetivos generales (Figura 1A). En los dos últimos años el desarrollo de la misma se ha centrado en la consecución de acciones correspondientes a los objetivos generales 1 (25%), 2 (55%) y 4 (50%) quedando el objetivo 3 todavía por implementar en los próximos años (Figura 1B).

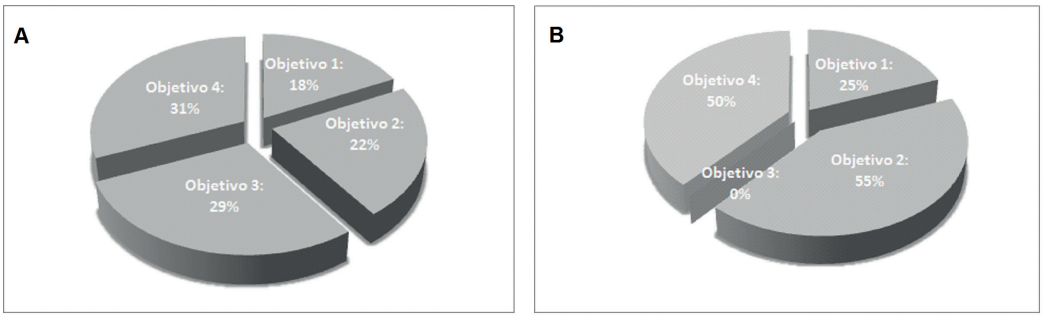


Figura 1. A: Distribución porcentual de las acciones por objetivo; B: Porcentaje de ejecución de las acciones previstas por objetivo. Objetivo 1- Definir una política institucional y un modelo de gestión integral; Objetivo 2- Garantizar la conservación y protección; Objetivo 3- Promocionar la utilización sostenible y fomentar el geoturismo; Objetivo 4- Fomentar la educación y la formación para la conservación, el uso sostenible, así como su difusión.

Este grado de consecución dispar de las acciones relativas a uno u otro objetivo obedece, principalmente, a la prioridad que se ha otorgado a dar a conocer qué es el patrimonio geológico y la geodiversidad tanto a los sectores de la administración pública no vinculados directamente a la gestión del medio natural, como a la ciudadanía en general. Esta priorización implica realizar esfuerzos en relación a la divulgación y creación de estructuras a favor de la geodiversidad. Además, se ha considerado necesario aprovechar la oportunidad de introducir el patrimonio geológico y la geodiversidad durante la implementación de procedimientos de revisión de documentos normativos con incidencia en el medio natural. Obviamente, la implementación de estos procedimientos sectoriales no es dependiente de la planificación establecida por la Dirección de Medio Natural, sino que obedece al cumplimiento de otras planificaciones sectoriales y, por lo tanto, se podría considerar como un fenómeno aleatorio externo a la planificación prevista por la "Estrategia de Geodiversidad de la CAPV, 2020", pero al que ésta se debe adaptar. Por otro lado, se considera que el Geoparque de la Costa Vasca y la Reserva de la Biosfera de Urdaibai ocupan una posición estratégica como lugares de desarrollo de experiencias piloto. De esta manera, estos dos lugares sirven de resorte para la implementación inicial de las políticas y su posterior exportación a la totalidad del territorio de la CAPV. Finalmente, a pesar de que existen iniciativas privadas en torno al geoturismo, es manifiesto que las administraciones públicas, de momento, solamente enfatizan las ofertas de naturaleza dedicadas a la actividad física o la observación del paisaje y las aves, lo cual se identifica como una dificultad para la correcta implementación de la "Estrategia de Geodiversidad de la CAP, 2020".Actualmente, tan solo el Geoparque de la Costa Vasca y algunas iniciativas que ya estaban activas antes de la aprobación de la Estrategia se ofertan como actividades de geoturismo.

Teniendo en cuenta que desde el año 2010 existe el proyecto Geo-Basque de "Geoturismo sostenible en la Red de Espacios Naturales Protegidos de la CAPV", (Gobierno Vasco, 2011b) parece que es necesaria una mayor coordinación con otros Departamentos del Gobierno Vasco (Turismo o Desarrollo Rural), los cuales todavía no vislumbran el patrimonio geológico y la geodiversidad como un activo a tener en cuenta debido, probablemente, a la falta de consideración normativa de los LIG existente en la actualidad. Es por esto que la regulación normativa en relación a la gestión, uso y disfrute de los LIG pertenecientes al Inventario de la CAPV, así como la realización de su cartografía detallada, actualmente mejorable, sigue siendo uno de los retos pendientes. Se prevé que la ejecución de estas acciones podrá servir de catalizador para el inicio de la implementación de otras muchas otras que dependen de ésta.

Sin embargo, se vislumbra un futuro prometedor. La coordinación sectorial de la "Estrategia de Geodiversidad de la CAPV, 2020", la inclusión del patrimonio geológico y de la geodiversidad en la gestión de los Parques Naturales y la mención expresa en las subvenciones convocadas para la custodia del territorio, hace pensar que la geodiversidad y el patrimonio geológico empiezan a ser considerados por los gestores como elementos de la naturaleza que deben ser conservados y protegidos. Además, en el ámbito del geoturismo, se ha empezado a diseñar algunas acciones que, a modo de experiencia piloto, pongan en marcha este objetivo, como son el aprovechamiento de rutas existentes y de los centros de interpretación para dar a conocer la geodiversidad y el patrimonio geológico dotándolos de recursos interpretativos. En relación al fomento de la educación y formación, se puede afirmar que se desarrolla satisfactoriamente ya que es el objetivo al que se le ha dedicado el mayor número de las acciones llevadas a cabo.

CONCLUSIONES

Desde la aprobación de la "Estrategia de Geodiversidad de la CAPV, 2020" en 2014, se han ido ejecutando varias de las acciones previstas a un ritmo sostenido. Sin embargo, se observa un desequilibrio en el desarrollo de los distintos objetivos principales. Hasta enero de 2017 se ha ejecutado el 31% de la Estrategia con un claro déficit en aquellos relacionados con el uso sostenible de la geodiversidad y el patrimonio geológico y el fomento del geoturismo. Esto es debido en gran medida a la falta de percepción por parte de las administraciones y la población en general de la geodiversidad y el patrimonio geológico como un activo más del medio natural que debe ser protegido normativamente y que puede ser usado de manera sostenible. En consecuencia, la aprobación de una norma que dé valor jurídico a los LIG como elemento a tener en cuenta en la gestión del espacio por parte de los distintos sectores administrativos parece muy necesaria. Por otro lado, la concienciación de la población y de las administraciones públicas de que la geodiversidad y el patrimonio geológico pueden ser una oportunidad de desarrollo económico se logra a base de generación y divulgación de conocimiento.

El horizonte 2020 previsto para la consecución final de la "Estrategia de Geodiversidad de la CAPV, 2020" otorga aun un intervalo de tiempo suficientemente amplio para que se puedan llegar a ejecutar casi todas las acciones previstas. Sin embargo, teniendo en cuenta los resultados obtenidos en relación a la respuesta de las diferentes administraciones, entidades y ciudadanía, es necesario programar una priorización y ordenación de la implementación de las acciones previstas en la estrategia con el objetivo de que los pasos dados sirvan de apoyo a los siguientes.

REFERENCIAS

Eurorregión Aquitanía Euskadi, 2016, *Flysch and GO!,* 17/01/2017, http://www.aquitaine-euskadi.eu/es/les-appels-a-projets/precedents-appels-a-projets/

Gobierno Vasco, 2011a, *Estrategia de Gestión de la Geodiversidad de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai, 2018*, 17/01/2017, http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/proyecto/geodibertsitatearen_estrategia/es_def/adjuntos/estrategia_geodiversidad_urdaibai.pdf

Gobierno Vasco, 2011b, *Geoturismo sostenible en la red de espacios naturales protegidos, 2011,* 17/01/2017, http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/r49-u95/es/contenidos/informe_estudio/geoturismo/es_doc/indice.html.

Gobierno Vasco, 2014a, *Orden de 26 de junio de 2014, de la Consejera de Medio Ambiente y Política Territorial por la que se aprueba la "Estrategia de Geodiversidad de la Comunidad Autónoma del País Vasco, 2020"*, 17/01/2017, http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/contenidos/proyecto/geodibertsitatearen_estrategia/es_def/adjuntos/orden_aprob_estr_geodiv2020_1.pdf

Gobierno Vasco, 2014b, *Estrategia de Geodiversidad de la Comunidad Autónoma del País Vasco, 2020*, 17/01/2017, http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.net/plana_programa_proiektua/euskal-autonomia-erkidegoko-geodibertsitatearen-estrategia-2020/r49-u95/eu/

Gobierno Vasco, 2014c, *Decreto legislativo 1/2014, de 15 de abril, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Conservación de la Naturaleza del País Vasco*, 17/01/2017, https://www.euskadi.eus/y22-bopv/es/bopv2/datos/2014/05/1402158a.shtml

Gobierno Vasco, 2014d, *Inventario de Lugares de Interés Geológico de la CAPV*, 17/01/2017, http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r49-u95/es/contenidos/informacion/lig/es_def/index.shtml

Gobierno Vasco, 2016a. *Boletín Oficial del País Vasco,* 17/01/2017, https://www.euskadi.eus/y22-bopv/es/bopv2/datos/Ultimo.shtml

Gobierno Vasco, 2016b, *Decreto 139/2016, de 27 de septiembre, por el que se aprueba el Plan Rector de Uso y Gestión de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai,* 17/01/2017, https://www.euskadi.eus/y22-bopv/es/bopv2/datos/2016/11/1605040a.pdf

Gobierno Vasco, 2016c, *Orden de 10 de mayo de 2016, de la Consejera de Medio Ambiente y Política Territorial, por la que se establecen las bases reguladoras y se convocan, para 2016, ayudas para la financiación de actuaciones de conservación activa del patrimonio natural, incluidas en acuerdos de custodia del territorio en el ámbito de la CAPV,* 17/01/2017, https://www.euskadi.eus/y22-bopv/es/bopv2/datos/2016/05/1602298a.pdf

Gobierno Vasco, 2016d, *Estrategia de Biodiversidad de la Comunidad Autónoma del País Vasco 2030*, 17/01/2017, http://www.euskadi.eus/contenidos/informacion/estrategia_biodiversidad/es_def/adjuntos/EstrategiaBiodiversidad2030.pdf

Gobierno Vasco 2016e, *Revisión de las Directrices de Ordenación Territorial (DOT)*, 17/01/2017, http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r49-565/es/contenidos/informacion/revision_dot/es_def/index.shtml

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

PATRIMONIO GEOLÓGICO EN ESPACIOS DEL MINISTERIO DE DEFENSA

GEOHERITAGE IN THE MINISTRY OF DEFENCE'S TERRITORIES

C. Casares y E. L. Carrère

Subdirección General de Planificación y Medio ambiente, Dirección General de Infraestructura, Ministerio de Defensa.
Paseo de la Castellana, 109, (28071) Madrid. ccasdel@oc.med.es, ecarmad@oc.med.es

Resumen: En este trabajo se pretende destacar un aspecto novedoso de los territorios naturales que posee y/o gestiona el Ministerio de Defensa: el Patrimonio Geológico. Algunos Lugares de Interés Geológico, de los que figuran en el Inventario Español, están incluidos en Dependencias Militares, mientras que, en otros casos, la Dependencia Militar forma parte del LIG. Los espacios militares en Andalucía son los que tienen más Lugares de Interés Geológico. Le siguen las comunidades de Canarias e Islas Baleares, mientras que en el resto de la península son mucho más escasos.

Palabras clave: Campos de maniobras militares, gestión medioambiental, Ministerio de Defensa, patrimonio geológico, protección del medio natural.

Abstract: *The goal of this work is to highlight a new aspect of the natural territories owned and/or managed by the Ministry of Defence: the Geoheritage. The Spanish Inventory lists some Places of Geological Interest, which are inside military units, or are the military unit itself. Of all the territoires of military use, those situated in Andalusia have the majority of Places of Geological Interest, followed by the Canary Islands and the Balearic Islands; the rest of the Peninsula has a much lower number of PGI.*

Key words: *Army training camps, environmental management, geoheritage, Ministry of Defence, natural environment protection.*

INTRODUCCIÓN

La Constitución Española encomienda a las Fuerzas Armadas la Defensa Nacional. Para lograr su mayor eficiencia y eficacia, el Ministerio de Defensa dispone de Campos de Adiestramiento y otras instalaciones repartidas por toda la geografía española, que suponen una superficie de más de 135.000 ha de suelo rústico, donde se compatibilizan actividades militares con la existencia de un rico patrimonio natural.

La política de conservación del medio ambiente del Ministerio de Defensa, unida al carácter exclusivo de toda actividad militar, impiden la presión antrópica sobre el territorio, lo que ha permitido que en variadas instalaciones militares se encuentren algunos de los representantes más emblemáticos de fauna y flora, así como formaciones geológicas singulares, conformando una rica geobiodiversidad que ha tenido su reflejo en

la inclusión de buena parte de su territorio en Espacios Naturales Protegidos, en la red europea de espacios naturales, la Red Natura 2000 y en el Inventario Español de Puntos de Interés Geológico.

Los retos que en este aspecto se plantea la población en general y el Ministerio de Defensa en particular, han impulsado una profunda evolución en su política medioambiental, circunstancia que ha tenido su reflejo en el ámbito normativo. Así, fueron aprobadas la Directiva y la Instrucción que definen y detallan la Política Medioambiental del Departamento, basada en el principio de desarrollo sostenible compatible con la misión de las Fuerzas Armadas, y se establecen los objetivos y las principales líneas de actuación, entre las que cabe destacar la colaboración con Organismos y Universidades. Esto ha dado como fruto el desarrollo de proyectos de investigación y la realización de muchos estudios relacionados con el medio ambiente en las propiedades del Ministerio de Defensa, facilitando el Departamento las autorizaciones necesarias para el desarrollo de las mismas.

Actualmente, para mejorar su conservación, se está potenciando el conocimiento del patrimonio geológico de las propiedades del Departamento y, al igual que ha ocurrido con la flora y la fauna, esperamos contar con la colaboración de expertos en este campo. El trabajo que se presenta pretende divulgar, en una primera aproximación, el patrimonio geológico presente en las propiedades del Ministerio. Para ello, se han cruzado los datos del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG) con los planos de las propiedades de Defensa, básicamente, aunque también se han incluido algunos otros sitios especialmente interesantes. Si no se especifica otra procedencia, los datos de la descripción geológica se han tomado de las fichas del Lugar de Interés Geológico (LIG) que figuran en el IELIG y, en su caso, de las fichas del Inventario Andaluz de Georrecursos. A continuación, por Comunidades Autónomas e instalaciones militares, describiremos las singularidades del patrimonio geológico existente.

PATRIMONIO GEOLÓGICO EN LOS ESPACIOS DEL MINISTERIO DE DEFENSA

Andalucía

En la costa onubense, el **Campo de Tiro de Médano del Loro** figura inventariado en el IELIG con el código AND364**,** procedente del Inventario de Georrecursos de la Junta de Andalucía, con la denominación de **Acantilado de la Torre del Oro**. Es un acantilado activo donde los procesos erosivos producen deslizamientos y abarrancamientos que permiten observar su estratigrafía, formada por alternancia de arenas, arcillas, niveles orgánicos y costras de hierro. Los diferentes colores, blancos, amarillos, anaranjados, ocres, prestan al paraje una gran belleza. Estudiado por Zazo et al. (2005), el material más antiguo que se puede observar en el corte del acantilado es un paleosuelo desarrollado en una costa progradante de edad Plioceno-Pleistoceno, probablemente de antes del último Interglacial. Los sedimentos posteriores reflejan los cambios en el nivel de mar, los climas que se han ido sucediendo y los levantamientos de la costa, probablemente relacionados con el escape de fluidos a alta presión.

Cerrando la Bahía de Cádiz, la playa del **Centro de Ensayos Torregorda**, del Instituto Nacional de Técnica Aeroespacial, figura en el IELIG con dos LIG: **Isla, flecha y caño de Sancti Petri (**código AND364) y **Beachrock cuaternario de Torregorda (**código AND118), ambos procedentes del Inventario de Georrecursos de la Junta de Andalucía. El primero está situado en la desembocadura del caño de Sancti Petri, probable herencia de una antigua desembocadura del Guadalete. Protegido por barreras rocosas, tras la transgresión Flandriense, se desarrollaron amplias llanuras mareales, cuyo canal principal es el actual Caño

de Sancti Petri. El segundo LIG es un nivel de playa del Pleistoceno superior, constituido por un conglomerado muy cementado, con abundantes estructuras sedimentarias e icnofósiles, afectado por un sistema de fallas normales de pequeño salto.

El **Acuartelamiento de Camposoto** en San Fernando (Cádiz) se sitúa sobre un diapiro de materiales triásicos, el cerro de Los Mártires, que deforma el Plioceno marino de su entorno. Figura catalogado en el IELIG como **Diapiro Plio-Pleistoceno de San Fernando**, con el código AND122, procedente del Catálogo Andaluz.

El acuartelamiento de Camposoto y Torregorda pertenecen también al LIG **marismas y tómbolo de Cádiz**, código GR028 (Geosite CB006) que, además, abarca en sus límites al **Arsenal de La Carraca.**

En el **Acuartelamiento de Punta Camarinal** (Cádiz) se sitúan dos LIG: el **Cuaternario marino de Punta Camarinal (**AND144), una plataforma rocosa con morfología de cabo, del nivel marino cuaternario más antiguo de la costa gaditana, así como una parte importante del LIG **Ensenada y dunas de Bolonia (**AND146).

El LIG **Dunas de Punta Palomas y Valdevaqueros** (AND148) es un importante campo de dunas que progresa hacia el oeste desde Valdevaqueros hasta Punta Paloma, a través de la Sierra de San Bartolomé, con dunas rampantes y campos de barjanes. Dentro del territorio del LIG está enclavada la dependencia militar de **Punta Paloma** (Cádiz).

La isla de los Terreros es una pequeña isla, muy cercana a la costa nororiental de Almería, formada por materiales del Complejo Alpujárride que, probablemente, representa un pequeño horst tectónico. Adscrita al Ministerio de Defensa, corresponde al LIG Isla de Los Terreros (AND114).

Aragón

En el interior del **Centro Nacional de Adiestramiento de San Gregorio** (Zaragoza) el **Barranco de la Virgen** figura incluido como Lugar de Interés Geológico en el Proyecto de Decreto del Gobierno de Aragón por el que se crea el inventario de LIG de Aragón (2011), por ser un inmejorable ejemplo de incisión fluvial sobre un lecho de yesos y por la presencia de notables cristales de yeso que le otorgan interés mineralógico.

Canarias

El Campo de Maniobras de La Isleta ocupa la península del mismo nombre, adosada al extremo nordeste de la isla de Gran Canaria y muy próxima a la ciudad de Las Palmas. Hansen Machín et al. (2010) han descrito la geología del Campo de Maniobras, resaltando dos lugares de interés geológico, que figuran en la Memoria de la hoja 1101 (Las Palmas de Gran Canaria) del Mapa Geológico de España, MAGNA: **disyunción columnar de La Isleta y edificios volcánicos recientes**. El primer paraje se sitúa en la costa norte, entre Punta de La Vieja y el Morro del Pulpo. Es una superficie de coladas de lavas basálticas procedente de una erupción de hace aproximadamente 700.000 años que, al enfriarse, han formado columnas de sección hexagonal o pentagonal que constituyen un buen ejemplo de este tipo de formas volcánicas y, por ello, tienen un alto interés geomorfológico y didáctico. Los edificios volcánicos recientes del segundo LIG son dos cadenas paralelas de volcanes, de hace aproximadamente un millón de años: hacia el oeste la alineación de Montaña del Confital –Montaña del Faro y hacia el este la alineación del Vigía. Entre estas alineaciones se ha generado un valle de unos 3 km en sentido suroeste a noreste. Las lavas surgidas de los volcanes tapizaron el valle interior y se extendieron hasta la costa; sobre ellas se ha desarrollado la vegetación de malpaís. Relativamente

bien conservados, tienen un considerable interés, ya que permiten estudiar su constitución interna, etapas y formas de construcción.

El Campo de Tiro de Montaña Bermeja, situado dentro del Parque Natural de los Volcanes, en el suroeste de la isla de Lanzarote, está incluido en el Geosite VC007, **Vulcanismo reciente de Timanfaya.** Las estructuras geológicas, similares a las del Parque Natural de los Volcanes, se componen de cuatro edificios volcánicos conectados por una llanura. Montaña Bermeja es el edificio volcánico más occidental. Parcialmente desmantelado por la acción erosiva del mar, permite reconocer una antigua línea de costa previa a la erupción de Timanfaya. Al este de montaña Bermeja están la caldera de las Chozas y la montaña de la Vieja Gabriela, formada por dos semicalderas abiertas (Martín Esquivel 2010). El **Campo de Tiro de Las Cumbres** ocupa una franja de terreno de forma alargada colindante con el Parque Natural del Teide, en la isla de Tenerife. Dentro del mismo está la **Montaña Negra, del Volcán o de Siete Fuentes**, LIG código TMP154 del IELIG, uno de los centros de la emisión histórica que en los años 1704-1705 se produjo a través de fisuras NE-SO. Afloran en el Campo, además de coladas y piroclastos basálticos de esta erupción, materiales del edificio de Las Cañadas (Pérez de Paz y Rodríguez Delgado, 2010).

El LIG **Complejo basal de Fuerteventura**, código IC006 (Geosite VC006) incluye en su territorio el **Campo de Maniobras y Tiro de Pájara,** situado en la vertiente centro occidental de la isla, en el Macizo de Betancuria, donde afloran materiales de Complejo Basal.

Castilla y León

El LIG IB209, **Yacimiento de homínidos del Cuaternario de la Sierra de Atapuerca**, (Geosite VP006), incluye los yacimientos de La Galería, la Cueva de los Zarpazos y la Gran Dolina, dentro de las dependencias militares del CMT de Matagrande. La Base del Campo colabora estrechamente con el Equipo de Investigación de Atapuerca en las campañas arqueológicas y paleontológicas que se realizan todos los veranos.

Existe otro LIG en el interior del Campo de Maniobras, el denominado **Cretácico de la Sierra de Atapuerca,** código 200012, mirador desde el que se observa la superficie erosiva labrada sobre el Mesozoico.

En el **Campo de Tiro de El Teleno** (León) existen dos lugares de interés geológico descritos en el Catálogo de Castilla y León (Fernández-Martínez y Fuertes Gutiérrez, 2009): el primero es el LIG **Morfología periglaciar y campos de piedras del Teleno** (24090-GEO-027) localizado en los sectores más elevados del macizo del Teleno, que albergan importantes formas de modelado relacionadas con la dinámica periglaciar del Pleistoceno superior y Holoceno. El segundo es el LIG **Captura fluvial del río Llamas en Tabuyo del Monte** (24091-GEO-048), un ejemplo de modificación del trazado de la red hidrográfica debido a los movimientos tectónicos alpinos, que levantaron los bloques tectónicos del Teleno y Montes Aquilanos y hundieron la fosa del Bierzo. El río Llamas, en su cabecera, captura al antiguo río Codes, en un amplio valle en cuna, desarrollando varios codos de captura desde esta zona alta hasta alcanzar el valle del Duerna. El escalón tectónico que tiene que salvar permite la formación de una cascada de unos 25 metros, La Gualta.

En la **Academia de Artillería de Segovia** existe una extraordinaria colección de minerales, rocas y fósiles, una de las más antiguas documentadas del mundo. En sus trabajos sobre la colección, Díez Herrero (2005) destaca su importancia histórico-científica, no sólo por remontarse el origen del núcleo de la colección al menos hasta inicios del siglo XVIII, sino también porque en ella han dejado su huella varias generaciones de científicos y artilleros, como Luis Proust o Tomás de Morla, además de prestigiosas instituciones científicas como los Reales Gabinetes de Historia Natural o la Comisión del Mapa Geológico de España. La colección de minerales de la Academia de Artillería de Segovia figura incluida en el Catálogo original de Puntos de Interés

Geológico de la provincia de Segovia con el número 94 (Díez Herrero, 1991), así como entre los Lugares de Interés Geológico del Plan General de Ordenación Urbana del Término Municipal de Segovia.

Islas Baleares

El Ministerio de Defensa tiene en la ría de Mahón un riquísimo patrimonio cultural del que forman parte el **Fuerte de San Felipe en la Isla del Lazareto, la Fortaleza de Isabel II en la Península de La Mola y el castillo de San Felipe y la Torre d'en Penjat** en la bocana sur de la ría. Estas propiedades figuran en el Libro Inventario de Protección del Patrimonio Cultural Europeo como Monumentos de la Arquitectura Militar, y tienen la consideración de Bienes de Interés Cultural. Su gestión se lleva a cabo a través de un Consorcio que reúne al Ministerio de Defensa, Govern Balear, Consell Insular de Menorca, Ayuntamiento de Mahón y Ayuntamiento de Es Castell (Consorcio del Museo Militar de Menorca, 2013). En el interior del estuario se sitúa el **Puerto Militar de Mahón**. Estas dependencias figuran incluidas en dos LIG del Inventario.

La **península de La Mola**, que cierra el puerto de Mahón en su orilla norte, es un LIG código 646001, por aflorar la discordancia entre el basamento paleozoico, Carbonífero en facies Culm y la cobertera miocena. Por tanto, forma parte de las dos zonas geológicas de Menorca, Tramuntana y Migjorn. La falla que las separa y que es causante en parte de la génesis del port de Maó está aquí parcialmente fosilizada por los depósitos miocenos. A su vez, el **Port de Mahón**, formado a favor de unas fracturas de dirección aproximada NE-SW, que produjeron un encajamiento de la red fluvial postmiocena, corresponde al LIG de código 647002.

Las antenas del **Centro de Sistema de Comunicaciones y Trasmisiones Militares del Monte Toró** se localizan en la atalaya del lugar más alto de Menorca y centro geográfico y orográfico de la isla, que se considera el punto más importante para la interpretación geológica del paisaje de la isla, según ficha del LIG del **Monte Toró número** 646007 del Inventario, que resalta también el corte geológico completo, desde el Paleozoico hasta el Jurásico, que se puede realizar a través de la carretera de subida.

Los terrenos de la **Batería Costera de Cabo de Favaritx,** en la costa nororiental de Menorca, están incluidos en el LIG **Estructuras Orgánicas del Cap de Favaritx** (647004). Forman este cabo rocas del Carbonífero en facies Culm, muy bioturbadas en los sedimentos de desbordamiento de canales. Como la vegetación no se desarrolla sobre las rocas, al estar lavadas por las aguas del mar, este lugar es un punto singular para el estudio de las trazas fósiles.

El Parque Nacional del **Archipiélago de Cabrera,** es propiedad del Ministerio de Defensa. En el IELIG figura un único LIG, la **falla de Sa Cova Blava** código 774001, una gran fractura que aparece en el interior de una cueva excavada por el mar. Los efectos de luz y color en el interior de la cueva son espectaculares y un punto de atracción turística.

CONSIDERACIONES FINALES

En los territorios destinados al adiestramiento de las Fuerzas Armadas existen numerosos LIG de los que figuran en el Inventario Español. La política de conservación del medio ambiente del Departamento, unido al carácter de exclusividad de la actividad militar, supone una garantía de conservación de estas formaciones geológicas singulares.

REFERENCIAS

Díez Herrero, A. 1991. Puntos de Interés Geológico de la Provincia de Segovia. *Litos*, 6, 31-33.

Díez Herrero, A. 2005. Apuntes históricos sobre la colección de minerales, rocas y fósiles de la Academia de Artillería de Segovia. *Iluil*, 28, 383-413.

Fernández-Martínez, E. y Fuertes Gutiérrez, I. Coords. 2009. *Lugares de Interés Geológico León*. Fundación Patrimonio Natural, Junta de Castilla y León. Edición en DVD.

Hansen Machín, A., Moreno Medina, C., Naranjo Cigala, A., Pérez Torrado, F. J., Ramos, A. y Salas Pascua, M. 2010. Geografía de un islote: La Isleta de Gran Canaria. En: *Canarias. Los valores naturales de las propiedades del Ministerio de Defensa*. Ministerio de Defensa, Madrid, 150-187.

Instituto Geológico y Minero de España, 19/01/2017, http://info.igme.es/ielig/

Junta de Andalucía, 19/01/2017, http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/site/portalweb/menuitem.7e1cf46ddf59bb227a9ebe205510e1ca/?vgnextoid=45172b0cf9ceb210VgnVCM1000001325e50aRCRD&vgnextchannel=e481e6f6301f4310VgnVCM2000000624e50aRCRD

Martín Esquivel, J. L. 2010. El islote del Campo de Tiro de Montaña Bermeja. En: *Canarias. Los valores naturales de las propiedades del Ministerio de Defensa*. Ministerio de Defensa, Madrid, 128-151.

Pérez de Paz, P. L., Rodríguez Delgado, O. 2010. Las Cumbres del Teide. En: *Canarias. Los valores naturales de las propiedades del Ministerio de Defensa*. Ministerio de Defensa, Madrid, 40-87.

VV.AA. 2013. *Memoria 1998-2013*. Consorcio del Museo Militar de Menorca y Patrimonio Histórico Militar del Puerto de Mahón y Cala San Esteban, Menorca, 282 pp.

Zazo, C., Mercier, N., Silva, P. G., Dabrio, C. J., Goy, J. L., Roquero, E., Soler, V., Borja, F., Lario, J., Polo, D. y de Luque, L. 2005. Landscape evolution and geodynamic controls in the Gulf of Cadiz (Huelva coast, SW Spain) during the Late Quaternary. *Geomorphology*, 68, 269-290.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

IS GEOLOGICAL HERITAGE PART OF NATURE?

¿FORMA PARTE DE LA NATURALEZA EL PATRIMONIO GEOLÓGICO?

M. Huch y F. Tessensohn

Lindenring 6, D-29352 Adelheidsdorf, Germany. mfgeo@t-online.de, ft.geopolar@t-online.de

Abstract: The poster is intended to draw the attention of those who care for nature, to take also into account the value of unique geological sites. An example from Menorca is presented.

Key words: Conservation, geological heritage, geosites.

Resumen: *El póster intenta dirigir la atención de los gestores responsables de la conservación de la naturaleza para considerar también el valor de lugares geológicos únicos. Presentamos un ejemplo de Menorca.*

Palabras clave: *Conservación, lugares de interés geológico, patrimonio geológico.*

GEOLOGY, NATURE AND AN EXAMPLE FROM MENORCA

At universities, geology is usually part of natural sciences because of the close connection to biology, chemistry and physics. But when it comes to the protection of nature, e.g., in terms of the protection of biotopes, geology is usually not considered. The introduction of the concept of geotopes and geoheritage in the 1990s, and its increasing consideration during the last decades, has made it somewhat easier to also protect unique geological sites. But this is not always working.

During site investigations for a geological guide book (in German), we visited a unique geological site on the Binimel·là peninsula in 2013 (Figure 1). This locality (*locus typicus*) yielded the first uppermost Devonian and lower Carboniferous conodont (micro-)fossils, first described by Meyer & Stoppel (1990) (Figure 2). The conodont-bearing rocks are silicic deep sea sediments (cherts) (Figure 3). In 1994, a dissertation was published about a continuous stratigraphic sequence from the same region, ranging from uppermost Devonian to lower Carboniferous (Tiedt, 1994). Both publications proved continuous sedimentation during this period, in contrast to previous assumptions.

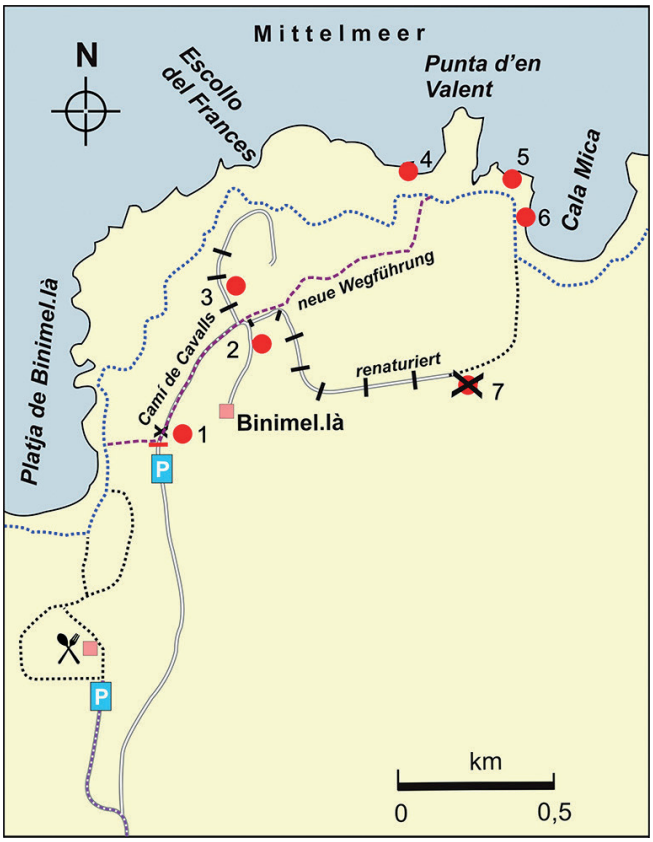


Figure 1. Location map, from Tessensohn & Huch (in press). The location we are referring to is no.7. The barred signature indicates no access anymore.

In a very easily accessible road cut between the beaches of Binimel.là and Cala Mica, a sequence of the conodont-bearing deep sea cherts was well exposed (see Figures 2 and 3). At this locality, the first authors had been collecting the microfossils directly from the rock surface. Here, the proof for continuous marine deep water conditions was exposed, linking the Devonian rocks at Cala Tirant to the Carboniferous at Cala Mica.

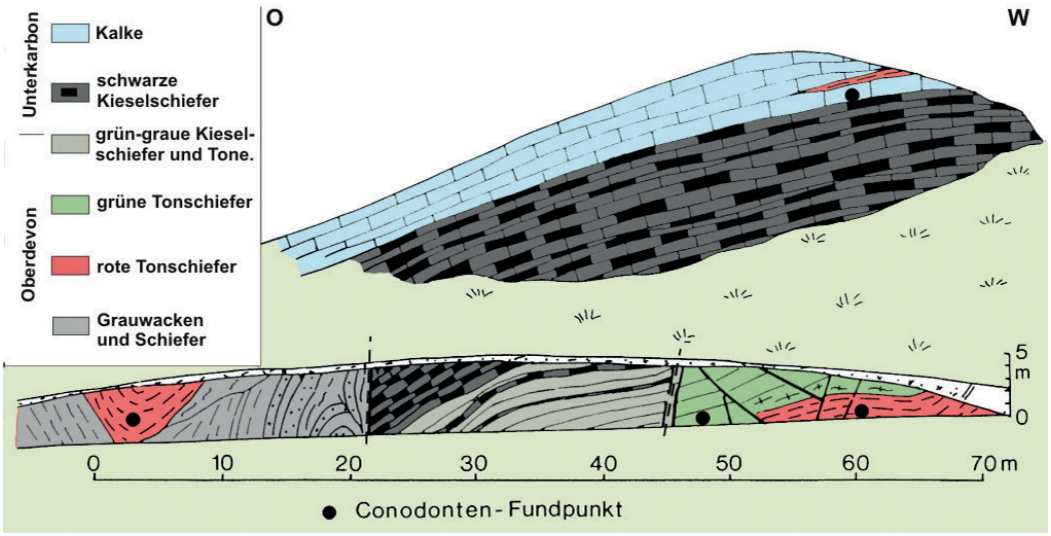


Figure 2. Sketch of the outcrop of Paleozoic rocks (after Meyer &Stoppel, 1990, figure 2).



Figure 3. Conodont-bearing cherts (Photograph taken April 2013).

In October 2014, when we intended to show the site to participants of a geological excursion, we found the place totally changed - and devastated (Figures 4 and 5). A newly built wall prevented access, and the whole road cut was now covered by debris with newly planted vegetation. However, none of these plants were alive in October 2016. At the entrance to this part of the Camí de Cavalls, we had found a board indicating that all this was due to restoration activities to protect the natural habitat. But in fact a unique geological site had been destroyed by these alleged restoration activities.



Figure 4. Same site as in Figure 3 with debris-cover. Photograph taken in October 2014.



Figure 5. Same site as in Figure 3, covered by debris with plantation. Photograph taken in October 2014.

THE AREA OF BINIMEL·LÀ AS GEOSITE

The area of Binimel·là was one of the first geosites included in the lists carried out during the first inventory by IGME in 1988 (IGME, 1988). Also in the second evaluation of geosites on Menorca in 2016 the geosite of Binimel.là had high priority (Consell Insular de Menorca, 2016). This is due from the part west of Cala Mica, where radiolarites (cherts) occur, westwards to Cala Pregonda. Along this stretch of about 3 kilometers several highlights of Menorcan geology can be seen. A continuous succession of Devonian and Carboniferous to Permian rocks is well exposed including the volcanic rock of Carboniferous age but unknown provenance.



Figure 6. Tectonically superimposed Carboniferous rocks (grey to brownish) on Permian rocks (red, lower part) at the shore east of Cala Pregonda.



Figure 7. The red colours of the Permian rocks are lining the path to Cala Pregonda.



Figure 8. A chain of islands of light-coloured Quartzkeratophyr is protecting Cala Pregonda against the open sea.

The site we are focusing on lies east of Binimel·là and south of Cala Mica (coordinates approximately X=590657, Y=4434291; Fig. 9). This special part of the Binimel·là area is not included in the description of the site (618001, Successió Devonico-Carbonifera i roques ígnies de Binimel·là in Consell Insular de Menorca 2016). The description of the geosite 618001 refers to radiolarites occurring in the vicinity of Cala Mica, but there is no mention of the first find of conodonts out of these strata.



Figure 9. Location of Conodont-bearing rocks south of Cala Mica on a GoogleEarth image.

CONCLUSION

With our communication, we want to point out to those who are in charge to protect nature to take also into account the value of unique geological sites with scientific interest. There will always be conflicts between the protection of plants and animals against natural erosion or human vandalism, and we can imagine the controversial discussions. But we want to emphasize that, before destroying a geological site, geology experts ought to be consulted on its scientific value. Since we are living in the era of databases and the world-wide-web it might be appropriate to search for early publications, especially in foreign languages, before the decision is made to destroy a geological site.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are thankful for the helpful remarks of the reviewer which improved the way to express our concern.

REFERENCES

Consell Insular de Menorca. 2016. Listado de LIG de la isla de Menorca incluidos en el borrador de decreto sobre aprobación del inventorio de Lugares de Interés Geológico de las Islas Baleares y de Proteción del Patrimonio Geológico. 19 pp.

IGME. 1988. Inventario nacional de puntos de interés geológico de la isla de Menorca. Inédito.

Meyer, K. D. and Stoppel, D. 1990. Höheres Oberdevon auf Menorca. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie*. 9, 547-556.

Tessensohn, F. and Huch, M. (in press) *Wanderungen in die Erdgeschichte: Menorca*. Pfeil Verlag, München.

Thiedt, Chr. 1994. Die oberdevonische bis unterkarbonische Schichtfolge Menorcas (Balearen, Spanien). Stratigraphie-Geochemie-Tektonik. *Dissertation Universität Hannover*, 110 pp.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

DE PUNTA GALEA A SOPELANA (BIZKAIA): UN RECORRIDO POR EL PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA COSTA NORTE

FROM PUNTA GALEA TO SOPELANA (BIZKAIA): A WALK ALONG THE GEOHERITAGE IN THE NORTHERN COAST

B. Martínez-García[1,2], I. Guede[3], A. Ordiales[2] y J. Mendicoa[4]

[1] Dpto. Estratigrafía y Paleontología, Fac. Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, 48080 Bilbo, España. blancamaria.martinez@ehu.eus

[2] SciGea Servicios de apoyo a la investigación geológica y la divulgación científica, Zitek Leioa. Edificio de Rectorado, Planta baja, módulo 12, Universidad del País Vasco UPV/EHU, 48080 Bilbo, España. servicios.scigea@gmail.com

[3] Dpto. Mineralogía y Petrología, Fac. Ciencia y Tecnología, Universidad del País Vasco UPV/EHU, 48080 Bilbo, España. iranzulaura.guede@ehu.eus

[4] Alameda Mazarredo 20 2ºD, 48009 Bilbo, España. jonemendicoa@gmail.com

Resumen: En este trabajo se propone un paseo geológico por el litoral de Punta Galea a Sopelana (N de Bilbao, Bizkaia) que presenta una excelente accesibilidad y magníficos afloramientos con numerosos ejemplos de procesos, estructuras y materiales de diversas especialidades geológicas. Incluido dentro del Global Geosite de la Costa de Uribe o "Uribe Kosta", contiene 6 Lugares de Interés Geológico, entre los que destacan las playas cementadas cuaternarias generadas a partir de los vertidos de los Altos Hornos, el estratotipo (GSSP) del Luteciense de la playa de Gorrondatxe y el límite Cretácico/Paleógeno (K/Pg) de la playa de Atxabiribil. Este recorrido pretende ser un referente divulgativo para la enseñanza de la geología en el N de Bizkaia. Dirigido a la población en general, busca ser un modelo para la puesta en valor del patrimonio geológico de esta zona que contribuya a la concienciación de la sociedad respecto a la necesidad de protegerlo y conservarlo hasta su inclusión dentro del Plan de Ordenación de los Recursos Naturales del área de Uribe-Kosta-Butroe y del PTS de Zonas Húmedas por la Consejería de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca (Orden de 3 de septiembre de 2012).

Palabras clave: *Bizkaia, divulgación, geodiversidad, LIG, Patrimonio geológico.*

Abstract: *In this work the authors propose a geological walk along the coast from Punta Galea to Sopelana (North of Bilbao, Bizkaia) that is easily accessible and shows excellent outcrops, which contain a variety of examples of different geological processes, structures and materials. This walk is included in the Uribe Coast or "Uribe Kosta" Global Geosite and it comprises six individual Geosites. Among these, the quaternary "beach rocks" that originated from the resulting wastes of Altos Hornos, the lutecian Stratotype (GSSP) in the Gorrondatxe Beach and the Cretaceous/Paleogene limit (K/Pg) in the Atxabiribil beach can be highlighted. This walk aims to be established as an educational benchmark in the North of Biscay for the teaching of Geology. As it addresses the general public, its aim is to become a framework for the enhancement of the*

geological heritage in this area that could help our society to increase awareness of the need for its protection and preservation, until its eventual inclusion into the Natural Resources Regulation Plan for the Uribe-Kosta-Butroe area and the Wetlands Sectorial Land Planning of the Department of Environment, Territorial Planning, Agriculture and Fisheries (Order of September 3, 2012).

Key words: *Bizkaia, geodiversity, Geoheritage, LIG, popular science.*

INTRODUCCIÓN

El litoral de Punta Galea a Sopelana (N de Bilbao, Bizkaia) (Figura 1) es una excelente herramienta para la enseñanza de la Geología, ya que presenta numerosos ejemplos de procesos, estructuras y materiales geológicos que abarcan diversas áreas de las ciencias de la Tierra. Algunos de estos elementos ya fueron catalogados dentro del Inventario de Lugares de Interés Geológico (LIG) de la Diputación Foral de Bizkaia (1990) y recientemente incluidos en el inventario anexo a la Estrategia de Geodiversidad del Gobierno Vasco (2014). Asimismo, la zona forma parte del recientemente declarado Global Geosite de la Costa de Uribe o "Uribe Kosta" (LIG CB008 Uribe Kosta) por el Instituto Geológico y Minero de España (Cearreta, 2015). A pesar de tratarse de una zona con una afluencia de visitantes locales y foráneos constante, en general éstos desconocen su importancia geológica internacional como área de interés científico. Por este motivo, desde hace unos años se están realizando diversas actividades divulgativas, como paseos geológicos enfocados a estudiantes o iniciativas como el Geolodía Bizkaia de 2016 para todo tipo de público. El objetivo es que este recorrido pueda ser tomado como un referente didáctico, divulgativo, lúdico y turístico para el público en general, que complemente su conocimiento geológico independientemente del nivel de base del mismo. Un segundo objetivo es la puesta en valor del patrimonio geológico del litoral de Uribe Kosta que ayude a concienciar a la sociedad sobre la necesidad de protección, uso sostenible y conservación del medio natural actual y su geodiversidad.

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y CONTEXTO GEOLÓGICO

El recorrido didáctico propuesto, de unos 5 km de longitud, se localiza en el litoral norte de la provincia de Bizkaia, entre el peñón de Punta Galea (Ayuntamiento de Getxo) y la playa de Atxabiribil (Ayuntamiento de Sopelana) (Figura 1). Se ha seleccionado este recorrido para que sea practicable en un plazo de tiempo razonable para todos los tipos de público, puesto que presenta una excelente accesibilidad al desarrollarse a lo largo de una vía adaptada para el senderismo sin grandes desniveles topográficos. Geológicamente (Figura 1), la zona forma parte del flanco NE del Sinclinorio de Vizcaya, que pertenece al Arco Vasco. Está conformada por alternancias de materiales carbonatados y detríticos de fondo de cuenca, con edad Maastrichtiense – Eoceno medio (Orue-Etxebarria *et al*., 2006), plegados y fracturados durante la Orogenia Alpina, que también favoreció la extrusión de yesos y arcillas del Keuper que engloban gabros con textura ofítica de edad Retiense – Hettangiense.

PRINCIPALES ASPECTOS DIDÁCTICOS DEL RECORRIDO

La Geozona de Barrika (entre Algorta y Gorliz) es considerada un área con un alto potencial didáctico, divulgativo, científico y turístico en el ámbito geológico (Potencial Geo-Turístico = 9,4, Disponibilidad Geo-Turística = 8,7; Gobierno Vasco, 2011). Aun así, actualmente no se está realizando ninguna actividad de puesta en valor de dicho recurso geoturístico, ya que no existen centros de información y apenas se han instalado dos paneles fijos con información geológica. Para este recorrido, se han seleccionado 6 lugares (Figura 1C) que coinciden con los LIG inventariados en esta zona (Gobierno Vasco, 2015) y cuyo valor didáctico se describe a continuación:

Lugar 1, LIG PV117 Pliegue sinclinal de Punta Galea.

En el peñón de Punta Galea (Figura 1C) se puede observar el núcleo del sinclinal de Oiz-Punta Galea, una de las tres principales estructuras del Arco Vasco, gracias al cambio en el sentido de buzamiento de los estratos situados en cada uno de los flancos del pliegue (Figura 2A). El flysch calciturbidítico del Luteciense conforma el núcleo del sinclinal (Payros *et al.*, 2009) y presenta pliegues intraformacionales de tipo slump (Figura 2B). Este punto de observación representa un entramado de estructuras geológicas más o menos complejas que permiten una explicación didáctica sencilla incluso para el público poco versado en geología.

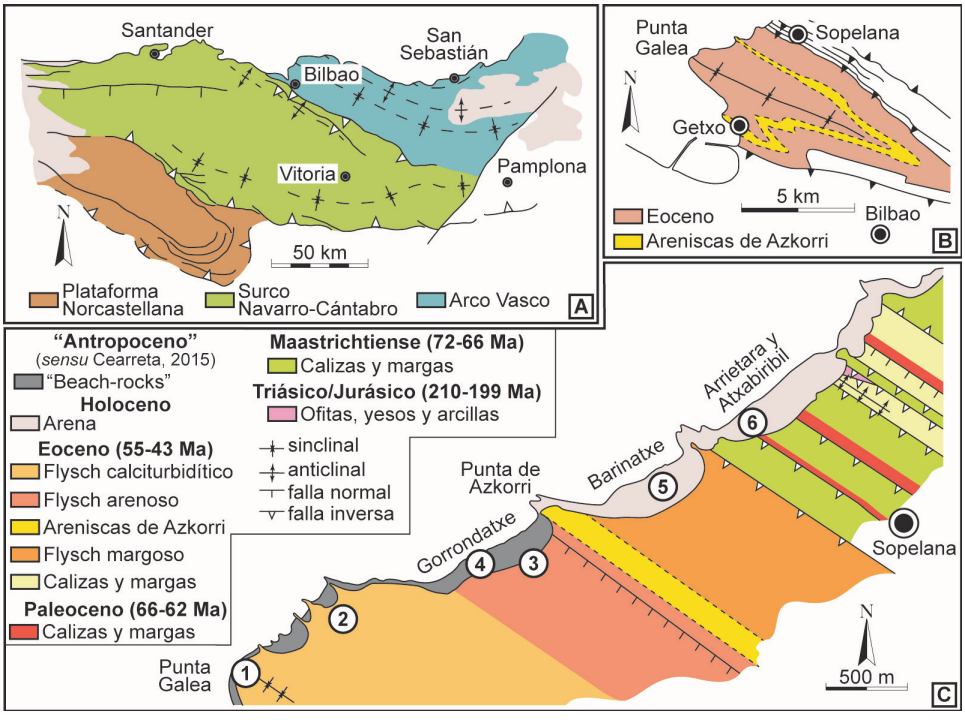


Figura 1. Localización geográfica y contexto geológico del recorrido seleccionado. A: sectores de la Cuenca Vasco-Cantábrica, modificado de Barnolas y Pujalte (2004); B: mapa geológico simplificado del Sinclinorio de Vizcaya, modificado de Orue-Etxebarria *et al.* (2006); C: detalle del flanco noreste del Sinclinorio de Vizcaya, modificado de Orue-Etxebarria *et al.* (2006), con disposición de los puntos de observación escogidos.

Lugar 2, LIG PV132 Numulites en Punta Galea – Tunelboca.

Algunos de los mencionados niveles turbidíticos (Figura 1C) incluyen abundantes caparazones de macroforaminíferos reelaborados (Ruiz de Gaona y Colom, 1950) que generan auténticas lumaquelas (Figura 2C), de los cuales los más llamativos son los del género *Nummulites* (Figura 2D). Estos organismos unicelulares desarrollaron tamaños incomparables respecto a los actuales, despertando la curiosidad del público no especializado.

Lugar 3, LIG PV49 Eoceno de Gorrondatxe (GSSP).

El acantilado de la playa de Gorrondatxe permite observar el denominado flysch arenoso (Figura 1C), en el que destacan las areniscas de Azkorri que forman un nivel guía del sinclinorio (Payros *et al*., 2009) (Figura 2E). En estos niveles se han definido especies fósiles nuevas, como el foraminífero planctónico *Morozovella gorrondatxensis* (Orue-Etxebarria, 1985). La excepcionalidad de este afloramiento le ha conferido el reconocimiento como estratotipo (GSSP) del Luteciense (Eoceno medio, 47,8 millones de años) (Figura 2F) en el año 2011, como queda señalizado en la bajada de acceso a la playa mediante un panel informativo.

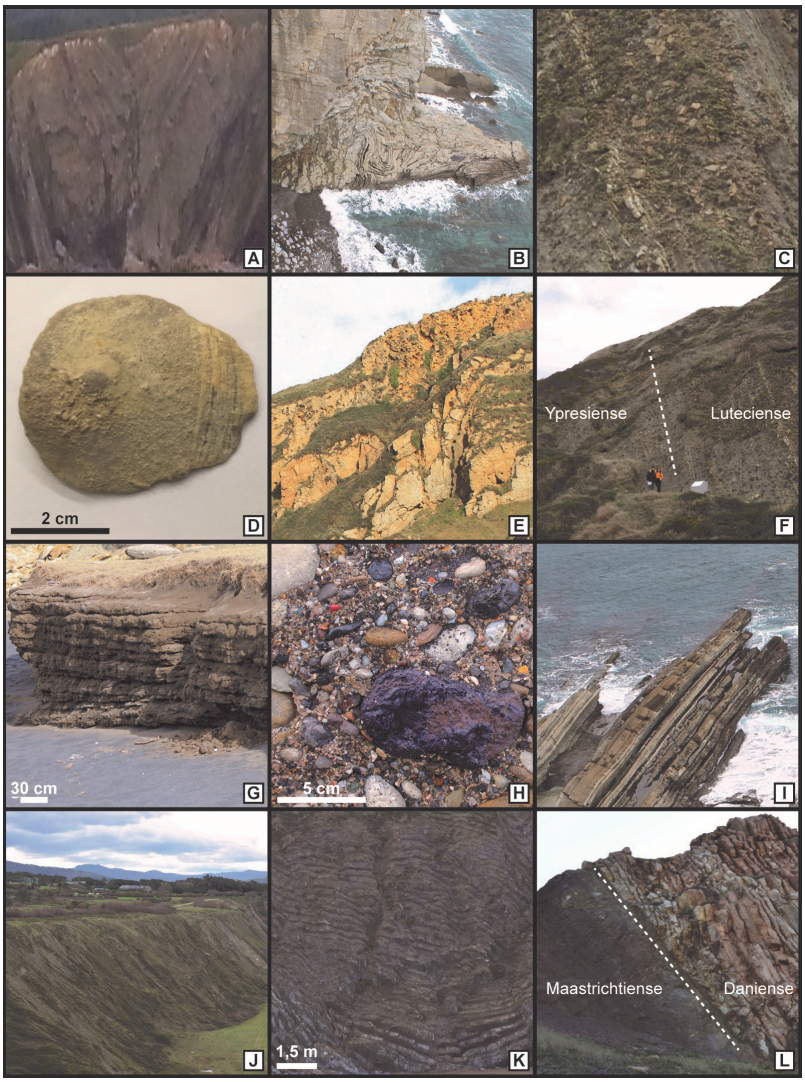


Figura 2. Aspectos geológicos más representativos de los puntos de parada seleccionados a lo largo del recorrido. A: vista del núcleo del sinclinal de Oiz-Punta Galea desde el mar; B: pliegues intraformacionales de tipo slump del Eoceno medio; C: lumaquelas de macroforaminíferos del Eoceno medio; D: ejemplar del género *Nummulites* de Punta Galea; E: areniscas de Azkorri aflorando en la playa de Gorrondatxe; F: estratotipo (GSSP) del Luteciense en el acantilado de la playa de Gorrondatxe; G: aspecto del "beach-rock" de la playa de Gorrondatxe; H: detalle del "beach-rock", en el que se observan los materiales de origen antrópico; I: erosión por oleaje actual en el flysch margoso del Eoceno inferior; J: aspecto de la paleorrasa intermareal cuaternaria de Barrika – La Galea; K: ejemplo de la fracturación y plegamiento de los estratos del Maastrichtiense de la playa de Arrietara; L: afloramiento del límite Cretácico/Paleógeno (límite K/Pg) en la playa de Atxabiribil.

Lugar 4, LIG PV96 Playa cementada Gorrondatxe y Tunelboca

Durante gran parte del siglo XX, los Altos Hornos de Vizcaya vertieron al Nervión sus escorias de fundición y materiales refractarios que se depositaron a lo largo del litoral desde la desembocadura (Figura 1C). Éstos se consolidaron rápidamente dando lugar a "beach-rocks", como el descrito en Gorrondatxe (Astibia, 2012), único en este litoral y ejemplo de procesos de cementación carbonatada temprana. Además de un excelente modelo de la influencia humana en un medio sedimentario natural (Figuras 2G y 2H), es el elemento más representativo del recorrido del nuevo periodo geológico propuesto a la Comisión Internacional de Estratigrafía, conocido como Antropoceno. La inclusión o no de este periodo en la tabla cronoestratigráfica se está discutiendo en la actualidad (Cearreta, 2015).

Lugar 5, LIG PV90 Paleorrasa de Barrika – La Galea

La playa de Barinatxe (Figura 1C) permite observar el efecto de la erosión del oleaje sobre los estratos, que componen el denominado flysch margoso del Eoceno inferior (Ypresiense) (Payros *et al*., 2009), y que ha generado una rasa mareal actual (Figura 2I). Estos procesos de erosión actual resultan una excelente herramienta para explicar la formación de la paleorrasa intermareal cuaternaria (Figura 2J) formada en momentos de nivel del mar más alto y emergida posteriormente por procesos neotectónicos hasta su posición actual (Cearreta, 2015).

Lugar 6, LIG PV44 Sucesión mesozoico-terciaria y límite KT en Sopelana

La sucesión marina del Maastrichtiense – Paleoceno que aflora plegada y fracturada (Figura 2K) en los acantilados de las playas de Arrietara y Atxabiribil (Figura 1C), debido a la colisión entre las placas Ibérica y Europea durante la Orogenia Alpina (post-eocena), presenta procesos halocinéticos de ascenso de materiales triásicos y ofitas jurásicas, e incluye una gran abundancia de contenido fósil (equinodermos, inocerámidos e icnofósiles). Sin embargo, lo más espectacular de esta sección es la presencia, en el acantilado de la playa de Atxabiribil, de una sección continua del límite Cretácico/Paleógeno (límite K/Pg) (Baceta, 1996) que muestra una excelente exposición y accesibilidad (Figura 2L), lo que permite observar de cerca la fina capa arcillosa rica en iridio que lo caracteriza a nivel mundial. Un panel fijo situado en la bajada de acceso a la playa de Atxabiribil explica brevemente este evento.

CONCLUSIONES

El recorrido propuesto por el litoral vizcaíno entre Punta Galea y Sopelana se ha revelado como una excelente herramienta para la divulgación de las ciencias de la Tierra, no sólo gracias a su excelente accesibilidad, sino también al contener magníficos ejemplos de procesos y estructuras geológica que permiten ampliar el conocimiento del público en general en áreas tales como paleontología, tectónica, geología estructural, petrología, estratigrafía, oceanografía o geomorfología. Además, su inclusión dentro del recientemente nombrado Global Geosite de la Costa de Uribe o "Uribe Kosta" y la existencia de 6 Lugares de Interés Geológico a lo largo del propio recorrido, ponen de manifiesto su valor para difundir el patrimonio geológico del litoral de Bizkaia, así como para concienciar a la sociedad sobre su uso sostenible y su conservación. Con todo ello, este recorrido podría ser considerado como un referente didáctico de la geología del litoral vizcaíno para el

público en general, al permitir emplear un lenguaje ajustado a los conocimientos previos del mismo, unidos a los excelentes ejemplos de campo, posibilitando explicar procesos geológicos complejos mediante la elaboración de sencillas guías de campo. Este material divulgativo debería ser complementado con paneles fijos, como los existentes en las playas de Gorrondatxe y Atxabiribil, lo que conllevaría una mayor implicación de las instituciones locales para divulgar su patrimonio geológico, que podría ser empleado como herramienta turística sin la necesidad de contar con la presencia física de monitores que realicen las explicaciones.

AGRADECIMIENTOS

Las autoras quieren dar las gracias a los profesores e investigadores del Área de Geología de la UPV/EHU, en especial a los Drs. Estibaliz Apellaniz, Humberto Astibia, Juan Ignacio Baceta, Alejandro Cearreta y Xabier Murelaga, miembros del Dpto. de Estratigrafía y Paleontología, por la ayuda aportada durante la realización de este trabajo. También quieren dar las gracias a los Drs. Asier Hilario y Manu Monge-Ganuzas por sus comentarios, que han mejorado sustancialmente este trabajo.

REFERENCIAS

Astibia, H. 2012. Tunelboka y Gorrondatxe (Getxo, Bizkaia), fósiles humanos para el Antropoceno. *Euskonews*, 640, 1-11.

Baceta, J. I. 1996. *El Maastrichtiense superior, Paleoceno e Ilerdiense inferior de la Región Vasco-Cantábrica: secuencias deposicionales, facies y evolución paleogeográfica*. Tesis Doctoral inédita. Universidad del País Vasco, 372 pp.

Barnolas, A. y Pujalte, V. 2004. La Cordillera Pirenaica. En: Vera, J. A. (ed.), *Geología de España.* Sociedad Geológica de España e Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 231-338.

Cearreta, A. 2015. Los depósitos cuaternarios del (propuesto) Global Geosite Uribe Kosta (Bizkaia) y la cuestión del límite Holoceno-Antropoceno. En: Hilario, A., Mendia, M., Monge-Ganuzas, M., Vegas, J. y Belmonte, A. (eds.), *Patrimonio Geológico y Geoparques, avances de un camino para todos*. Cuadernos del Museo Geominero 18, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 37-42.

Diputación Foral de Bizkaia. 1990. *Puntos de Interés Geológico de Bizkaia*. Departamento de Cultura, Bilbao, 270 pp.

Gobierno Vasco. 2014. *Estrategia de Geodiversidad de la CAPV 2020*. Departamento de Medio Ambiente y Política Territorial, Bilbao, 136 pp.

Gobierno Vasco. 2011. *Geoturismo Sostenible en la Red de Espacios Naturales Protegidos de la Comunidad Autónoma del País Vasco. Fase 1. Diagnóstico de la Potencialidad y Capacidad de Acogida*. Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial, Agricultura y Pesca, Bilbao, 76 pp + 124 pp (anexos).

Inventario de Lugares de Interés Geológico, Gobierno Vasco 2015, 10/1/17, http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/informacion/lugares-de-interes-geologico/r49-u95/es/

Orue-Etxebarria, X. 1985. Descripción de dos nuevas especies de foraminíferos planctónicos en el Eoceno costero de la provincia de Bizkaia. *Revista Española de Micropaleontología*, 17, 467-477.

Orue-Etxebarria, X., Payros, A., Bernaola, G., Dinarès-Turell, J., Tosquella, J., Apellaniz, E. y Caballero, F. 2006. *The Ypresian/Lutetian boundary at the Gorrondatxe beach section (Basque Country, W Pyrennees)*. Climate and Biota of the Early Paleogene 2006, Mid Conference Field Excursion Guidebook, Bilbao, 36 pp.

Payros, A., Orue-Etxebarria, X., Bernaola, G., Apellaniz, E., Dinarès-Turell, J., Tosquella, J. y Caballero, F. 2009. Characterization and astronomically calibrated age of the first occurrence of *Turborotalia frontosa* in the Gorrondatxe section, a prospective Lutetian GSSP: implications for the Eocene time scale. *Lethaia*, 42, 255-264.

Ruiz de Gaona, M. y Colom, G. 1950. Estudios sobre las sinecias de los foraminíferos eocénicos de la vertiente meridional del Pirineo (Cataluña-Vizcaya). *Estudios Geológicos*, 12, 293-434.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

LA CONSERVACIÓN DE COLECCIONES CIENTÍFICAS: LAS COLECCIONES PALEONTOLÓGICAS DE LA *SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL DE LES BALEARS (SHNB)*

THE CONSERVATION OF SCIENTIFIC COLLECTIONS: THE PALEONTOLOGICAL COLLECTIONS OF THE SOCIETAT D'HISTÒRIA NATURAL DE LES BALEARS (SHNB)

Guillem X. Pons[1] y Damià Vicens[2]

[1] Departament de Geografia, Universitat de les Illes Balears. Carretera de Valldemossa km 7,5. E-07122 Palma de Mallorca.
Grup de recerca BIOGEOMED. guillemx.pons@uib.es

[2] Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). Margarida Xirgu, 16, baixos. E-07011. Palma de Mallorca.

Resumen: La Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB) fue fundada el 1954, y con sede en Palma de Mallorca, cuenta con importantes colecciones paleontológicas históricas realizadas por naturalistas locales, algunas de ellas realizadas después de toda una vida de investigación y estudio. Se estima que la SHNB cuenta con más de 55.000 especímenes fósiles, de los cuales unos 33.500 están inventariados. La mayoría de los especímenes proceden de yacimientos de las Islas Baleares.

Palabras clave: Colecciones paleontológicas, Islas Baleares, SHNB.

Abstract: *The SHNB was founded in 1954, and located in Palma de Mallorca, has important historical paleontological collections made by local naturalists, some of them made after a lifetime of research and study. It is estimated that SHNB has more than 55,000 fossil specimens, of which about 33,500 are inventoried. Most of the specimens are from the Balearic Islands.*

Key words: *Balearic Islands, paleontological collections, SHNB.*

INTRODUCCIÓN

Los museos de ciencias naturales y la conservación de colecciones científicas es una actividad necesaria en cualquier comunidad científica que se precie. La conservación de colecciones paleontológicas históricas ayudan a comprender procesos la faunísticos de un determinado territorio.

Entre las asociaciones de las Islas Baleares que cuentan con una dilatada experiencia en la conservación de colecciones destaca la Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB), fundada el 1954 en Palma, es una entidad cultural no lucrativa, y que por su trayectoria fue declarada de utilidad pública por el Ministerio del Interior según la ORDEN INT/298/2007, de 29 de enero. Tiene como objetivos principales promover el conocimiento de la naturaleza desde diferentes perspectivas, participar en los movimientos conservacionistas

de las *Illes Balears* y promover la creación del *Museu de la Naturalesa de les Illes Balears* (http://www.shnb.org; Pons y Vicens, 2006). Bajo esta denominación, *Museu de la Naturalesa de les Illes Balears*, el conjunto de colecciones científicas fueron declaradas BIC (Bien de Interés Cultura) por el Consell de Mallorca (BOCAIB Núm. 55, de 1 de mayo de 1999) quien cuenta con las competencias museísticas de Mallorca.

Desde su inicio, la SHNB contó con colecciones procedentes de diferentes socios, si bien algunas de ellas son modestas, otras son un referente en el conocimiento, por ejemplo del Pleitoceno de las Islas Baleares. Un hecho importante para la recepción de colecciones fue la compra el 2004 de un local propio, mayor del que disponíamos en el *Estudi General Lul·lià* situado en el centro histórico de Palma. En este nuevo local, disponemos de unos armarios compactos con railes en donde hay una zona para colecciones naturalísticas y otra para libros y revistas.

En relación a los trabajos efectuados en las colecciones se han presentado diversas comunicaciones en varias Jornadas, por Pons y Vicens (2006), Pons *et al*. (2008a; 2008b), Vicens y Pons (2013), Vicens *et al*. (2008); sobre la presencia de determinados fósiles en las colecciones, por Vicens *et al*. (2009); sobre los fósiles del Cuaternario y los trabajos efectuados en las colecciones, en una tesis realizada por Vicens (2015).

LAS COLECCIONES PALEONTOLÓGICAS

La SHNB posee diferentes colecciones naturalísticas procedentes mayoritariamente de donaciones por parte de naturalistas locales y que contienen invertebrados actuales y fósiles, vertebrados taxidermizados, vertebrados fósiles, herbarios, arenotecas, etc. La gran mayoría de los especímenes proceden de las Islas Baleares, sin embargo también hay ejemplares procedentes de la Península Ibérica, las Islas Canarias y de diversas partes del mundo. Aparte de las aportaciones de naturalistas, también cuenta con los especímenes recogidos en una excavación paleontológica de una cueva mallorquina el año 2009 (Bover *et al*., 2008).

Las colecciones custodiadas por la SHNB mantienen el nombre del naturalista que dedicó tantas horas a tan ardua labor. En la actualidad cada colección paleontológica se halla en cajas de cartón enumeradas. Cada espécimen o conjunto de especímenes se hallan etiquetados y dentro de bolsas de plástico herméticas; a la par se ha ido efectuando una base de datos.

Las colecciones de la SHNB que tienen material paleontológico son la col. Joan Cuerda 1, col. Joan Cuerda 2, col. Gabriel Fornés, col. Ramón Galiana, col. Francesc Gràcia-Damià Vicens, col. Andreu Muntaner, col. Joan Pons, col. Josep Rosselló, col. La Salle-Palma y col. Damià Vicens.

Colección Joan Cuerda 1

Nutrida principalmente de fósiles marinos y terrestres del Cuaternario de las Islas Baleares. Los especímenes se hallaban originalmente en vitrinas y cajoneras en una habitación, en donde el cuaternarista Joan Cuerda los mostraba al público con una apasionada y magistral explicación derivada de toda una vida dedicada a la investigación del Cuaternario.

En una primera fase de catalogación se efectuaron 2.786 entradas de registros de fósiles marinos del Cuaternario, con 12.222 ejemplares (Pons *et al*., 2008b). En una segunda fase se registraron los moluscos terrestres fósiles dando 335 entradas de registro con 1750 especímenes (Vicens, 2015). Referente a vertebrados fósiles cuaternarios de Mallorca se estima que puede haber unas 170 entradas de registro con unos 250 especímenes. La mayoría de ejemplares fotografiados en las magistrales obras del Cuaternario de J. Cuerda publicadas en 1975 y 1987 proceden de esta colección (ver Cuerda 1975; 1987) (Figura 1).

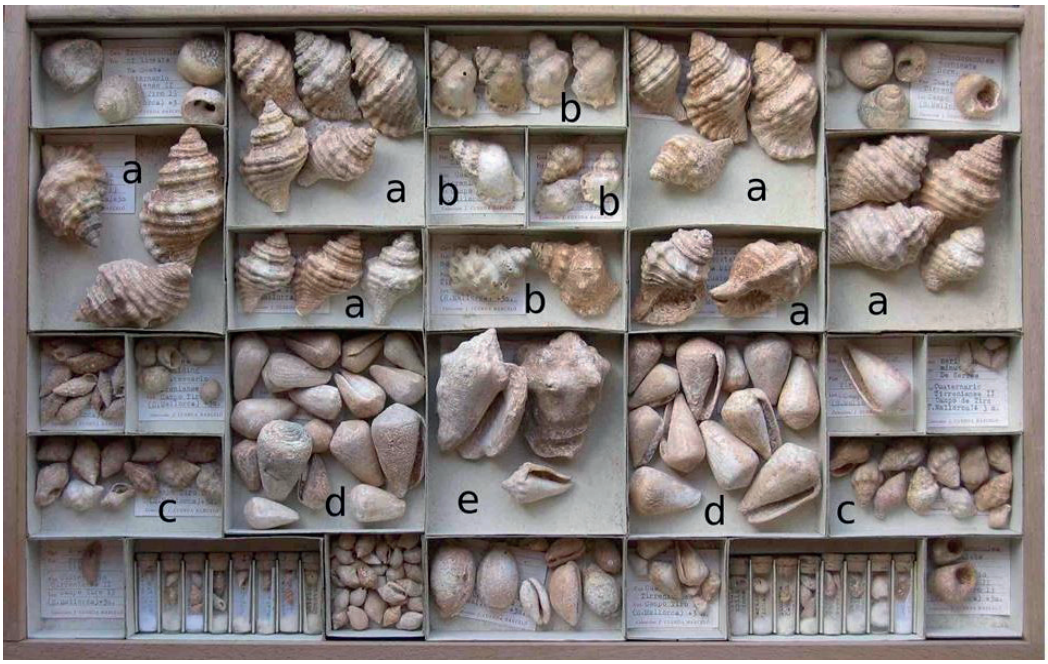


Figura 1. Fósiles de la Bahía de Palma (colección Joan Cuerda-SHNB) tal y como se encontraban en la colección original (Archivo SHNB). a- *Cymatium costatum*. b- *Bursa scrobiculator*. c- *Cantharus viverratus*. d- *Conus testudinarius*. e- *Strombus bubonius*.

Colección Joan Cuerda 2

Se trata de la colección almacenada y no catalogada que tenía J. Cuerda en cajas vacías de detergente. Vicens y Pons (2013a) presentaron un primer estado de la cuestión de la colección en unas Jornadas, y posteriormente Vicens (2015) concluye que se ha catalogado un 99% de la colección y que se han efectuado 1487 registros de entrada con 7849 especímenes. Unas 1200 entradas eran de fósiles del Cuaternario. En un 9% de entradas se desconocía la localidad de procedencia.

Colección Gabriel Fornés

Parcialmente catalogada, contiene especímenes marinos del Pleistoceno mallorquín. Se estima que puede haber unas 120 entradas de registro con unos 400 ejemplares (Vicens, 2015).

Colección Ramón Galiana

Importante colección de invertebrados marinos actuales procedentes de las Islas Baleares y del resto del mundo, así como de fósiles procedentes mayoritariamente de Mallorca, realizada por el naturalista Ramón Galiana. Los fósiles son del Secundario, Terciario y Cuaternario.

Es una colección que se trasladó a la sede de la SHNB en febrero de 2016 y hasta la fecha se han realizado tareas de etiquetado y colocación de especímenes en bolsas con cierre hermético; también se ha catalogado presumiblemente el 90 % del material del Cuaternario y se han obtenido unas 300 entradas de registro con unos 1000 ejemplares.

Es difícil estimar los fósiles que quedan sin catalogar y etiquetar, sin embargo viendo la colección se puede augurar que quedan más de 10.000 especímenes.

Colección F. Gràcia - D. Vicens

Modesta colección de fósiles marinos del Pleistoceno de Mallorca. Consta de 353 entradas de registro paleontológico con unos 1.610 ejemplares (Vicens, 2015). Este material ha servido a F. Gràcia, D. Vicens y J. Cuerda para publicar una serie de artículos entre 1988 y 1998.

Colección Andreu Muntaner

Colección que juntamente con la de J. Cuerda sirvieron para documentar las publicaciones de inicios de los años 50 del siglo pasado realizadas por A. Muntaner y J. Cuerda y que fueron pioneras en el Cuaternario marino español, dando como fruto a los pocos años, el 1957, un boletín de la SHNB monográfico que trataba del Cuaternario de la bahía de Palma (ver Cuerda 1957; Muntaner 1957).

En una primera fase de catalogación se han efectuado 1120 entradas de registros paleontológicas, que se corresponden con 4116 especímenes. Del Cuaternario hay 3218 especímenes, del Terciario 471, del Secundario 70 y sin especificar la cronología 372 (Vicens *et al*., 2008). La mayoría de localidades son de Mallorca. Queda por catalogar material del Secundario y del Terciario que probablemente superen las 300 entradas de registro y 2000 especímenes.

Colección Joan Pons

Constituida por moluscos actuales del mar balear y del resto del mundo y una parte paleontológica constituida por vertebrados endémicos del Pleistoceno balear. Entre los vertebrados hay catalogados cerca de 2.000 entradas.

Colección Josep Rosselló

Colección modesta que consta de 537 ítems de especímenes procedentes de yacimientos mallorquines, la mayoría de los cuales son ammonites del Secundario procedentes de la zona central de Mallorca (Morey y Pons, 2008).

Colección La Salle-Palma

Colección que posee una gran variedad de grupos taxonómicos, tanto actuales como fósiles. En la base de datos hay 2505 entradas de registro con 8147 especímenes (Pons *et al*., 2008a). Para la formación de la colección participaron más de 350 personas y por eso hay ejemplares procedentes de todos los continentes, si bien los procedentes de España son unos 2/3 del total, y de estos la mitad son de las Islas Baleares.

Referente a los registros paleontológicos, hay unos 1.500 con unos 6000 especímenes. Cabe destacar el ejemplar tipo de *Myotragus batei* y los especímenes de vertebrados fósiles de Teruel recogidos por el Dr. Rafel Adrover para la realización de su tesis.

Colección Damià Vicens

Colección no catalogada en su totalidad. Posee material del Secundario, Terciario, Cuaternario y actual de Mallorca. Del Cuaternario hay 2.500 entradas de registro con unos 8.000 especímenes fósiles entre los marinos y terrestres (Vicens, 2015).

A diferencia de otras colecciones, una proporción elevada de los especímenes se halla en estado fragmentario y posee material de la bahía de Pollença y de la bahía de Alcudia no presentes en otras colecciones.

Materiales procedentes de una excavación paleontológica

El 2009 se realizó una excavación paleontológica de urgencia en la *cova des Coral·loides* (Calvià, Mallorca). La cantidad de material es escaso, sin embargo es interesante por los huesos que proceden de un solo individuo de *Myotragus balearicus* y por un cráneo de *Hypnomys morpheus* en excelente estado de conservación (Bover *et al*., 2013). En total se catalogaron unos 300 huesos.

CONCLUSIONES

La SHNB cuenta con importantes colecciones paleontológicas históricas, especialmente la col. J. Cuerda, col. A. Muntaner y la col. J. Rosselló. La primera constituida en el primer tercio del s. XX y las dos siguientes se iniciaron a finales de la década de los 40 del siglo XX. Todas han dado lugar a artículos en revistas científicas.

También posee otras colecciones históricas que parte no despreciable de su material es paleontológico, es el caso de la col. R. Galiana, la col. J. Pons y la col. La Salle-Palma (Tabla 1).

Colecciones SHNB	**Fósiles**	
	RP	**NS**
Col. Joan Cuerda 1	3291	14222
Col. Joan Cuerda 2	1487	7849
Col. Gabriel Fornés	120	400
Col. Ramón Galiana	3000	10000
Col. Andreu Muntaner	1120	4116
Col. Joan Pons	2000	2500
Col. Josep Rosselló	537	537
Col. La Salle-Palma	1500	6000
Col. Damià Vicens	2500	8000
Col. Gràcia-Vicens	350	1600
TOTAL	**15905**	**55224**

Tabla 1. Estimación de los registros paleontológicos en les colecciones de la *Societat d'Història Natural de les Balears* (RP) y número de especímenes (NS).

Por último la SHNB posee unas colecciones de creación más reciente, que sería el caso de la col. F. Gràcia - D. Vicens, la col. D. Vicens y presumiblemente la col. G. Fornés, aunque en alguna de ellas hay materiales recogidos en la década de los 70 del siglo pasado.

La col. Cuerda, la Salle-Palma, la col. J. Rosselló, y la col. F. Gracia - D. Vicens están inventariadas, con sus especímenes etiquetadas y dispuestas en cajas de cartón enumeradas; las col. A. Muntaner, col. D. Vicens están mayormente inventariadas etiquetadas y dispuestas en cajas de cartón, faltando una parte para catalogar; la col. G. Fornés solo tiene catalogados y etiquetados los fósiles procedentes de Palma, faltando la catalogación del resto de la colección; la col. R. Galiana tiene catalogados y etiquetados casi la totalidad de los fósiles del Cuaternario, quedando por catalogar los fósiles del Secundario y del Terciario.

Si hacemos un recuento por edades, veremos que la mayoría de fósiles son de una cronología cuaternaria, en concreto del Pleistoceno superior, ello es debido a que J. Cuerda, A. Muntaner, F. Gràcia, y D. Vicens han centrado sus investigaciones en el Cuaternario, y es por ello que en sus colecciones hay mayoritariamente fósiles de esta edad. Según Vicens (2015) el 99% de los ejemplares procede de yacimientos de la isla de Mallorca.

REFERENCIAS

Bover, P., Ginard, A., Crespí, D., Pons, G. X. y Vicens, D. 2013. Els fòssils de vertebrats pleistocens procedents de la cova des Coral·loides de la serra de na Burguesa al MNIB-SHNB. *En:* Pons, G. X., Ginard, A. y Vicens, D. (eds.). *VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. SHNB. Palma, 450-451.

Cuerda, J. 1957. Fauna marina del Tirreniense de la Bahía de Palma (Mallorca). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 3: 3-76.

Cuerda, J. 1975. *Los tiempos Cuaternarios en Baleares*. Institut d'Estudis Baleàrics. Palma, 304 pp.

Cuerda, J. 1987. *Moluscos marinos y Salobres del Pleistoceno balear.* Caja de Baleares " Sa Nostra ". Palma, 420 pp.

Morey, B. y Pons G. X. 2008. La col·lecció paleontològica Josep Rosselló i Ordines (MNIB-SHNB). *En:* Pons, G. X. (ed.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. SHNB. Palma. 443-444.

Muntaner, A. 1957. Las formaciones cuaternarias de la Bahia de Palma. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 3: 77-126.

Pons, G. X. y Vicens, D. 2006. Cinquanta anys d'estudi i divulgació de la natura de la Societat d'Història Natural de les Balears (1954-2004). *Actes de la VIII trobada d'Història de la Ciència i de la Tècnica*. SCHCT. Barcelona, 379-389.

Pons, G. X., Mir, X., Ramis, D., Sans, C. y Vicens, D. 2008a. La col·lecció La Salle depositada a la Societat d'Història Natural de les Balears. *En:* Pons, G. X. (ed.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. SHNB. Palma, 437-442.

Pons, G. X., Vicens, D., Ramis, D., Gràcia, F., Llobera, M., Socias, M., Grau, A. M., Moragues, Ll., Balaguer, P. y Torres A. 2008b. La col·lecció paleontològica de Joan Cuerda Barceló (MNIB-SHNB). Mol·luscs marins quaternaris. *En:* Pons, G. X. (ed.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. SHNB. Palma, 425-428.

SHNB. Societat d'Història Natural de les Balears, 19/01/2017, http://www.shnb.org

Vicens, D. 2015. *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a l'Illa de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occcidental)*. Tesis Doctoral. Universitat de les Illes Balears, 985 pp.

Vicens, D. y Pons, G. X. 2013. La col·lecció no catalogada de Joan Cuerda Barceló. Inici de la seva catalogació a la SHN. *En:* Pons, G. X., Ginard, A., y Vicens, D. (eds.). *VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. SHNB. Palma, 452.

Vicens, D., Pons, G. X. y Mir, X. 2008. La col·lecció paleontològica Andreu Muntaner Darder (MNIB-SHNB). *En:* Pons, G. X. (ed.). *V Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Soc. Hist. Nat. Balears, 429-436.

Vicens, D., Pons, G. X., Quintana, J. y Escalante, F. 2009. Fossil elasmobranches of the Balearic Island on scientific collection of Menorca and Mallorca. *En*: Morey, G., Yuste, L. y Pons, G.X. (eds). *Book of abstracts of the 13th European Elasmobrach Association*. SHNB. Palma, 13-14.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

ES CARNATGE (BAHÍA DE PALMA, MALLORCA) COMO YACIMIENTO DE ALTO VALOR DIDÁCTICO Y PUNTO DE INTERÉS GEOLÓGICO

ES CARNATGE (PALMA BY, MALLORCA) AS A HIGH EDUCATIONAL VALUE AND A GEOLOGICAL POINT OF INTEREST

Damià Vicens[1,2] y Guillem X. Pons[1,2]

[1] Departament de Geografia, Universitat de les Illes Balears. Carretera de Valldemossa km 7,5. E-07122 Palma de Mallorca. Grup de recerca BIOGEOMED. guillemx.pons@uib.es

[2] Societat d'Història Natural de les Balears (SHNB). Margarida Xirgu, 16, baixos. E-07011. Palma de Mallorca

Resumen: El yacimiento cuaternario de Es Carnatge, situado en el litoral de Palma (Mallorca), posee un elevado interés científico. Sus características geológicas y paleontológicas, su fácil acceso y proximidad a la capital, han hecho de esta zona un punto de elevado interés didáctico. No hay curso o congreso que abarque el Cuaternario que no tenga una parada obligada en la zona.

Palabras clave: Cuaternario, Es Carnatge, interés científico, interés didáctico, Palma de Mallorca.

Abstract: *The Quaternary site of Es Carnatge (Palma de Mallorca) is one of the areas of more scientific interest. Its easy access and proximity to Palma have made this area a point of high educational interest. All courses and congress about the quaternary have a mandatory stop in this area.*

Key words: *Didactic interest, Es Carnatge, Palma de Mallorca, Quaternary, scientific interest.*

INTRODUCCIÓN

La bahía de Palma conserva toda una serie de yacimientos del Pleistoceno superior. Es Carnatge se encuentra situado en la barriada del Coll d'en Rabassa (Palma de Mallorca); ocupa una superficie de 8,78 ha, de las cuales 4,18 están consideradas como Área Natural de Especial Interés (ANEI). Se trata del tramo de costa sin urbanizar de mayor extensión en el término municipal de Palma. Tiene una altitud media sobre el nivel del mar de 6 metros.

Este enclave costero presenta un escalón rocoso de escasa altura que, junto con las playas fósiles de origen cuaternario (Pleistoceno superior), configura un conjunto litoral de gran valor.

Es Carnatge agrupa un conjunto de localidades los cuales aparecen en diferentes trabajos que hacen referencia al Pleistoceno superior: el Campo de Tiro, la Pineda, Son Mosson, etc.

La mayor parte de Es Carnatge se corresponde con eolianitas, conformando una costa rocosa baja. No obstante, en algunos puntos se encuentran pequeñas zonas arenosas, como cala Pudent. La presencia de dunas fósiles ha posibilitado la extracción de marés en pequeñas canteras de explotación familiar.

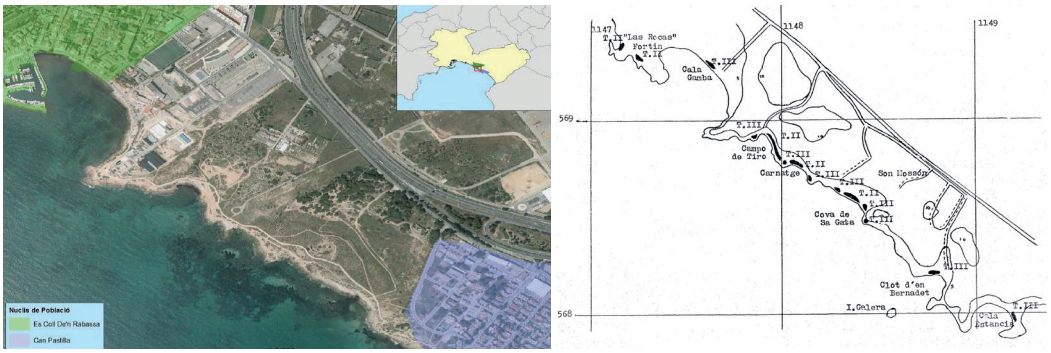


Figura 1. Izquierda. Fotografía aérea de la zona ANEI de Es Carnatge. Derecha. Mapa de situación de los yacimientos entre ses Roques y cala Estància (Palma), según Cuerda (1979).

EL VALOR DIDÁCTICO DE ES CARNATGE

En la década de los cincuenta de siglo XX, a partir de los trabajos de Cuerda y Muntaner, los yacimientos de la bahía de Palma son los mejor conocidos de las costas mediterráneas españolas (Porta, 1956).

El 1956, el INQUA realiza una excursión a la zona de entre cala Gamba y es Carnatge, y a partir de entonces no hay congreso o excursión relacionada con el Pleistoceno que no visite este punto de interés geológico.

El valor científico ha quedado más que demostrado con numerosos trabajos que tratan de la zona, en cambio a penas se comenta su elevado valor didáctico.

Actualmente es muy frecuentada pues cuenta con un paseo litoral que conecta Cala Gamba con Cala Estància.

Es Carnatge: sus cortes estratrigráficos y el registro fósil

Este yacimiento, junto al vecino de cala Pudent, serían los más conocidos de les Illes Balears. Citados inicialmente por Cuerda y Muntaner (1952), sin embargo los primeros cortes estratigráficos aparece en Muntaner (1957). Pocos años después Solé-Sabarís (1962) en un trabajo del Cuaternario de las Islas Baleares realiza cortes de esta localidad.

Cuerda (1975) en su magistral obra, son sin duda alguna, los yacimientos de referencia del Pleistoceno superior balear, no solo por su clara estratigrafía, sino también por el excelente registro fósil. A partir de entonces, en las publicaciones aparece un mayor número de veces el yacimiento de es Carnatge que el de cala Pudent, por presentar un nivel con fósiles del Eutyrreniense (=MIS 5e) y otro del Neotirreniense (=MIS 5a).

Los cortes de es Carnatge, siguiendo una cronología histórica, se hallan en Fornós et al., (2012) y Vicens (2015) (Figura 4). En la figura se pueden obsevar los cortes realizados desde 1957 hasta la actualidad, a excepción del corte realizado por Morey (2008), que se alejaba mucho de todos los cortes realizados por otros autores, y el de Vicens et al (2012) que era igual al de Hearty (1987).

Valores relacionados con la geología y paleontología de Es Carnatge

En Es Carnatge se pueden explicar los principios básicos de la estratigrafía, varias litologías de materiales, así como la distinta génesis de las rocas sedimentarias presentes.

El mero hecho de observar los cortes realizados por distintos investigadores y su interpretación ya presenta en si una utilidad didáctica de primer orden.

Referente a la cronoestratigrafía se ha utilizado la cronología relativa por los investigadores pioneros y más recientemente la absoluta, como ejemplo el trabajo de Hillaire-Marcel *et al.*, (1996) en donde utilizan el método cronológico del uranio.

La paleogeografía se puede introducir explicando que en la formación de las eolianitas el mar estaba más bajo que el actual nivel y que las playas pleistocenas se formaron cuando el mar estaba un poco por encima del actual.

Para entender la distribución actual de las especies es importante recurrir a la paleobiogeografia y saber su distribución en el pasado. En Es Carnatge hay fósiles que proceden de especies que actualmente no viven en el Mediterráneo, y su área actual biogeográfica se corresponde con una zona subtropical y tropical del litoral africano atlántico.

Los fósiles marinos presentes dan información de los distintos paleoambientes pleistocenos del mar balear, y los terrestres, del ambiente insular. Son buenos indicadores paleoclimáticos.

En Es Carnatge se pueden observar diferentes evidencias geomorfológicas glacieustáticas, entre ellas plataformas y cuevas de abrasión marinas.

La antigua actividad minera de extracción de sillares para la construcción está reflejado en las canteras que hay en las eolianitas de toda la zona.



Figura 2. Es Carnatge. Vista general del yacimiento denominado *Campo de Tiro2* por Muntaner (1957) y Cuerda (1957). En primer término la playa superior del MIS 5e. Derecha. Es Carnatge. U2- Playa del MIS 5e. U3- Bloques cementados adosados a los niveles del MIS 5e, U1 i U2. U4- Playa del MIS 5a.



Figura 3. Excursión del *V congreso del INQUA*, el 1956 en la zona cala Pudent-es Carnatge. A la derecha Guillem X. Pons explicando a los asistentes de un curso del Centro de Profesores y Recursos de Inca (Mallorca), la geomorfología de la zona de cala Pudent. (2005).

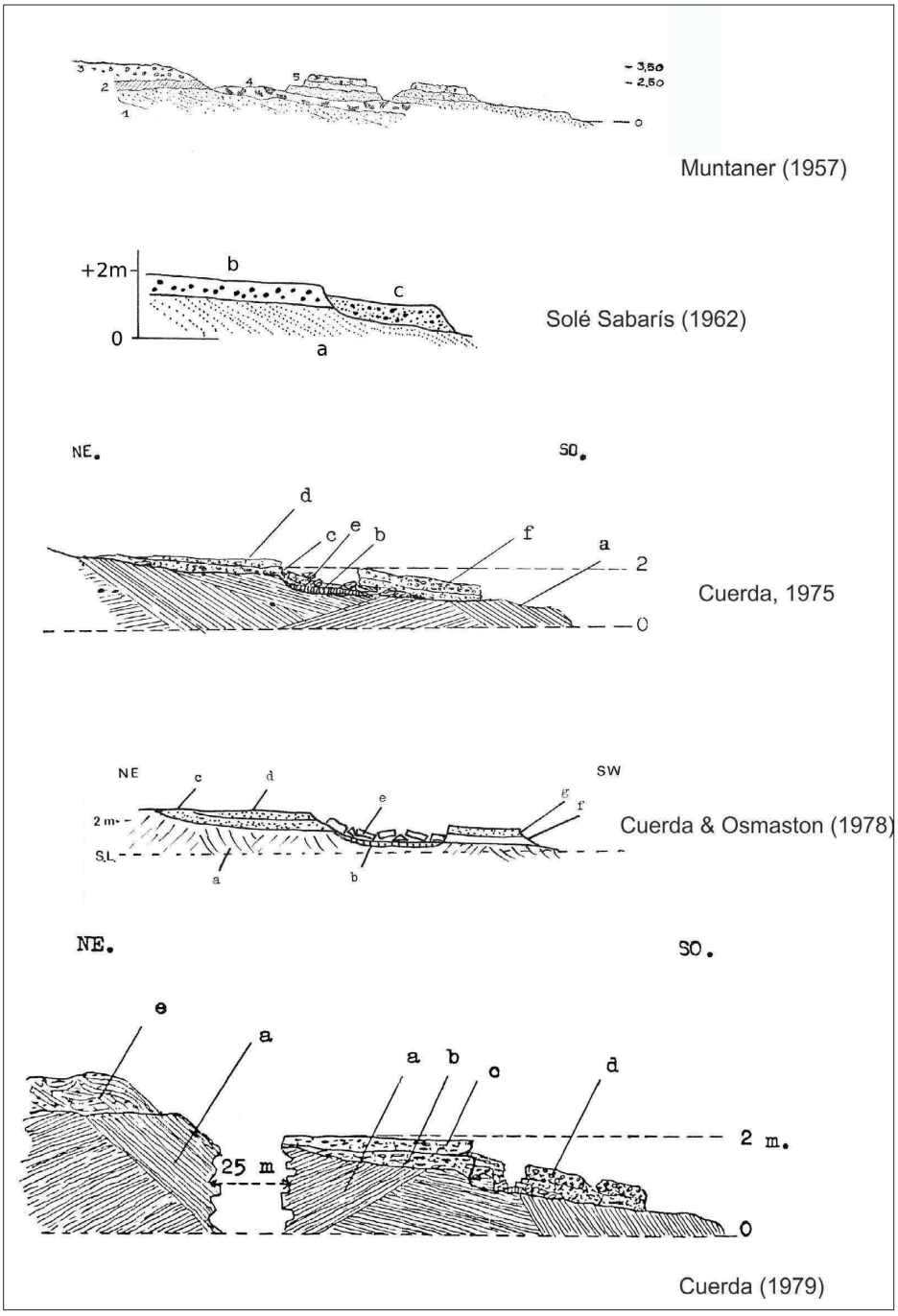
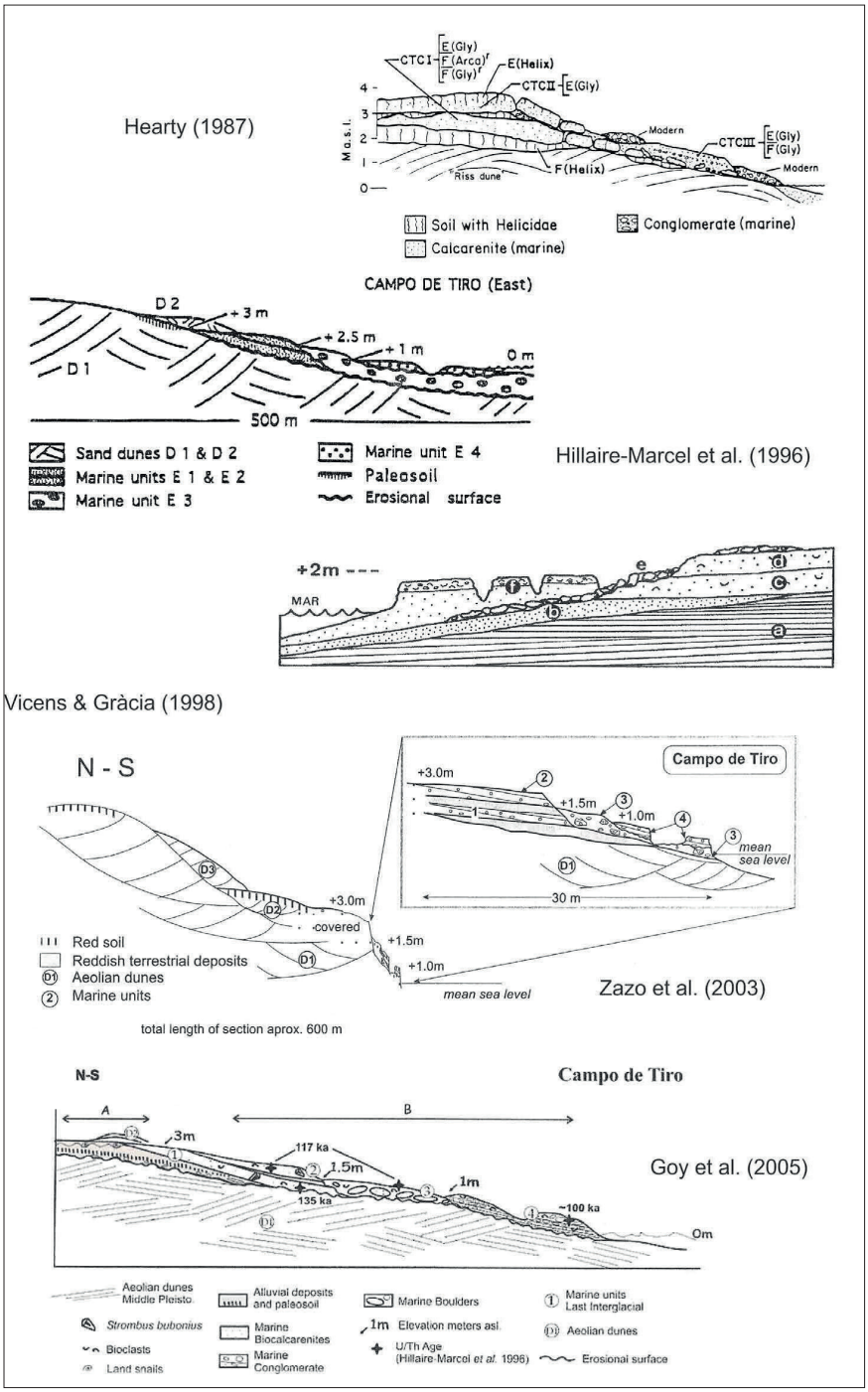


Figura 4. En esta y la siguiente página diferentes cortes estratigráficos de Es Carnatge.


Hearty (1987)
CTC I
E(Gly)
F(Arca)
F(Gly)
E(Helix)
CTC II
E(Gly)
M a.s.l.
4
3
2
1
0
Modern
CTC III
E(Gly)
F(Gly)
Modern
Riss dune
F(Helix)
Soil with Helicidae
Conglomerate (marine)
Calcarenite (marine)
CAMPO DE TIRO (East)
D 2
+ 3 m
+ 2.5 m
+ 1 m
0 m
D 1
500 m
Sand dunes D 1 & D 2
Marine units E 1 & E 2
Marine unit E 3
Marine unit E 4
Paleosoil
Erosional surface
Hillaire-Marcel et al. (1996)
+2m
MAR
Vicens & Gràcia (1998)
N - S
Campo de Tiro
+3.0m
+1.5m
+1.0m
mean sea level
30 m
D3
D2
D1
covered
Red soil
Reddish terrestrial deposits
Aeolian dunes
Marine units
Zazo et al. (2003)
total length of section aprox. 600 m
N-S
Campo de Tiro
A
B
3m
117 ka
1.5m
1m
135 ka
~100 ka
0m
Aeolian dunes Middle Pleisto.
Strombus bubonius
Bioclasts
Land snails
Alluvial deposits and paleosoil
Marine Biocalcarenites
Marine Conglomerate
Marine Boulders
1m Elevation meters asl.
U/Th Age (Hillaire-Marcel et al. 1996)
Marine units Last Interglacial
Aeolian dunes
Erosional surface
Goy et al. (2005)

REFERENCIAS

Cuerda, J. 1975. *Los tiempos Cuaternarios en Baleares*. Inst. Est. Bal. Palma, 304 pp.

Cuerda, J. 1979. Formaciones cuaternarias de la Bahía de Palma. *Guía a la excursión nº 4 del VI Coloquio de Geografía*. Palma, 22 pp.

Cuerda, J. y Osmaston H. A. 1978. Quaternary deposits in the central part of the Bay of Palma. En: Rose, J. (ed.) *The Quaternary of Mallorca*. Quaternary Research Association-Field Meeting Guide, 61-71.

Fornós, J. J., Ginés, A., Ginés, J., Gomez-Pujol, L., Gràcia, F.; Merino, A., Onac, B.P., Tuccimei, P. y Vicens, D. 2012. Upper Pleistocene deposits and karst features in the littoral landscape of Mallorca Island (Western Mrditerranean): a fiel trip. En: Ginés, A., Ginés, J., Gomez-Pujol, L., Onac, B.P. y Fornós, J. J. *Mallorca: a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18, 163-220.

Goy, J. L., Zazo, C., Hillaire-Marcel, Cl., Cabero, A., Bardají, T., Bassam, G., Silva, P. G., González-Hernández, F. M., 2005. Stop 1.3 Campo de Tiro (b) En: Silva, P. G., Goy, J. L., Zazo, C., Jiménez, J., Fornós, J., Cabero, A., Bardají, T., Mateos, R., González-Hernández, F. M., Hillaire-Marcel, C., Bassam, G., Mallorca Island: Geomorphological Evolution and Neotectonics". En: Desir, G., Gutiérrez, F. and Gutiérrez, M. (eds.), Field Trip Guide Book*, Sixth International Conference on Geomorphology*, Zaragoza, Spain, 6-8.

Hearty. P. J. 1987. New Data on the Pleistocene of Mallorca. *Quaternary Sciences Reviews*, 6, 245-257.

Hillaire-Marcel, Cl., Gariepy, C., Ghaleb, B., Goy, J. L., Zazo, C. y Cuerda, J. 1996. U-Series measurements in tyrrhenian deposits from Mallorca further evidence for two last-Interglacial high sea levels in the Balearic Islands. *Quaternary Sc. Reviews*, 15, 53-62.

Morey, B. 2008. *El patrimoni paleontològic del Pleistocè superior marí de Mallorca. Catalogació, caracterització, valoració. Propostes de gestió i conservació*. Memòria d'Investigació. Universitat de les Illes Balears. Dep. Ciències de la Terra, 288 pp. (Inédito).

Muntaner, A. 1957. Las formaciones cuaternarias de la Bahia de Palma. *Boll. Soc. Hist. Nat. Balears*, 3, 77-126.

Solé Sabaris, L. 1962. Le Quaternaire marin des Baleares et ses rapports avec les côtes mediterranéenes de la Peninsule Iberique. *Quaternaria*, 6, 309-342.

Vicens, D. 2015. *El registre paleontològic dels dipòsits litorals quaternaris a l'Illa de Mallorca (Illes Balears, Mediterrània occcidental)*. Tesi Doctoral. UIB, 985 pp.

Vicens, D. y Gracia, F. 1998. Aspectes paleontològics i estratigràfics del Plistocè superior de Mallorca. En: Fornós J. J. (ed.), *Aspectes geològics de les Balears*, UIB. Palma, 191-220.

Vicens, D., Gràcia, F. y Ginés, A. 2012. Quaternary beach deposits in Mallorca: paleontological and geomorphological data. En: Ginés, A., Ginés, J., Gomez-Pujol, L., Onac, B.P. y Fornós, J. J. *Mallorca: a Mediterranean Benchmark for Quaternary Studies*. Mon. Soc. Hist. Nat. Balears, 18, 55-84.

Zazo, C., Goy, J. L., Dabrio, C. J., Bardaji, T., Hillaire-Marcel, C., Ghaleb, B., Gonzalez-Delgado, J. A. y Soler, V. 2003. Pleistocene raised marine terraces of the Spanish Mediterranean and Atlantic coasts: records of coastal uplift, sea-level highstands and climate changes. *Marine Geology*, 194, 103-133.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

OUTSTANDING TECTONIC STRUCTURES NEXT TO THE OLD PATHWAY TO CAP DE CREUS. GEOCONSERVATION PLAN

ESTRUCTURAS TECTÓNICAS EXCEPCIONALES CERCA DEL CAMINO ANTIGUO AL CAP DE CREUS. PLAN DE GEOCONSERVACIÓN

E. Druguet[1], J. Carreras[2] and M. Davy[3]

[1] Departament de Geologia, Universitat Autònoma de Barcelona, Campus de Bellaterra, 08193 Bellaterra, Barcelona. elena.druguet@uab.cat

[2] C/ Sa Tórtora 8, 17488 Cadaqués, Girona. jordicarreras@me.com

[3] C/ Rossend Arús 22, 08014 Barcelona. m.davy.b@gmail.com

Abstract: In the Cap de Creus Natural Park, close to the old road to Cap de Creus and Cala Bona, there is an impressive outcrop which shows a set of deformation structures typical from mid and deep crustal levels. These are folds, cleavages and brittle-ductile shear zones affecting a metasedimentary sequence. We describe these structures and correlate them with the late-Variscan tectonic, metamorphic and hydrothermal events in Cap de Creus. The outcrop has interest at a range of levels, from geoeducational at primary school up to scientific in the fields of structural geology and metamorphic petrology. Taking into account the great geostructural value of the site and its location in the Natural Park next to a visitor's pathway, a project of adequacy, conservation and communication of its geological heritage has been planned.

Key words: Cap de Creus, fold, geoconservation, metamorphic rock, shear zone.

Resumen: *En el Parque Natural de Cap de Creus, cerca del camino antiguo al Cap de Creus y de Cala Bona, existe un afloramiento espectacular de un conjunto de estructuras típicas de niveles corticales medios y profundos. Se trata de pliegues, clivajes y zonas de cizalla frágiles-dúctiles que afectan a una secuencia metasedimentaria. En este trabajo se describen dichas estructuras y se correlacionan con los episodios tectónicos, metamórficos e hidrotermales tardi-variscos en el Cap de Creus. El afloramiento presenta un amplio rango de niveles de interés, desde geoeducativo a nivel de enseñanza primaria, hasta científico en los campos de la geología estructural y la petrología metamórfica. Teniendo en cuenta el elevado valor geoestructural del sitio y su localización en el Parc Natural junto a un sendero muy concurrido por visitantes, se ha planificado un proyecto de adecuación, conservación y divulgación de su patrimonio geológico.*

Palabras clave: *Cap de Creus, geoconservación, pliegue, roca metamórfica, zona de cizalla.*

INTRODUCTION

Foliations, folds and shear zones are the most common tectonic structures developed at mid- to deep-crustal domains. The study of these structures is crucial to understand the geological conditions of deformation

and the tectonic evolution of orogenic belts. Moreover, the detailed analysis of foliations, folds and shear zones can provide quantitative parameters of deformation processes (Ramsay and Huber, 1987; Passchier and Trouw, 1996; Fossen 2010). Folds and shear zones are often spatially and timely related (Carreras *et al.*, 2005).

The Cap de Creus peninsula in the Variscan basement of the Eastern Pyrenees constitutes one of the world's best exposures of cristalline rocks displaying ductile deformation structures (Carreras and Druguet, 1997, 2013). It has become a key reference area for shear zones (Carreras, 2001) and also represents a clear example of metamorphic and magmatic activity associated with transpressional deformation (Druguet, 2001).

An outstanding outcrop of deformed metasedimentary rocks is present at the NW slope of Cala Bona, just on the south side of the old road from Cadaqués to Cap de Creus (Figure 1). The outcrop is located in the Cap de Creus Natural Park within the area of maximum protection or Integral Nature Reserve. The main values of the area are geological and geomorphological. In addition, the outcrop is included in Geozone 162 of the Inventory of Areas of Geological Interest of Catalonia (Druguet and Carreras, 2004). Because of its splendid landscape, the area attracts a growing number of tourists and hikers who pass by the outcrop on their way to Cap de Creus. The aim of this work is to account for the geological values of the outcrop and to promote it through a geoconservation plan.

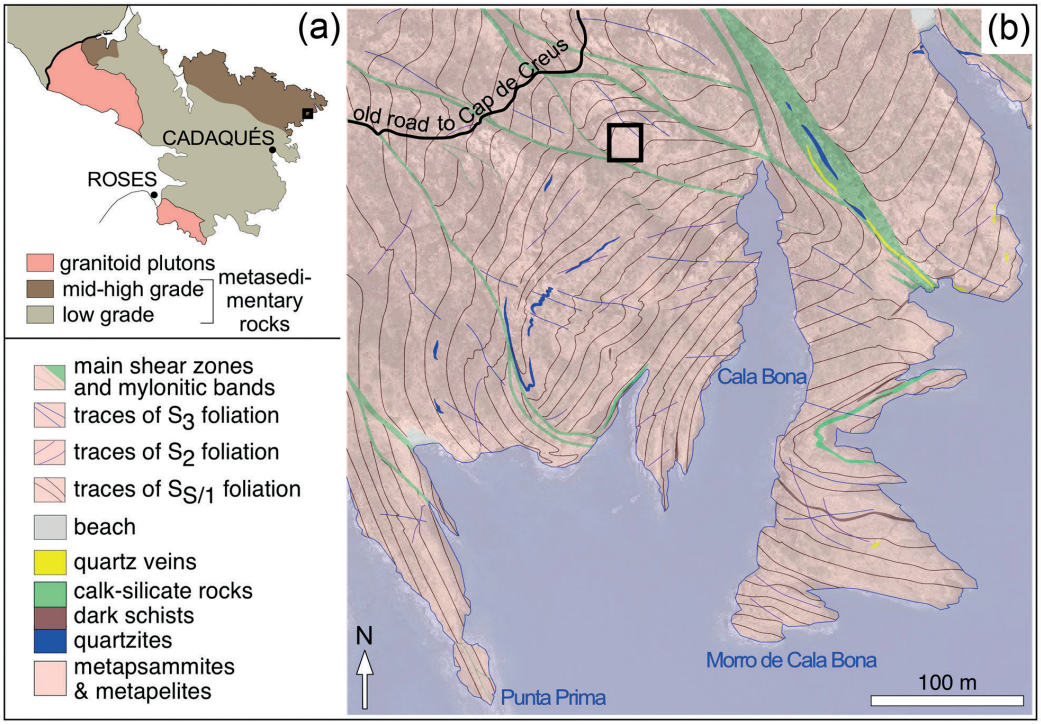


Figure 1. Geological setting of the studied outcrop. (a) Geological sketch of the Cap de Creus peninsula with location of the Cala Bona area in the NE of the peninsula. (b) Structural map of the Cala Bona area with location of the studied outcrop (rectangle).

GEOSTRUCTURAL INTEREST

The studied outcrop (35m^2) corresponds to a schistose domain affected by amphibolite facies metamorphism (cordierite-andalusite zone). The metasedimentary sequence consists of a cm/dm alternance of metapsammites and metapelites with minor intercalations of plagioclase-amphibole rocks and quartz veins. This multilayered sequence shows the effects of Variscan polyphase deformation, especially D_1 and D_3 deformation events (Figure 2). D_1 was responsible for the development of a penetrative steep foliation which is sub-parallel to bedding ($S_{S/1}$), whereas D_3 was characterized by folding and crenulation of $S_{S/1}$ and localization of the famous shear zones and mylonitic bands developed at greenschists facies retrograding conditions (Carreras, 2001). Rocks from the outcrop correspond to the northern limb of a E-W hectometric D_3 fold with sub-vertical axis (Cala Bona fold) and it is surrounded by an anastomosing network of NW-SE trending shear zones (Druguet, 1997; Druguet and Carreras, 2004; Figure 1).



Figure 2. Photograph of the central and most interesting part of the outcrop showing the folded and sheared metasedimentary sequence.

A closer view at the outcrop reveals a variety of structures which reflect that D_3 deformation was differently accommodated by the various lithologies (Figure 2). That is, there is a rheological control on deformation style and type of structures. The most competent layers (plagioclase-amphibole rocks and quartz veins) are quasi-concentrically folded and may display boudinaged limbs (Figure 3a), whereas the incompetent metapelites or mica-schists are strongly crenulated and display local ductile shears (Figs. 2, 3a, 3b). The more abundant metapsammites show an intermediate rheological behaviour, developing hybrid brittle-ductile shear zones localized in the short limbs of cm-dm folds (Figure 2 and 3c).

The presence of alteration bands localized along fold axial planes and brittle-ductile shear zones is a striking feature particular of this outcrop (Figure 2 and 3c). Such alteration bands are very conspicuous because of their lighter colour compared to the darker unaltered schists. This corresponds to a mineral compositional change (retrogression of biotite to chlorite-muscovite aggregates). The altered schists are also quartz-depleted. Our preliminary microstructural analysis shows evidence of fluid flow and pressure-solution processes acting along these bands during D_3 deformation. Such fluid flow would likely have enhanced brittle fracturing of metasedimentary rocks (Figure 3c).

Apart from these specific structural aspects which are object of ongoing tectonic interpretation, the outcrop allows non-specialists to recognize a wide set of fundamental geological features. It is an ideal place to observe and photography a variety of metamorphic minerals and rocks, and nicely exposed folds, fractures and shear zones.

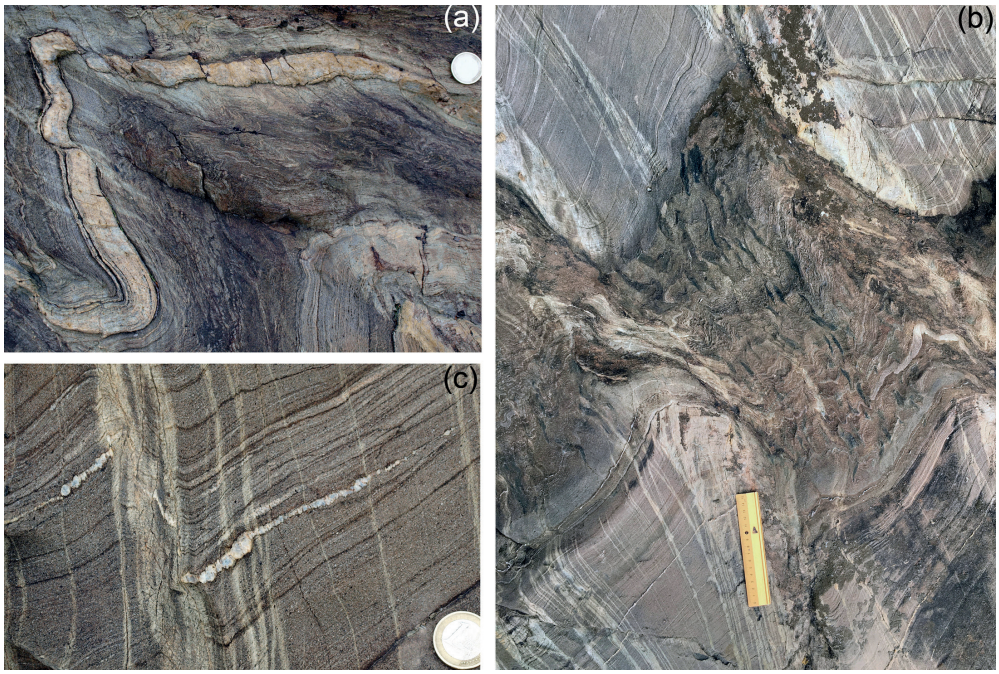


Figure 3. (a) Contrasting folds and boudins in plagioclase-amphibole rocks and crenulations in metapelites. (b) Strongly ductily deformed (crenulated and sheared) metapelitic layer which has adopted a rhomboidal shape. The darker lenses are stretched cordierite porphyroblasts. (c) Detail of a dextral brittle-ductile shear zone affecting a metapsammitic layer. The lighter zones correspond to alteration bands sub-parallel to the shears. Dextral displacement is marked by the small quartz vein in the center.

GEOCONSERVATION AND DISCLOSURE PLAN

With the aim of promoting conservation of this site, we have designed a management plan. This includes allowing access from the path, signage, adapting the site for visitors and placing a explanatory panel with geological information.

Access to the outcrop would be facilitated by opening a 50 m long narrow path from the main pathway to Cap de Creus. A signpost would be placed at the junction point and additional smaller marks would indicate the way to the outcrop as indicated in Figure 4a.

A rectangular fence surrounding the outcrop could be built in order to mark the site and to dissuade visitors from passing into the outcrop (Figure 4). This fence would not hinder viewing and photographing the outcrop structures from different angles (Figure 4c).

Finally, an information panel would be placed next to the outcrop fence. The panel could be about 150 cm long and 90 cm wide and would display the basic information about the exposed geological structures (Figure 5). The panel would include text (ideally in Catalan, Spanish and English) and illustrations aimed to engage the visitor's interest on the geological site. The panel we have outlined emphasizes the relatively old age of the observed rocks and includes two main sections. One section highlights the variety of metamorphic rocks that can be observed and the other section contextualizes the deformation structures (folds, fractures and shear zones) in a global plate tectonics setting during the Variscan orogeny.

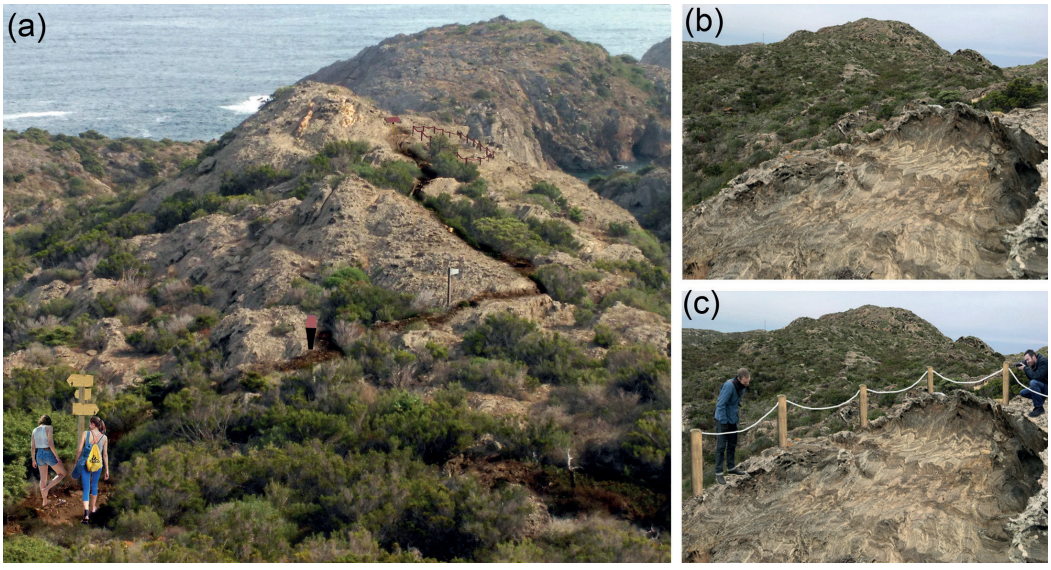


Figure 4. (a) Virtual photographic model of the access and signage to the outcrop. (b) Panoramic view of the current state of the outcrop. (c) Virtual photography of the planned protection of the outcrop.

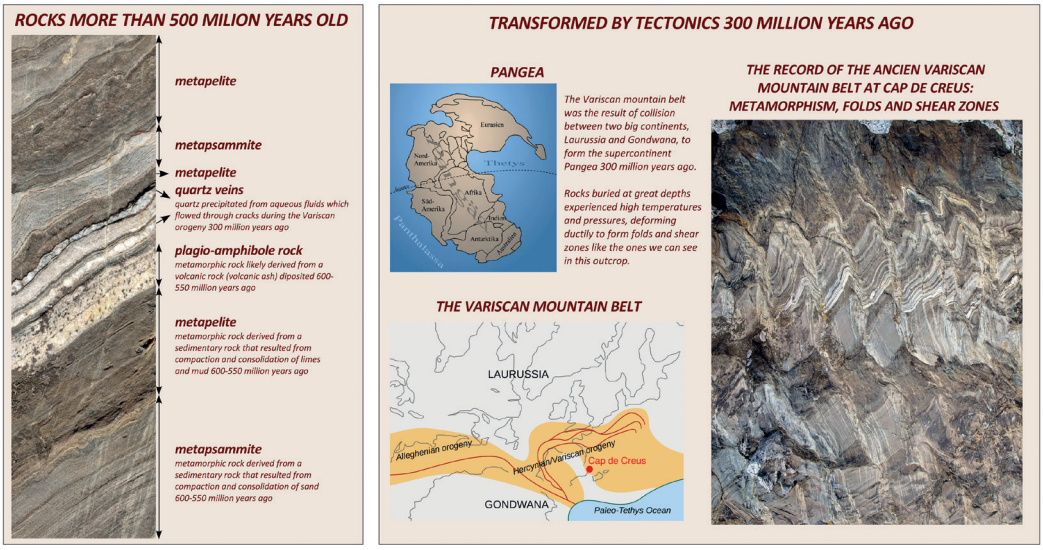


Figure 5. Example of explanatory panel that could be placed next to the outcrop. Map of Pangea was taken from Ziegler (1990) and the sketch of the Variscan belt was modified from Matte (2001).

CONCLUSIONS

The outcrop next to the old pathway to Cap de Creus is an outstanding example of deformation structures developed in banded metamorphic rocks. These are folds, cleavages, brittle-ductile shear zones and alteration bands which formed during the latest episode of the Variscan orogeny. The outcrop has interest at a wide range of levels, from geoeducational (general public and primary and secondary school), to graduate level, up to scientific research in the fields of structural geology and metamorphic petrology.

Taking into account the great geostructural value of the outcrop and its location in the Natural Park next to a visitor's pathway, a project of adequacy, conservation and communication of its geological heritage has been planned. The project would be technically feasible by the managing team of the Natural Park and would represent a significant improvement in rising awareness and promoting the geological heritage of the Park.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are grateful to Bernat Roca for his assistance with the virtual photographic models.

REFERENCES

Carreras, J. 2001. Zooming on Northern Cap de Creus shear zones. *Journal of Structural Geology*, 23, 1457–1486.

Carreras, J. and Druguet, E. 1997. Algunas claves para la protección del patrimonio geológico de Cap de Creus. II Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico. Sociedad Geológica de España. *Instituto de Estudios Riojanos. Zubía,* 15, 45-53.

Carreras, J. and Druguet, E. 2013. *Illustrated field guide to the Geology of Cap de Creus*. Publicacions de la UAB, Bellaterra, 126 pp.

Carreras, J., Druguet, E., and Griera, A. 2005. Shear zone-related folds. *Journal of Structural Geology*, 27, 1229–1251.

Druguet, E. 1997. *The structure of the NE Cap de Creus peninsula. Relationships with metamorphism and magmatism*. Unpublished Doctoral thesis, Universitat Autònoma de Barcelona, 151 pp.

Druguet, E. 2001. Development of high thermal gradients by coeval transpression and magmatism during the Variscan orogeny: insights from the Cap de Creus (Eastern Pyrenees). *Tectonophysics,* 332, 275-293.

Druguet, E. and Carreras, J. 2004. *Geozona 162. Extrem oriental de la península de Cap de Creus*. Inventari d'Espais d'Interès Geològic de Catalunya. Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Direcció General del Medi Natural, 57 pp.

Fossen, H. 2010. *Structural Geology*. Cambridge University Press, 463 pp.

Matte, P. 2001. The Variscan collage and orogeny (480-290 Ma) and the tectonic definition of the Armorica microplate: a review. *Terra Nova*, 13, 122-128.

Parc Natural de Cap de Creus, Generalitat de Catalunya, 9/02/17, http://parcsnaturals.gencat.cat/ca/cap-creus

Passchier, C. W. and Trouw, R. A. J., 1996. *Microtectonics.* Springer-Verlag, 325 pp.

Patrimoni geològic. Inventari d'espais d'interès geològic de Catalunya, Departament de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya, 9/02/17, http://territori.gencat.cat/ca/01_departament/12_cartografia_i_toponimia/bases_cartografiques/medi_ambient_i_sostenibilitat/bases_miramon/territori/09_patrimoni_geologic/

Ramsay, J. G. and Huber, M. I. 1987. *The techniques of modern structural geology – Volume 2: Folds and fractures*. Academic Press, London, 391 pp.

Ziegler, P.A. 1990. *Geological Atlas of Western and Central Europe*. Shell Internationale Petroleum Maatschappij BV (2nd ed.), 239 pp.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

PARTICIPACIÓN DE LA COMISIÓN DE PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA SOCIEDAD GEOLÓGICA DE ESPAÑA EN EL PLAN DIRECTOR DE LA RED DE PARQUES NACIONALES DE 2016

PARTICIPATION OF THE COMMISSION ON GEOLOGICAL HERITAGE OF THE GEOLOGICAL SOCIETY OF SPAIN IN THE 2016 MASTER PLAN OF THE NATIONAL PARKS NETWORK

F. Guillén-Mondéjar[1], E. Díaz-Martínez[2] y N. Herrero[3]

[1] Grupo de Investigación de Geología, Dpto. de Química Agrícola, Geología y Edafología. Universidad de Murcia, Facultad de Química, Campus de Espinardo, 30100 Murcia. mondejar@um.es

[2] Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid, España. e.diaz@igme.es

[3] Dpto. de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya. Dr. Roux 80, 08017 Barcelona. nherrero@gencat.cat

Resumen: La Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España lleva desde el año 2007 participando activamente en la redacción de las leyes españolas garantes de la conservación, uso y gestión de la naturaleza, con el fin de que consideren a la geodiversidad como una parte más de la diversidad natural, entre ellas, la Ley 5/2007, de 3 de abril, de la Red de Parques Nacionales, modificada posteriormente por la Ley 30/2014. Se describe aquí la participación de esta Comisión en esta ley y especialmente en el Plan Director de Parques Nacionales. La representación de esta Comisión en el Comité Científico de los Parques Nacionales facilitó la inclusión de unas quince propuestas al documento. Su lectura es muy gratificante para la comunidad geoconservacionista porque en él se utilizan términos inclusivos de toda la naturaleza y explícitamente también nombra en muchos de sus apartados la geodiversidad y el patrimonio geológico, indicando la necesidad de realizar un inventario de los lugares de interés geológico de todos los parques nacionales.

Palabras clave: Geodiversidad, legislación, naturaleza, parque nacional, patrimonio geológico.

Abstract: *The Commission on Geological Heritage of the Geological Society of Spain has been actively participating in the drafting of Spanish laws since 2007, thus guaranteeing the conservation, use and management of nature to consider geodiversity as a part of natural diversity. This included Law 5/2007, of April 3rd, of the National Parks Network, later modified by Law 30/2014. We herein describe the participation of this Commission in this law, and especially in the National Park's Master Plan. The representation of this Commission in the Scientific Committee of National Parks facilitated the inclusion of around fifteen proposals in the document. Its reading is very gratifying for the geoconservation community, because it uses inclusive terms to refer to all nature, and explicitly also names geodiversity and geological heritage in many of its sections, indicating the need to make an inventory of geological sites of interest for all national parks.*

Key words: *Geodiversity, geoheritage, legislation, nature, national parks.*

LA LEY 30/2014, DE 3 DE DICIEMBRE, DE PARQUES NACIONALES

La Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España (CPG-SGE) considera que es muy importante la puesta en valor y la conservación de la geodiversidad, y su patrimonio geológico, de los parques nacionales, así como el mantenimiento de los procesos naturales relacionados con ella. También apuesta por la declaración de nuevos parques nacionales para que, en la medida de lo posible, en la Red de los Parques Nacionales aparezcan representadas las unidades y contextos geológicos más representativos del territorio español. Por último, deben tenerse en cuenta, en la gestión de los parques nacionales, los usos y conocimientos tradicionales relacionados con la geodiversidad. Aquí se puede incluir el patrimonio minero, como componente del patrimonio cultural, comúnmente asociado al patrimonio natural de tipo geológico. Para conseguir estos objetivos la CPG participó muy activamente durante los años 2006 y 2007 en la redacción de la Ley 5/2007, de 3 de abril, de la Red de Parques Nacionales (Díaz Martínez *et al*., 2008; Pérez Lorente *et al*., 2008), que posteriormente fue sustituida por la Ley 30/2014, de 3 de diciembre, de Parques Nacionales. En esta ocasión, la CPG consideró no intervenir, pues los cambios no afectaron a los contenidos sobre la geodiversidad y su patrimonio geológico. La nueva ley contiene dos definiciones muy adecuadas para la consideración de toda la diversidad natural:

Sistema natural *(art. 3): conjunto de elementos y procesos, biológicos,* ***geológicos*** *y climáticos interdependientes que, como resultado de la libre evolución sobre un territorio, caracterizan su ecología y su paisaje hasta definir un escenario propio, reconocible y singularizable.* ***Parques nacionales*** *(art. 4): son espacios naturales, de alto valor ecológico y cultural, poco transformados por la explotación o actividad humana que, en razón de la belleza de sus paisajes, la representatividad de sus ecosistemas o la singularidad de su flora, de su fauna, de* ***su geología o de sus formaciones geomorfológicas,*** *poseen unos valores ecológicos, estéticos, culturales, educativos y científicos destacados cuya conservación merece una atención preferente y se declara de interés general del Estado.* Además en su art. 4 indica: "*La declaración de un parque nacional tiene por objeto conservar la integridad de sus valores naturales y sus paisajes y, supeditado a ello, el uso y disfrute social a todas las personas con independencia de sus características individuales (edad, discapacidad, nivel cultural, etc.), así como la promoción de la sensibilización ambiental de la sociedad, el fomento de la investigación científica y el desarrollo sostenible de las poblaciones implicadas, en coherencia con el mantenimiento de los valores culturales, del patrimonio inmaterial y de las actividades y usos tradicionales consustanciales al espacio.* En su art. 6.1a dice *que los requisitos que debe reunir un espacio para que pueda ser declarado parque nacional debe ser notoriamente representativo en cuanto a tipología de especies y características naturales, de alguno o algunos de los sistemas naturales incluidos en el Anexo de esta ley y debe suponer una aportación adicional de sistemas naturales de forma que se evidencie la mejora de la misma.* Respecto a los usos tradicionales de la geodiversidad y el patrimonio minero, la ley no especifica pero indica en su art. 6.3 que *si se encontraran elementos artificiales en el espacio propuesto como parque nacional, estos deberán guardar vinculación histórica y cultural y estar integrados en el medio natural, salvo casos debidamente justificados y que sean compatibles con los objetivos de conservación del Parque Nacional*. El art. 15, sobre objetivos de la Red de Parques Nacionales, dice que "*el objetivo primordial de garantizar como legado para las generaciones futuras la conservación de una muestra representativa de los principales sistemas naturales españoles señalados en el Anexo de la presente ley"*, e indica como objetivo específico de la Red el formar un sistema completo y representativo de dichos sistemas naturales. La CPG participó en esta ley, en su tramitación en el Senado, solicitando completar el anexo "*Sistemas naturales españoles*" para que se nombrara y representara más adecuadamente la geodiversidad española en la Red de Parques

Nacionales. La propuesta fue la misma que sugerimos para anexo el VIII.1 sobre las unidades geológicas más representativas del territorio español de la Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y la Biodiversidad (ver esta ley), que en aquella ocasión fue incorporado literamente. No obstante, en la Ley de Parques Nacionales quedó de manera más sencilla puesto que fueron incorporados, en el anexo único, diferentes sistemas geológicos y elementos de la geodiversidad conjuntamente con el listado hábitats naturales de especial valor que figuraba en el texto original.

EL PLAN DIRECTOR DE LA RED DE PARQUES NACIONALES

La Ley 30/2014 en su art. 19.1 dice que *el Plan Director de la Red de Parques Nacionales es el más elevado instrumento de planificación y ordenación de estos espacios de carácter básico*. En su art. 19.2 indica *que tendrá el carácter de directrices de acuerdo con la legislación de protección del medio natural y una vigencia máxima de diez años. Anualmente el Ministerio de Agricultura, Alimentación, y Medio Ambiente incorporará, en la memoria de la Red, un informe sobre su cumplimiento.* Su art. 27 indica que el Consejo de la Red estará compuesto, entre otros, por representantes del Comité Científico. El art. 28 hace referencia al Comité Científico e indica que *le corresponde elaborar informe previo a la determinación del estado de conservación desfavorable de cualquiera de los parques nacionales, valorando la evolución de los sistemas naturales,* ***formaciones geológicas***…También aclara en su apartado 3 que los *integrantes del comité científico deben tener una* ***reconocida trayectoria profesional en el campo de la investigación de espacios naturales protegidos.*** Por estas posibilidades de participación que ofrece la Ley y debido a la importancia del Plan es importante que las entidades geoconservacionistas participen en su elaboración y seguimiento. Así lo hizo la CPG en el periodo 2008-2011con un representante en el comité científico, el Dr. Félix Pérez Lorente, que también fue en nombre de la Comisión Nacional de Geología, y que se encargó de exponer y defender nuestras propuestas en el seno de este comité. La participación de la CPG se inició colaborando con el primer borrador en el año 2008. Esta participación fue la más fructífera, dio como frutos la inclusión en el texto de términos que engloban todos los componentes de la naturaleza, incluida la geodiversidad, como: patrimonio natural, sistemas y valores naturales, patrimonio cultural, etc., y también en numerosos casos introduciendo específicamente términos geológicos como la geodiversidad y el patrimonio geológico. En el año 2011 se presentó un segundo borrador al cual también se mandaron varias propuestas, aceptándose una de ellas. A continuación se transcriben y comentan algunos párrafos que fueron cambiados o modificados a propuesta de la CPG:

En el apartado 1, objetivos estratégicos de los parques nacionales, en el subapartado 1.2, en materia de conservación, se ha incluido el siguiente párrafo: *b) Asegurar la conservación del patrimonio natural, sus procesos naturales y paisajes y, en donde resulte preciso, los usos, conocimientos y actividades tradicionales que sean necesarios para el logro de los objetivos de la Ley 30/2014, de 3 de diciembre.* En el subapartado 1.4, en materia de investigación: *c) Desarrollar un programa de investigación sobre los valores naturales, culturales y usos y conocimientos tradicionales de la Red que promueva el mejor conocimiento científico.* En ambos párrafos se utilizan términos inclusivos de la naturaleza que incluyen, además del patrimonio geológico, los usos tradicionales de la geodiversidad y el patrimonio minero.

En el apartado 2. Objetivos a alcanzar en materia de cooperación y colaboración en el ámbito nacional e internacional, la CPG hizo énfasis en la necesidad de colaboración con las instituciones y sociedades científicas, propuesta que aparece reflejada en algunos párrafos:

*e) Asegurar el establecimiento de convenios y acuerdos con los diferentes organismos y unidades de la Administración General del Estado que tengan relación con la planificación, **la investigación**, el seguimiento, la vigilancia, el aprovechamiento o el manejo de los recursos naturales y culturales de los parques nacionales.*

En el apartado 3.1.2 sobre la zonificación de los parques nacionales, indica que las zonas de reserva deben cumplir, al menos, alguna de las siguientes características: *1. Contener valores naturales de excepcional rareza, fragilidad o interés científico.2. Albergar procesos de regeneración de los recursos naturales. 3. Ser escenarios adecuados para el estudio del estado de conservación y la evolución de los recursos naturales. La recolección de material biológico, **geológico** o cultural que por necesidades científicas sea preciso llevar a cabo, deberá estar clara e inequívocamente fundamentada en los protocolos de investigación y ser expresamente autorizada por la autoridad competente. Solo podrá autorizarse la recolección de material con finalidades científicas o de gestión. Queda expresamente prohibido todo tipo de aprovechamientos.* En el punto 1, CPG consiguió que se quitara el término biodiversidad, justificando que en el término valores naturales ya estaba incluida la diversidad geológica y biológica. También se consiguió sustituir el material mineral por geológico, en el apartado sobre la recolección.

En el apartado 3.2.2 sobre directrices en materia de conservación de recursos naturales y culturales, se han conseguido la introducción de dos importantes párrafos:

*c) Se mantendrá y, en su caso, recuperará la biodiversidad, **geodiversidad** y funcionalidad propia de los sistemas naturales de los parques y se evitará la desaparición de los taxones autóctonos y del **patrimonio geológico**. e)…Se inventariarán los elementos del **patrimonio geológico** y se elaborarán y pondrán en marcha planes de restauración para los de mayor riesgo de desaparición o destrucción, y de conservación para los elementos geológicos especiales o vulnerables.*

En el apartado 3.2.4 de directrices en relación con las infraestructuras, equipamientos e instalaciones, la CPG propuso añadir una nueva directriz con el siguiente texto: Para las nuevas infraestructuras e instalaciones se requerirán estudios previos para evitar las posibles afecciones a los valores naturales y culturales del entorno. Al mismo tiempo se deberá hacer un seguimiento de la obra con el fin detectar posibles hallazgos de importancia geológica. En caso positivo, estos lugares deben acondicionarse para su visualización y para ubicar zonas de esparcimiento o descanso. Los nuevos hallazgos del patrimonio geológico, mueble e inmueble deberán incluirse en el inventario de la diversidad geológica del Parque Nacional. En el caso de descubrimientos del patrimonio geológico mueble, si éstos no se pueden conservar in situ, deberán tomarse las medidas oportunas para su conservación en museos públicos. Se incluyó una versión resumida de nuestra propuesta: *o) Para nuevas infraestructuras e instalaciones, por su carácter excepcional, se requerirá justificación de su necesidad y de la imposibilidad de su ubicación fuera del parque, así como la realización de estudios previos que evalúen las afecciones a los recursos naturales y culturales del parque. Durante la realización de la obra se deberá hacer un seguimiento para detectar posibles elementos afectados. En cada caso se adoptarán las medidas oportunas que salvaguarden la integridad del parque.*

En el apartado 3.2.5, directrices en relación con la conservación y la atención al visitante, se propusieron sustituir procesos ecológicos por naturales, y quedó así: *f) La interpretación en los parques nacionales deberá contribuir a la concienciación y formación ambiental de la sociedad, destacando los valores naturales, culturales e históricos, y los procesos ecológicos, **geológicos** y paisajísticos que motivaron su declaración.*

En el apartado 3.2.6, sobre directrices con la investigación, en su punto c se dice: *c) Los proyectos de investigación, así como la toma de muestras o datos que se pretendan realizar, estarán sometidos*

a autorización previa por la administración del parque. Cada proyecto deberá ser adecuadamente justificado y evaluado.

Aquí, la CPG, basándose en legislaciones latinoamericanas, propuso añadir que los investigadores podrán obtener la autorización para la tenencia temporal de los objetos muebles del patrimonio geológico para su estudio durante un periodo no mayor de dos años, a cuyos efectos deberán indicar el lugar donde estarán depositados. Propuesta que no fue aceptada. En este apartado sobre la investigación también se propuso el siguiente texto: Se creará una base de datos de uso público sobre las investigaciones de la red de Parques Nacionales. Los resultados de las investigaciones deberán ser comunicadas a la administración competente, para su inclusión en esta base de datos. En parte incluido así: *f) Los resultados derivados de las actividades de investigación serán divulgados, con los medios más adecuados en cada caso, para lograr la trasferencia y la aplicación de los conocimientos adquiridos preservando, en todo caso, los datos sensibles.*

En el apartado 8.1 sobre actuaciones para la consolidación de la Red, la CPG solicitó incluir el término patrimonio geológico o interés geológico, que fue añadido en la segunda participación del año de 2011. *b) Fomentar la incorporación al patrimonio público, preferentemente mediante acuerdos voluntarios, de aquellos terrenos que tengan un especial valor natural, **interés geológico**, alberguen especies o hábitat con algún grado de amenaza, resulten de interés para la conservación, sean imprescindibles para el rescate de derechos incompatibles con el régimen jurídico de parque nacional, sean enclavados o colindantes con otras fincas públicas o tengan cualquier otro interés para la consecución de los objetivos de la Red de parques nacionales.*

En el apartado 8.2 sobre actuaciones para la conservación de los valores naturales y culturales, la CPG propuso incluir la frase de conocer el patrimonio geológico de los parques nacionales, su estado de conservación y capacidad de uso. No se aceptó la propuesta aunque sí se utilizan términos donde se incluye la geodiversidad y el patrimonio minero, por ejemplo:

*a) Inventariar los **sistemas naturales** del anexo de la ley representados en la Red de Parques Nacionales,… valorando su grado de naturalidad, viabilidad y estado de conservación, e integrarlos en la base de datos georreferenciada de la Red de Parques Nacionales y en el Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad.*

*b) Identificar el impacto del cambio global en los **sistemas naturales**…*

*c) Establecer mecanismos que permitan asegurar la conservación de los **valores y procesos naturales y culturales** de la Red de Parques Nacionales. A tal fin es preciso profundizar en su conocimiento, seguimiento, evaluación y, en su caso, restauración.*

En el apartado 8.4 sobre actuaciones para la implicación de los agentes sociales y participación social, se propuso incluir un párrafo con contenidos similares a los artículos 19 y 22.f de la Ley 45/2007, de 13 de diciembre, de Desarrollo Sostenible del Medio rural, artículos surgidos de la participación de la CPG en esta Ley. El párrafo fue el siguiente:

Se incluirán iniciativas para el conocimiento, inventario, protección y uso sostenible del patrimonio geológico, minero y biológico como recurso científico, cultural y turístico. Para ello, se inventariarán los lugares de interés geológico de los Parques Nacionales y se prohibirá la búsqueda, excavación y recolección de bienes del patrimonio geológico y minero con fines de coleccionismo y comercio. Con el fin generar un desarrollo rural sostenible y mantenimiento del empleo se diseñarán actividades para informar y formar a los habitantes del medio rural sobre la potencialidad de uso de su patrimonio natural y cultural, proponiendo iniciativas que faciliten su implicación en el turismo geológico, ecológico, minero y otros aprovechamientos culturales. Pero no fue aceptada la propuesta. **En el apartado 8.6 sobre el programa de investigación** en la Red de

Parques Nacionales, Se incluyó aquí nuestra propuesta sobre la creación de una base de datos, de la siguiente forma: *e) Poner a disposición de la Red una base de datos de acceso público sobre las investigaciones en la Red de Parques Nacionales. Los resultados de todas las investigaciones autorizadas serán comunicados al Organismo Autónomo Parques Nacionales para su inclusión en dicha base de datos.*

En el apartado 8.8 sobre proyección y cooperación internacional, se solicitó promover la inclusión de los parques nacionales representativos de los sistemas naturales geológicos en la red mundial de Geoparques de UNESCO, pero no fue aceptada la propuesta.

DISCUSIÓN Y RECOMENDACIONES

La CPG considera que las actuales normativas que regulan la Red de Parques Nacionales de España son un ejemplo a seguir por la visión integral de la naturaleza que ofrecen, pues utilizan términos inclusivos de sus componentes y valores culturales. Además, suponen un avance muy importante en la conservación y puesta en valor de la Gea porque explícitamente se nombra la geodiversidad y su patrimonio geológico. Este logro, demuestra que la comunidad geoconservacionista debe continuar así, insistiendo en su representación en los organismos competentes y participando en la exposición pública de los documentos sobre la conservación, gestión y uso del patrimonio natural y cultural. Por otro lado, el Plan Director probablemente dará lugar a un mejor conocimiento del patrimonio geológico de nuestros parques nacionales, porque incluye la realización del inventario de sus lugares de interés geológico y su inclusión en una base de datos. Además, el Plan y la Ley de la que deriva, permiten ampliar la red con nuevos parques nacionales cuyo principal valor sea el completar los sistemas naturales, dando prioridad a las propuestas que impliquen la inclusión de aquéllos no representados en la Red, como sería el caso, por ejemplo, del sistema natural denominado "*Sistemas y formaciones asociadas a las cuencas terciarias continentales y marinas*". Sin embargo, el Comité Científico de Parques Nacionales, compuesto por veinte especialistas, no cuenta con ningún experto en patrimonio geológico y sería necesario nombrar alguno o, en su defecto, asegurar la colaboración de un asesor externo en esta materia.

REFERENCIAS

Díaz Martínez, E., Guillén Mondéjar, F., Mata Perelló, J. M., Muñoz Barco P., Nieto Albert, L. M., Pérez Lorente, F. y de Santisteban Bové, C. 2008. Nueva legislación española de protección de la Naturaleza y desarrollo rural: implicaciones para la conservación y gestión del patrimonio geológico y la geodiversidad. *Geo-temas*, 10, 1311-1314.

Organismo Autónomo de Parques Nacionales (OAPN), 15/02/2017, http://www.mapama.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/

Pérez Lorente, F., Guillén Mondéjar, F. Díaz Martínez, E., Nieto, L, Santisteban, C. Muñoz, P. y Mata, J. M. 2008. Participación de la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España en las nuevas leyes de protección de la Naturaleza y desarrollo rural. *Geo-temas*, 10, 1313-1334.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

LA "ASSOCIACIÓ DE GEOLÈGS DE LES ILLES BALEARS" (AGEIB) Y EL PATRIMONIO GEOLÓGICO DEL ARCHIPIÉLAGO BALEAR

THE "ASSOCIACIÓ DE GEOLÈGS DE LES ILLES BALEARS" (AGEIB) AND THE GEOHERITAGE OF THE BALEARIC ARCHIPELAGO

J. Duque-Macías[1], J. Giménez-García[1,2] y A. Rodríguez[3]

[1] Ex-Presidente AGEIB, Margarida Xirgu, 16, 07011, Palma. ctsprofe@gmail.com

[2] Conselleria Medi Ambient, Agricultura i Pesca, Gremi Corredors 10, 07009, Palma. jgimenez@dgreghid.caib.es

[3] GEOSERVEI S.L. Projectes i Gestió Ambiental, Himàlaia, 37, 07703, Maó. a.rodriguez@geoservei.com

Resumen: La AGEIB, Associació de Geolègs de les Illes Balears es una institución de referencia en las Islas Baleares. Se comenta su creación, hace dos décadas, sus objetivos y su evolución. Se describen diferentes actividades de la AGEIB relacionadas con el patrimonio geológico del Archipiélago Balear. Se comenta la geodiversidad de las islas y se aportan gráficos de porcentajes de afloramientos por edades geológicas así como el inventario de LIG (Lugares de Interés Geológico) con diversos gráficos explicativos. Por último se referencia el posible futuro del patrimonio geológico en las Baleares.

Palabras clave: AGEIB, geodiversidad, Islas Baleares, LIG, patrimonio geológico.

Abstract: *The AGEIB, Associació de Geolègs de les Illes Balears is an institution of reference in the Balearic Islands. Its creation, two decades ago, has been mentioned, its objectives and its evolution. Different activities of the AGEIB related to the geological heritage of the Balearic Archipelago are described. The geodiversity of the islands is commented and graphs of percentages of outcrops by geological ages are given, as well as the Geosites (Sites of Geological Interest) inventory with various explanatory graphs. Finally, reference is made to the possible future of the geological heritage in the Balearic Islands.*

Key words: *AGEIB, Balearic Island, geodiversity, geoheritage, Geosite.*

AGEIB: ¿QUÉ ES?, ¿QUÉ OBJETIVOS TIENE? ¿CÓMO ACTÚA?

La "Associació de Geolègs de les Illes Balears" más conocida por su acrónimo AGEIB es la asociación de referencia para los geólogos en el Archipiélago Balear (www.ageib.org). Fundada en 1997, con una cincuentena de asociados/as, su línea de actuación es la defensa de los geólogos/as frente a injerencias de otros profesionales y la reivindicación de la geología, geodiversidad y patrimonio geológico de Baleares. Caracterizada por su independencia (pervive de las cuotas) y versatilidad, por ejemplo en dos décadas de vida, ha tenido siete presidentes/as (3 mujeres y 4 hombres) con muy diversa procedencia: Instituto Geológico y

Minero de España (IGME), empresa pública, empresa privada, enseñanza secundaria y universitaria, cuerpo técnico superior del Govern de les Illes Balears, jubilado de empresa pública y empresario privado.

Del conjunto de objetivos de la AGEIB destacan algunos relacionados con el patrimonio geológico: a) Fomentar la formación y actualización de los geólogos/as en el marco de las Islas Baleares; b) Realizar actividades de divulgación de la geología Balear; c) Visibilizar la geología en los medios de comunicación; d) Establecer contactos con la administración, en relación al patrimonio geológico, gestión de recursos, ordenación territorial y obras públicas.

La AGEIB ha evolucionado, pudiéndose, a *grosso modo*, establecer tres épocas: a) la primera, creación y articulación interna de la asociación; b) una segunda de lucha por un reconocimiento social hasta conseguir voz en los medios de comunicación; c) por último, en la tercera época la asociación incrementa sus relaciones y colaboraciones con diferentes entidades incluida la administración.

Las actuaciones de la AGEIB se han mantenido en el tiempo: conferencias y charlas (más de 150, entre 3 y 12 por año); salidas al campo (más de 100); artículos, entrevistas y manifiestos en los medios de comunicación; actividades de divulgación, didácticas y de participación social; actuaciones reivindicativas del patrimonio geológico.

Gran parte de los esfuerzos de la asociación, han ido dirigidos al conocimiento de la geodiversidad de las Islas, articulados, en la última década, a través de la promoción de su patrimonio geológico. Algunas acciones en este sentido han sido: a) *Stand* de divulgación de la geología en "Fires de la Ciència de les Illes Balears"; b) Intercambio de experiencias y visitas con la AGEX (Asociación de Geólogos de Extremadura); c) Participación activa en la elaboración del Plan Hidrológico de las Islas Baleares; d) Colaboración en la confección del libro "*Islas del Agua: Patrimonio geológico e hidrogeológico de las Islas Baleares*" 2006 (primera referencia bibliográfica de Baleares con contenido explícito sobre geodiversidad y patrimonio geológico); e) Colaboración en las I Jornadas de Patrimonio Natural de las Islas Baleares, 2007, defendiendo el contenido geológico del Patrimonio Natural; f) Participación activa en los contenidos del libro "*Los caminos del agua en las Islas Baleares: Acuíferos y mantantiales*", 2009; g) Creación de minibecas para estudios geológicos puntuales; h) Apoyo a manifiestos en defensa de la enseñanza de la geología; i) Elaboración (sin concluir) de una guía del Archipiélago de Cabrera; j) Organización de las salidas al campo y elaboración de las guías de los Geolodías desde 2010 en Mallorca, 2012 en Menorca y 2013 en Ibiza (más información www.ageib.org); k) Participación activa en el estudio e inventariado de los LIG (Lugares de Interés Geológico, en aquel momento denominados PIG, Puntos de Interés Geológico) que se anexaron a la propuesta de Decreto de Protección de Lugares de Interés Geológico de las Islas Baleares, pendiente de aprobación desde el año 2011.

La "Geoporcella" o en su defecto "Geocaldereta" es la actividad que mejor simboliza el espíritu AGEIB convirtiéndose en una fenomenal plataforma de intercambio de experiencias e ideas, se trata de una salida al campo para asociados/as con una comida "*sui géneris*" a cargo de la asociación.

GENERALIDADES SOBRE LA GEODIVERSIDAD DEL PROMONTORIO BALEAR

Las Islas Baleares son las partes emergidas del Promontorio Balear (gran relieve con una longitud máxima de 460 km y anchura media de 135 km) que es la prolongación hacia el NE del Sistema Bético, con el que comparte por tanto, sus grandes caracteres geológicos. Individualizado de la Península Ibérica por el Surco de Valencia, y delimitado del resto por las profundas cuencas oceánicas de Provenza y Argelia. El Promontorio Balear se subdivide en dos bloques o plataformas separados por el canal de Mallorca (Figura 1). La estructura

tectónica de las Islas Baleares es el resultado de tres etapas: a) la mesozoica extensiva; b) la compresiva (etapa alpina) entre el Oligoceno y Mioceno Medio; c) y una tercera etapa que se alarga hasta la actualidad básicamente extensiva. Todas ellas han dejado su huella en la estructura del Promontorio y por ende en la morfología de las islas.

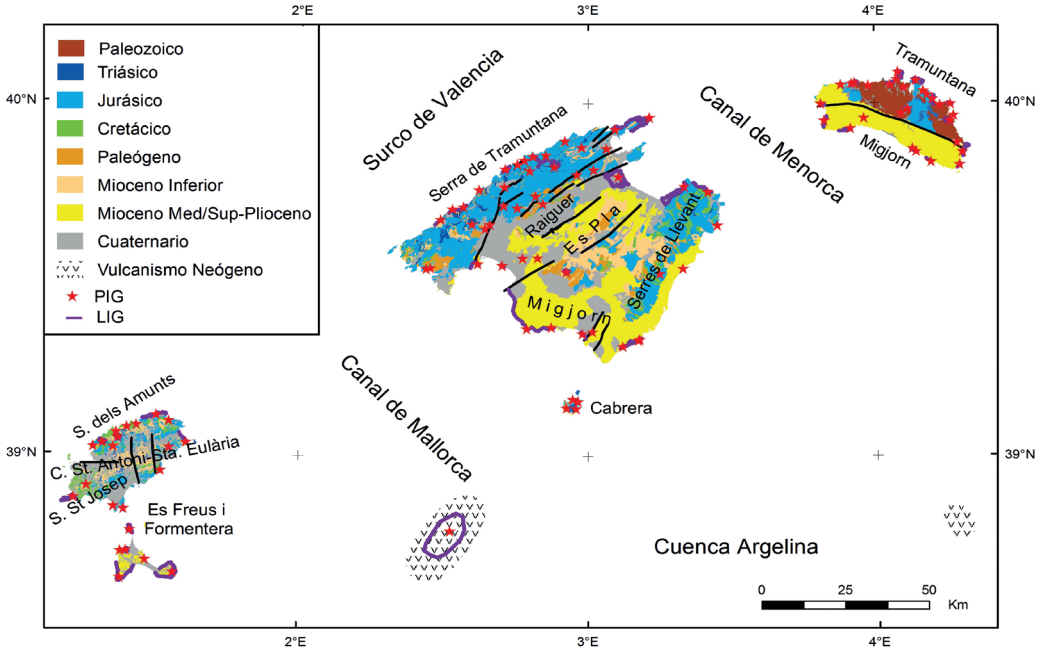


Figura 1. Mapa geológico simplificado de las Islas Baleares. Con indicación de las georegiones y localización de los PIG y LIG (diferenciando P-puntuales y L-de mayor extensión).

Las islas Baleares presentan una geodiversidad relativamente alta con afloramientos de materiales de edades comprendidas entre el Silúrico (~400 M.a.) y la actualidad. Menorca es la isla de mayor amplitud geocronológica, con materiales del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico, y Formentera la de menor amplitud con sólo Cenozoico. En conjunto, los materiales Mesozoicos y Cenozoicos ocupan el ~97% de todo el territorio Balear (Figura 2).

La litología principal del Archipiélago es la calcárea, siendo muy poco abundante la silícea. Las rocas sedimentarias son las grandes dominadoras (detríticas y carbonatadas) con muy poca presencia de rocas ígneas y prácticamente inexistentes de metamórficas.

ZONAS CON PERSONALIDAD GEOLÓGICA PROPIA EN LAS BALEARES

En Baleares hay zonas con características geológicas propias, que llamaremos georegiones y que a *grosso modo* coinciden con las principales unidades tectónicas o geomorfológicas.

Menorca se divide en dos georegiones con características totalmente diferentes: a) al norte *Tramuntana* con gran diversidad geológica; b) al sur *Migjorn*, más monótona, constituida fundamentalmente por una gran plataforma arrecifal Neógena (Figura 1).

En Mallorca se diferencian 5 georegiones: a) La *Serra de Tramuntana*, formada casi exclusivamente por apilamientos alpinos de calizas del Lias; b) El *Raiguer*, al pie de la *Serra de Tramuntana*, constituido por una sucesión de cuencas neógenas; c) *Es Pla*, caracterizado por una amalgama de afloramientos de prácticamente todas las edades reconocibles en Mallorca; d) Las *Serres de Llevant*, donde afloran básicamente materiales del Jurásico y Cretácico afectados por la orogenia alpina (tiene continuidad con el Archipiélago de Cabrera); e) *Es Migjorn*, formado como en Menorca por una plataforma arrecifal Neógena.

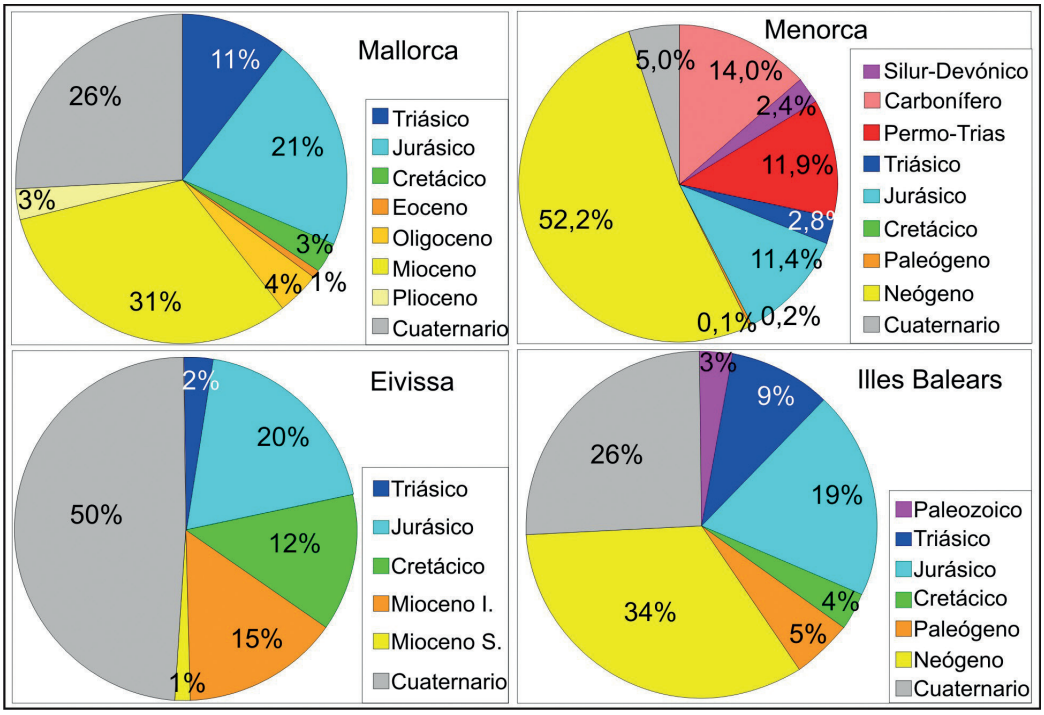


Figura 2. Distribución porcentual de las edades de los afloramientos de materiales. Por islas y el global de las áreas emergidas del Promontorio Balear.

Las *Pitiusas* (Eivissa y Formentera) están configuradas por 4 georegiones: a) La *Serra dels Amunts*, formada por materiales del Jurásico y Cretácico deformados en la orogenia Alpina; b) La *Cuenca de Sant Antoni-Santa Eulària*, donde afloran materiales neógenos y cuaternarios; c) La *Serra de Sant Josep*, con características parecidas a la *Serra dels Amunts*; d) La *Zona dels Freus* y la isla de Formentera, es el equivalente Pituso de las plataformas arrecifales de Mallorca y Menorca.

Una característica geológica común a todas las islas, es la abundancia de materiales carbonatados, lo que ha permitido que se generen espectaculares formaciones cársticas. Así, los lapiazes son muy frecuentes y las

cuevas se extienden por la práctica totalidad del territorio con algunos ejemplos explotados históricamente por el turismo masivo como son las famosas cuevas del *Drac* y otras. Destacan en Baleares las esplendidas plataformas carbonatadas del Mioceno Superior, donde se pueden identificar todos los ambientes sedimentarios de ese medio, lo que atrae a numerosos grupos de estudiantes y científicos. Destacan los medios sedimentarios asociados a la "Crisis de Salinidad Messiniense del Mediterráneo" acontecida en el tránsito Mio-Plioceno. Aparte de los paisajes cársticos, el modelado eólico y litoral también hacen una gran contribución a la fisonomía de las islas.

PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO EN LAS ISLAS BALEARES

Actualmente en Baleares, no existe, como se ha indicado, un catálogo de LIG aprobado de manera institucional ni por tanto plan para su geoconservación. Hay un listado de LIG realizado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en colaboración con el Govern Balear y que en parte fue reflejado en el mencionado libro "*Islas de Agua*" 2006. Este trabajo aglutinó, básicamente, la información de las hojas de la serie de cartografía geológica Magna. Con posterioridad, en el año 2009, se editó un nuevo trabajo "*Los caminos del agua de las Islas Baleares: Acuíferos y Manantiales*" con la misma colaboración pero enfocado hacia el patrimonio hidrogeológico. En 2011 el Govern Balear redactó un borrador de Decreto de Protección de Lugares de Interés Geológico de las Islas Baleares que incluía un total de 98 LIG que por diferentes motivos no llegó a ser aprobado. A nivel insular, el Consell de Menorca ha presentado un inventario de 35 puntos de interés geológico en el año 2016. La AGEIB como asociación ha participado en todos estos inventarios de LIG, y en la medida de sus posibilidades ha contribuido a su difusión organizando salidas de campo como los Geolodías o colaborando con los Geoberenars organizados por GeoIlles (geoilles.jimdo.com).

En la Figura 1 se ha representado la localización aproximada de los 98 LIG del borrador de 2011. A continuación se analiza, someramente, la distribución y temática de los LIG propuestos en el Decreto de 2011, para tener una primera idea de los principales aspectos de la geodiversidad en Baleares y poner de relieve algunos aspectos geológicos a proteger.

La Figura 3, muestra los porcentajes de LIG por islas, destaca la elevada geodiversidad de Menorca, que con el 14% del territorio Balear engloba el 29% de LIG, en tanto que Mallorca con el 72% del territorio solamente incluye el 44% de LIG. Un caso especial y singular es el LIG propuesto en territorio submarino que se corresponde con los volcanes submarinos del Canal de Mallorca.

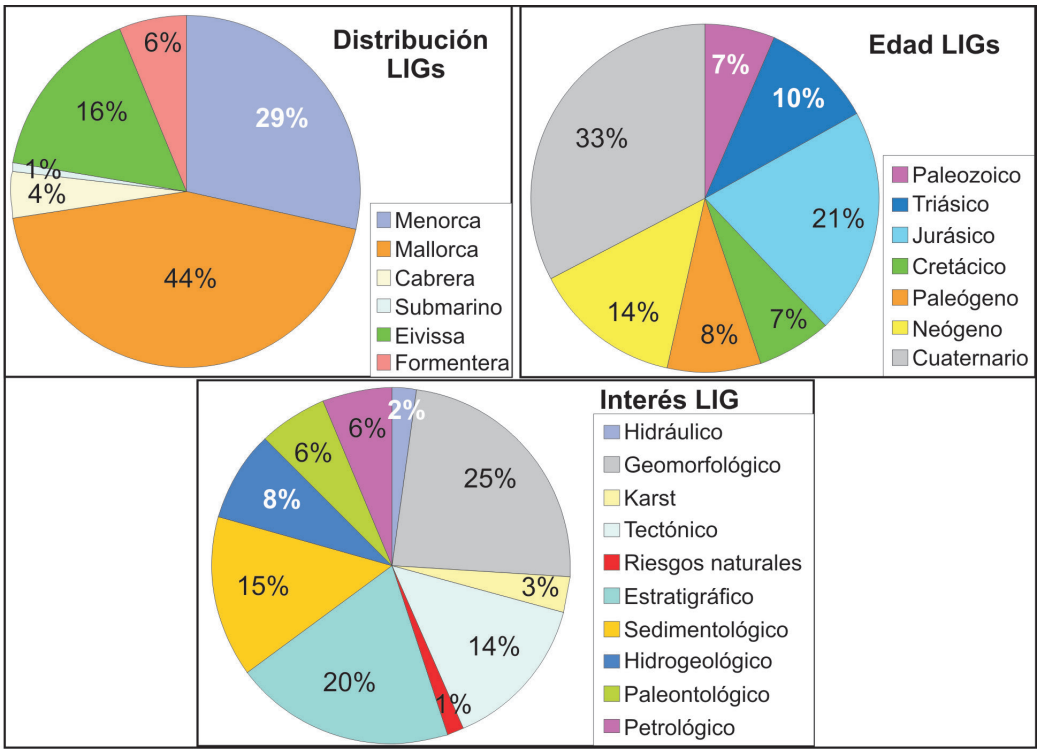


Figura 3: Clasificación de los LIG propuestos en el borrador de decreto de protección de LIG de 2011 según su distribución por islas, edad de los materiales e interés o temática.

Respecto a la edad de materiales de los LIG, más de la mitad son formaciones del Cuaternario o del Jurásico, siendo las primeras las más abundantes. Aclarar que en la categoría Cuaternario no sólo se han incluido los que destacan por sus depósitos marinos o eólicos (dunas) sino también todos en los que los procesos de erosión y meteorización actuales son destacables. Los LIG en formaciones del Paleozoico, Cretácico y Paleógeno son los menos abundantes. Puede extrañar la poca presencia de LIG en el Neógeno, dada su gran extensión en todas las islas, la explicación está en que algunos LIG sobre estos materiales engloban áreas extensas, y por tanto, tal vez se deberían recatalogar como "zonas de interés" y no como ahora "lugares o puntos de interés".

A la hora de interpretar los porcentajes de los 98 LIG respecto a su interés o temática, hay que tener en cuenta que todos han sido incluidos en más de una categoría. Las temáticas más abundantes son, por este orden, la geomorfológica, la estratigráfica y la sedimentológica. Destacar que un 2% (8 LIG) se proponen por su interés hidráulico en el que se engloban manantiales y obras hidráulicas, y que un 8% (28 LIG) presentan interés hidrogeológico.

FUTURO DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO EN LAS ISLAS BALEARES

Estas últimas consideraciones son achacables a los firmantes de esta ponencia, aunque pretenden transmitir la posición general de la AGEIB.

El futuro del patrimonio geológico en las Islas Baleares, pasa necesariamente por la aprobación, todavía pendiente desde 2011, del Decreto de Protección de Lugares de Interés Geológico de las Islas Baleares que legalice el inventario LIG, y así poder establecer medidas para su actualización, revisión y gestión. Por su parte, el Consell de Menorca aprobó en 2016 su catálogo LIG, aunque este organismo no tiene competencias para aprobar la protección de los LIG, y por lo tanto depende del Govern de les Illes Balears para su protección efectiva.

A corto plazo se necesitan medios para actualizar el inventario LIG, incluir nuevos y catalogar otros. Un problema que se atisba es la dificultad de cumplir el itinerario temporal requerido para las 5 G (Carcavilla, 2014), en espacial para geoconservación y geoturismo. Hay posibilidad real de comenzar a explotar LIG para el turismo masivo bajo la consideración de geoturismo, sin tener aprobado el mencionado Decreto y sin planes de geoconservación y geodivulgación. No cumplir la cronología lógica, incrementará la vulnerabilidad de los LIG. ¡Hay que impedir construir la casa por el tejado!

La AGEIB deberá seguir reivindicando la geología en general y la geodiversidad y el patrimonio geológico de las Islas Baleares en particular. Por eso, estará alerta para que se cumpla el itinerario correcto de las 5 G.

REFERENCIAS

Carcavilla Urquí, L. 2014. Guía práctica para entender el patrimonio geológico. *Enseñanza de las ciencias de la Tierra*, 22 (1), 5-18.

Durán Valsero, J. J. (Coord.). 2006. *Islas de Agua: Patrimonio Geológico e Hidrogeológico de las Islas Baleares.* IGME y Conselleria de Medi Ambient Govern Balear, Madrid, 256 pp.

Mateos Ruiz, R. M y González Casanovas, C. (Coord.) 2009. *Los caminos del agua en las Islas Baleares. Acuíferos y manantiales*. IGME y Conselleria de Medi Ambient Govern Balear, Madrid, 280 pp.

Nota: Estos dos últimos libros se pueden descargar en formato pdf en el "Portal del agua en las Islas Baleares": http://www.caib.es/sacmicrofront/contenido.do?idsite=259&cont=38044&lang=es

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

NUEVAS RESOLUCIONES Y AVANCES DE LA UICN PARA LA GEOCONSERVACIÓN

NEW IUCN RESOLUTIONS AND ADVANCES TOWARDS GEOCONSERVATION

E. Díaz-Martínez[1], F. Guillén-Mondéjar[2], J. Brilha[3], M. Monge-Ganuzas[4], N. Herrero Martínez[5], A. Hilario[6], J.M. Mata-Perelló[7], G. Meléndez[8], J.C. Utiel[9]

[1] Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. e.diaz@igme.es

[2] Grupo de Investigación de Geología, Dpto. de Química Agrícola, Geología y Edafología. Universidad de Murcia, Facultad de Química, Campus de Espinardo, 30100 Murcia. mondejar@um.es

[3] Depto. de Ciências da Terra, Universidade do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga (Portugal). jbrilha@dct.uminho.pt

[4] Servicio de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai, Departamento de Medio Ambiente, Planificación Territorial y Vivienda del Gobierno Vasco, Madariaga dorretxea, Gernika-Bermeo errepidea z/g, San Bartolome auzoa, 48350 Busturia, Bizkaia. manu-monge@euskadi.eus

[5] Dpto. de Territori i Sostenibilitat, Generalitat de Catalunya. Dr. Roux 80, 08017 Barcelona. nherrero@gencat.cat

[6] Geoparkea, Ifar kalea 4, 20820 Deba, Bizkaia. flysch@gipuzkoa.eus

[7] Geoparc de la Catalunya Central. mata@geoparc.cat

[8] Área de Paleontología, Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza. gmelende@unizar.es

[9] Ayuntamiento de Lerma, Audiencia 6, 09340 Lerma, Burgos. utilerma@gmail.com

Resumen: Durante la última década, los tres miembros geoconservacionistas de la UICN (SGE, ProGEO y SEDPGyM) han estado contribuyendo a la inclusión y consideración apropiada del patrimonio geológico y la geodiversidad en las políticas de la UICN. Resumimos aquí el reciente proceso de elaborar, modificar, defender y votar en el Congreso Mundial de la Naturaleza de la UICN de 2016 las resoluciones relacionadas con la conservación del patrimonio geológico y la geodiversidad, es decir, relacionadas con la geoconservación. Estas tres organizaciones consiguieron que, en varias resoluciones, se nombrara explícitamente la geodiversidad y/o el patrimonio geológico; y que en otras se utilizaran términos inclusivos como patrimonio natural o diversidad natural, en cumplimiento de la resolución WCC-2012-Res-048 de la propia UICN. Además, redactaron y propusieron una moción para la conservación del patrimonio geológico mueble que fue finalmente aprobada como resolución WCC-2016-Res-083. Intentamos aquí resumir el significado y analizar las posibles implicaciones de estas resoluciones, proponiendo líneas de acción para el futuro.

Palabras clave: Geoconservación, España, legislación, ProGEO, UICN.

Abstract: *During the last decade, the three geoconservationist members of IUCN (SGE, ProGEO and SEDPGyM) have been contributing towards the inclusion and appropriate consideration of geoheritage and geodiversity in IUCN policies. We herein synthesize the recent process of elaborating, modifying, defending and voting at the 2016 IUCN World Conservation Congress the resolutions related with the conservation of geoheritage and geodiversity, that is, related with geoconservation. These three organizations succeeded*

in explicitly referring to geodiversity and geoheritage in the resolutions, and to use inclusive terms such as natural heritage or natural diversity in others, in compliance with IUCN resolution WCC-2012-Res-048. In addition, they drafted and proposed a motion for the conservation of the moveable geoheritage that was finally approved as Resolution WCC-2016-Res-083. We herein attempt to summarize their meaning and analyze the potential implications of these resolutions, proposing lines of action for the future.

Key words: *Geoconservation, IUCN, legislation, ProGEO, Spain.*

INTRODUCCIÓN

El 6º Congreso Mundial de Conservación (6WCC, de sus iniciales en inglés, *6th World Conservation Congress*), organizado por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), y realizado en Honolulu (Hawaii, EEUU) del 1 al 10 de septiembre de 2016, finalizó con la aprobación de un centenar de resoluciones. Al haber sido aprobadas por la asamblea general de miembros, con el voto ponderado de 129 organismos gubernamentales y de 704 organizaciones no gubernamentales participantes en la Asamblea General de la UICN, se trata de un compromiso global que deben cumplir todos los miembros de esta organización internacional, incluido también nuestro país.

El objetivo de este trabajo es sintetizar el proceso de elaboración, modificación y votación que dio lugar a las resoluciones relacionadas con la conservación del patrimonio geológico y la geodiversidad, es decir, relacionadas con la geoconservación. Además, intentaremos resumir su significado y analizar las posibles implicaciones y líneas de acción que se derivan para el futuro. Una versión aún más resumida y sintética de lo que aquí se presenta fue publicada el año pasado en la revista de la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGyM, Brilha *et al*., 2016) y en el boletín de la sección española de Europarc (Díaz-Martínez *et al*., 2016).

EL PROCESO DE MOCIONES

La UICN es una organización internacional que agrupa numerosas organizaciones gubernamentales y no gubernamentales, nacionales e internacionales, bajo el objetivo común de la conservación de la naturaleza. Parte de la toma de decisiones se realiza en los congresos durante las asambleas generales, en las que se votan las mociones propuestas. Una vez aprobadas, se denominan resoluciones si afectan a los miembros de la UICN, y recomendaciones si afectan a países, empresas u organizaciones que no son miembros. Dado que el proceso de mociones es relativamente largo y pesado, y ya había causado problemas de falta de tiempo en los últimos congresos (Barcelona 2008, Jeju 2012), en abril de 2015, y mediante votación electrónica, los miembros aprobaron un sistema mediante el cual una gran parte del proceso tiene lugar antes del congreso, dejando para la asamblea general solo los debates y votaciones considerados más importantes.

Periodo de propuestas

En el caso del último congreso de la UICN (6WCC), el proceso de mociones se inició con un periodo de propuestas que estuvo abierto desde noviembre de 2015 hasta febrero de 2016. Dado que cada propuesta

de moción debía estar apoyada por un mínimo de cinco organizaciones, durante este periodo, el Comité Español de la UICN facilitó los contactos entre los miembros españoles y latinoamericanos para la cesión de los apoyos necesarios entre unos y otros. El sistema en línea del portal web de la UICN permitía ir introduciendo las mociones, así como ver aquellas que otros miembros ya habían presentado. Esto permitía comprobar si otras organizaciones presentaban propuestas similares o no, pedir apoyos, consultar dudas, etc. Este mismo sistema novedoso también dio lugar a que, en el último día del plazo, uno de los miembros españoles de la UICN (Junta de Andalucía) introdujo al sistema una moción que reproducía parte de la moción previamente propuesta por la Sociedad Geológica de España (SGE), aunque sin haber llegado a un acuerdo previo al respecto.

Periodo de evaluación

Durante los meses de febrero a abril de 2016, las propuestas fueron analizadas por el Grupo de Trabajo sobre Mociones para evitar solapes, repeticiones e incongruencias, emitiendo una lista de mociones aprobadas preliminarmente, en algunos casos tras su negociación con los miembros proponentes. La moción propuesta por la Junta de Andalucía fue excluida, y la moción propuesta por la SGE fue aprobada.

Periodo de discusión electrónica

Durante los meses de mayo y junio de 2016, las mociones propuestas fueron analizadas por los miembros de la UICN que quisieron y pudieron participar en el proceso, y debatidas con los miembros proponentes a través del portal web. Las discusiones fueron moderadas por una persona del Grupo de Trabajo sobre Mociones asignada a cada borrador de moción, quien realizó sucesivas propuestas modificadas según avanzaban las discusiones hasta resultar en una propuesta final consensuada. Fue en este periodo durante el cual, uno de los firmantes (F. Guillén Mondéjar, representante de SEDPGyM y miembro de SGE), hizo sus contribuciones y consiguió la mayor parte de los logros. Aquellas pocas propuestas consideradas de mayor relevancia y para las que no se consiguió un consenso, fueron trasladadas a debate en el plenario de la Asamblea General para su posterior votación durante el congreso.

Periodo de votación

Durante la primera mitad del mes de agosto de 2016, las mociones propuestas fueron sometidas a votación por los miembros de la UICN, y las finalmente aprobadas fueron trasladadas en bloque a la Asamblea General para su registro y aprobación protocolarios.

RESOLUCIONES APROBADAS

La participación de ProGEO, SEDPGyM y SGE en todo el proceso de elaboración y aprobación de las mociones consiguió, entre otros logros, que se nombrara explícitamente la geodiversidad y el patrimonio geológico en resoluciones que originalmente no habían considerado la parte geótica o abiótica de la naturaleza, y también que se utilizaran términos inclusivos como patrimonio natural o diversidad natural, que hacen referencia a todos los componentes de la naturaleza, no solo a la parte viva o biótica, en cumplimiento de la

resolución WCC-2012-Res-048 aprobada por la propia UICN en su anterior congreso (5WCC) celebrado en Jeju (Corea del Sur) en 2012.

Además, estas organizaciones también redactaron y propusieron una moción para la conservación del patrimonio geológico mueble, que fue aprobada durante el periodo de votación electrónica del mes de agosto como resolución WCC-2016-Res-083 (https://portals.iucn.org/library/node/46500). Esta resolución intenta promover la regulación del tráfico internacional de patrimonio geológico mueble, como un paso más hacia la conservación integral del patrimonio natural y la diversidad natural. El convenio CITES (*Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora*) dio sus primeros pasos hace más de 40 años y hoy constituye un protocolo afianzado para la conservación de las especies amenazadas mediante el control de su comercio. Esta resolución busca unos resultados similares, en este caso centrados en el patrimonio geológico mueble.

A continuación resumimos las mejoras introducidas por F. Guillén Mondéjar (SEDPGyM y SGE) en otras mociones presentadas durante el periodo de discusión electrónica:

WCC-2016-Res-029: Incorporación de las dimensiones urbanas de la conservación en la labor de la UICN (https://portals.iucn.org/library/node/46446).
En el preámbulo de la resolución, uso del término inclusivo *naturaleza*, en lugar de sólo biodiversidad, y mención al patrimonio geológico como parte del patrimonio natural presente en el entorno de las ciudades.

WCC-2016-Res-038: Establecimiento de un Grupo de Tareas de la CMAP/UICN sobre un sistema respetuoso con las áreas protegidas (https://portals.iucn.org/library/node/46455).
En el preámbulo de la resolución, añadir la geodiversidad a la biodiversidad, y considerar el valor geológico, la geodiversidad y el patrimonio geológico en diferentes aspectos de la gestión de las áreas protegidas.

WCC-2016-Res-043: Asegurar el futuro de las turberas del mundo (https://portals.iucn.org/library/node/46460).
En el preámbulo de la resolución, añadir la geodiversidad a la biodiversidad, y considerar el valor de las turberas como archivo paleontológico y como zonas de gran interés científico porque registran la evolución del clima, la composición de la atmósfera, los procesos y los agentes geológicos, así como de la paleobiodiversidad del Cuaternario.

WCC-2016-Res-053: Protección de los entornos costeros de los residuos de la minería (https://portals.iucn.org/library/node/46470)
En el preámbulo de la resolución, añadir dos párrafos en los que se destaca el efecto de los residuos mineros en el medio marino, incluido el uso del término inclusivo *patrimonio natural* para referirse al conjunto de ecosistemas, hábitats, especies y patrimonio geológico submarinos.

WCC-2016-Res-058: Capital natural (https://portals.iucn.org/library/node/46475).
En el preámbulo de la resolución, uso del término inclusivo *diversidad natural*, en lugar de sólo biodiversidad.

WCC-2016-Res-060: Mejora de las normas relativas al ecoturismo (https://portals.iucn.org/library/node/46477).
En el preámbulo de la resolución, añadir el término geoturismo para referirse al turismo basado en la geodi-

versidad y el patrimonio geológico, e incluir la geodiversidad, el patrimonio geológico y los lugares de interés geológico entre los potenciales afectados por el impacto negativo de la actividad turística.

WCC-2016-Res-062: La Agenda 2030 para el desarrollo sostenible: integración de la conservación en el desarrollo (https://portals.iucn.org/library/node/46479).
Cambio del título para referirse a la conservación en general, en lugar de sólo a la biodiversidad. En el preámbulo de la resolución, añadir la geodiversidad como potencialmente afectada por los efectos del cambio climático, y que a su vez puede afectar a las trayectorias actuales del desarrollo.

WCC-2016-Res-063: Evitar la extinción en las zonas calcáreas kársticas (https://portals.iucn.org/library/node/46480).
En el segundo de los párrafos operativos, añadir la geodiversidad entre el tipo de conocimientos de las zonas calcáreas kársticas que los miembros de la UICN deben promover.

WCC-2016-Res-064: Refuerzo de las alianzas intersectoriales para reconocer las contribuciones de la naturaleza a la salud, el bienestar y la calidad de vida (https://portals.iucn.org/library/node/46481).
En el preámbulo de la resolución y en dos párrafos de la parte operativa, uso del término inclusivo *patrimonio natural*, en lugar de sólo biodiversidad.

WCC-2016-Res-070: Delitos contra el medio ambiente (https://portals.iucn.org/library/node/46487).
En el preámbulo de la resolución, incluir fósiles, minerales, meteoritos y rocas dentro del comercio ilícito de bienes que forman parte del patrimonio natural, mencionar la geodiversidad junto a la biodiversidad como potenciales afectados por ese comercio ilícito, y recordar la Resolución 4.040 (WCC-2008-Res-040) de la UICN.

WCC-2016-Res-076: Mejora de los medios de lucha contra los delitos ambientales (https://portals.iucn.org/library/node/46493).
En el preámbulo de la resolución, (a) incluir el comercio ilícito de patrimonio geológico (fósiles, minerales, rocas y meteoritos) y la destrucción de lugares de interés geológico, (b) reconocer que la Ley 42/2007 española no incluye, en el Titulo VI relativo a las infracciones y sanciones, los impactos en la geodiversidad y el patrimonio geológico, (c) recordar la Resolución 4.040 (WCC-2008-Res-040) de la UICN y la Recomendación Rec(2004)3 del Consejo de Europa. En varios párrafos de la parte operativa, añadir el término patrimonio geológico al resto de afectados por los delitos ambientales.

WCC-2016-Res-084: Educación ambiental y cómo dar carácter natural a los espacios en centros escolares para un saludable desarrollo y una mayor conexión con la naturaleza en la infancia (https://portals.iucn.org/library/node/46501).
En el preámbulo de la resolución, recordar la Resolución 4.040 (WCC-2008-Res-040) de la UICN. En varios párrafos de la parte operativa, (a) añadir el término geodiversidad a la biodiversidad, (b) usar términos inclusivos como *naturaleza* y *patrimonio natural*, en lugar de sólo biodiversidad, y (c) añadir la enseñanza de la geología y los museos de rocas.

WCC-2016-Res-085: Conectar a las personas con la naturaleza en todo el mundo (https://portals.iucn.org/library/node/46502).
En el preámbulo de la resolución, añadir el término geodiversidad a la biodiversidad, usar el término inclusivo *patrimonio natural*, en lugar de sólo biodiversidad, y recordar la Resolución 4.040 (WCC-2008-Res-040) de la UICN.

OTROS LOGROS E IMPLICACIONES PARA EL FUTURO

Además de los logros en el proceso de las resoluciones, los representantes de las tres organizaciones asistentes al congreso realizaron una sesión formativa en castellano e inglés sobre "las cinco geos", dirigida a profesionales de la conservación de la naturaleza y en la que se impartieron contenidos relacionados con la geodiversidad, el patrimonio geológico, la geoconservación, los geoparques y el geoturismo. La participación en el congreso también favoreció que el término inclusivo *naturaleza*, que incluye la geodiversidad y el patrimonio geológico, fuese incorporado en algunos puntos del Programa Global de la UICN 2017-2020, ya que en varias partes de su texto original se refería únicamente a la biodiversidad. Tomando como base este Programa Global se redactarán los Programas Regionales para cada una de las zonas del planeta en las que la UICN reparte su actividad. De esta manera, se incidirá en la planificación internacional de la conservación del patrimonio geológico como parte indisoluble del patrimonio natural a escala global, regional, estatal e incluso local.

CONCLUSIONES

Gracias a los representantes de SEDPGyM, ProGEO y SGE que presentaron y defendieron las propuestas, y a los otros miembros de la UICN que apoyaron y/o votaron a favor de las mismas, se ha conseguido un hito importante para la geoconservación: estar presentes en la agenda de la organización internacional más importante del planeta en relación con la conservación de la naturaleza, avanzando progresivamente hacia la geoconservación.

AGRADECIMIENTOS

Las tres organizaciones geoconservacionistas de la UICN (SEDPGyM, ProGEO y SGE), el IGME y la Generalitat de Catalunya apoyaron y financiaron la participación de EDM, NHM, JB y MMG en los últimos congresos de la UICN para la defensa y votación de las iniciativas de mociones, y que gracias a ello pudieron convertirse en resoluciones. Gracias también a la revisora Esperanza Fernández, que ha contribuido a mejorar la versión final del artículo.

REFERENCIAS

Brilha, J., Díaz-Martínez, E., Guillén Mondéjar, F. y Monge-Ganuzas, M. 2016. Catorce nuevas resoluciones de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) ayudarán a conservar la geodiversidad y el patrimonio geológico del planeta. *De Re Metalica*, 27, 102-103.

Díaz-Martínez, E., Herrero Martínez, N., Hilario Orus, A., Mata-Perelló, J.M., Meléndez Hevia, G., Monge-Ganuzas, M., Utiel Alfaro, J.C. 2016. La conservación del patrimonio geológico de los espacios naturales protegidos. *Boletín de Europarc España*, 42, 34-35.

Desarrollo local: Geoturismo, geoparques y parques geológicos

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

CARACTERIZACIÓN DEL GEOTURISTA EN UN GEOPARQUE DE MONTAÑA (SOBRARBE-PIRINEOS, HUESCA)

CHARATERISATION OF THE GEOTURIST IN A MOUNTAIN GEOPARK (SOBRARBE-PIRINEOS, HUESCA)

Á. Belmonte[1], L. Carcavilla[2], M.P. Ara[1] y S. Sampietro[1]

[1] Geoparque Mundial de la UNESCO Sobrarbe-Pirineos. Avda. Ordesa 79, 22340 Boltaña (Huesca).
anchelbr@unizar.es, promoción@sobrarbe.com, empleoydesarrollo@sobrarbe.com, gerencia@sobrarbe.com

[2] Instituto Geológico y Minero de España. C/ Ríos Rosas 23, 28003. l.carcavilla@igme.es

Resumen: Uno de los factores clave en el diseño de la oferta geoturística de un territorio es el perfil del visitante medio que puede acudir y utilizarla. En este sentido, la accesibilidad de los elementos geológicos visitables es un dato que, habitualmente, se valora positivamente cuanto más fácil resulta. Las áreas de montaña a menudo cuentan con un elevado número de lugares de gran interés y espectacularidad que requieren accesos largos y de un desnivel considerable, lo cual inicialmente puede considerarse como un hándicap. El Geoparque Mundial de la UNESCO Sobrarbe-Pirineos ha apostado por utilizar estos enclaves en el seno de su red de geo-rutas. El análisis preliminar del primer año de descargas de sus materiales correspondientes permite configurar un perfil de geoturista dispuesto a caminar largas distancias para acceder a lugares de interés geológico, acompañado de unos materiales interpretativos de calidad. Los espacios naturales protegidos demuestran ser también un motivo de atracción adicional para el usuario de las rutas.

Palabras clave: accesibilidad, geoparque, geo-rutas, geoturismo, Sobrarbe-Pirineos.

Abstract: *Concerning the design of the geotouristic offer of a territory, the profile of the average visitor that may be attracted and use it is a key factor. In this direction and in general terms, the easier the accessibility of the geological features that can be visited, the better. Mountain areas often have a great number of interesting and spectacular places that demand long accesses and large height differences, what it is considered as a handicap. Sobrarbe-Pirineos UNESCO Global Geopark has bank for using this sites in the frame of its geotrails network. Preliminary analysis of the geotrails leaflets first year downloads, lets configure a geotourists profile disposed to walk long distances in order to reach interesting geological sites, always with the support of quality interpreting materials. Natural protected areas are also an additional attractive for the user of the geotrails.*

Key words: *accesibility, geopark, geotourism, geotrail, Sobrarbe-Pirineos.*

INTRODUCCIÓN

Muchos de los espacios naturales que más visitantes atraen cuentan con un predominio de los elementos geológicos (Carcavilla *et al.,* 2007; 2011). La predilección por ese tipo de paisajes lleva incluso a su constitución como elementos icónicos que representan la imagen de un territorio. En áreas de montaña, como el Pirineo, hay encuestas en las que sobre un total de 10 lugares característicos, 9 son de carácter geológico (Serrano, 2015), lo que pone de relieve la capacidad de evocación y atracción que elementos como picos, glaciares o lagos pueden generar en el gran público.

La mayor parte de las definiciones de geoturismo incluyen referencias a que es una actividad relacionada con el patrimonio geológico y que precisa de herramientas de interpretación para hacer dicho patrimonio accesible al turista (Hose, 1995; Dowling y Newsome, 2006; Rushkys, 2007). Una de las necesidades que se presentan a la hora de elaborar dicho material interpretativo es precisamente la definición de la audiencia objetivo y del perfil de visitante, potencial geoturista, a un determinado espacio (National Park Service, 2007; Carcavilla *et al.*, 2011).

Los entornos montañosos plantean un problema peculiar a la hora de diseñar actividades y caracterizar al usuario: la accesibilidad. En la elaboración de inventarios de patrimonio geológico este término tiene una doble consideración, dado que por un lado la cercanía facilita el uso de un lugar pero también aumenta la probabilidad de degradación (Carcavilla *et al.*, 2007; García Cortes y Carcavilla, 2013). Por otro lado, en cordilleras de relieve importante, es tan frecuente la existencia de elementos de interés como su lejanía a lugares alcanzables en vehículo o en cortos trayectos a pie. ¿Cuánto está dispuesto a caminar un turista? ¿Qué desniveles a lo largo de un itinerario geológico son asumibles? Estos parámetros pueden condicionar el éxito o el fracaso del geoturismo en una región.

LA RED DE GEO-RUTAS DEL GEOPARQUE SOBRARBE-PIRINEOS

El Geoparque Mundial de la UNESCO Sobrarbe-Pirineos se ubica en el Pirineo central español (Figura 1). Su extensión es de 2200 km^2 y altitudinalmente comprende desde los 453 m s.n.m. del embalse de El Grado hasta los 3375 m del pico de Lardana, segunda altura de la cordillera. El norte del Geoparque es una zona de alta montaña (con unas 60 cumbres por encima de los 3000 m) que decrece hacia el sur, donde es frecuente la presencia de grandes encajamientos fluviales originando una densa red de cañones.

Geológicamente están representadas las principales unidades del Pirineo meridional (Figura 1), con litologías que abarcan del Cámbrico al Cuaternario, estructuras geológicas de los orógenos varisco y pirenaico y una enorme diversidad de morfologías predominando glaciares, periglaciares, kársticas y fluviales.

Sobre este marco complejo en lo geográfico y lo geológico, a partir del inventario de LIG y dentro del plan director del Geoparque, se diseñó una estrategia de interpretación de la geología como herramienta para desarrollar el geoturismo (Carcavilla *et al.*, 2012; 2013) Dicha estrategia contempló la instalación y renovación de paneles, una ruta geológica a pie de coche, 13 itinerarios geológicamente interpretados en BTT y una red de 30 geo-rutas a pie (Carcavilla *et al.*, 2015; Fernández-Martínez *et al.*, 2015).

Las geo-rutas se reparten de manera homogénea por el Geoparque y transitan por terrenos muy diversos. Varios itinerarios se adentran en zonas de alta montaña, finalizando incluso en cimas de más de 3000 m. Los folletos explicativos de cada una de las geo-rutas están disponibles en tres idiomas (español, inglés y francés) para su descarga gratuita en la página web del Geoparque (goo.gl/qrRkfQ) y, tras un año desde el lanzamiento oficial de la red, se dispone ya de datos de descargas totales por cada itinerario y en cada idioma.

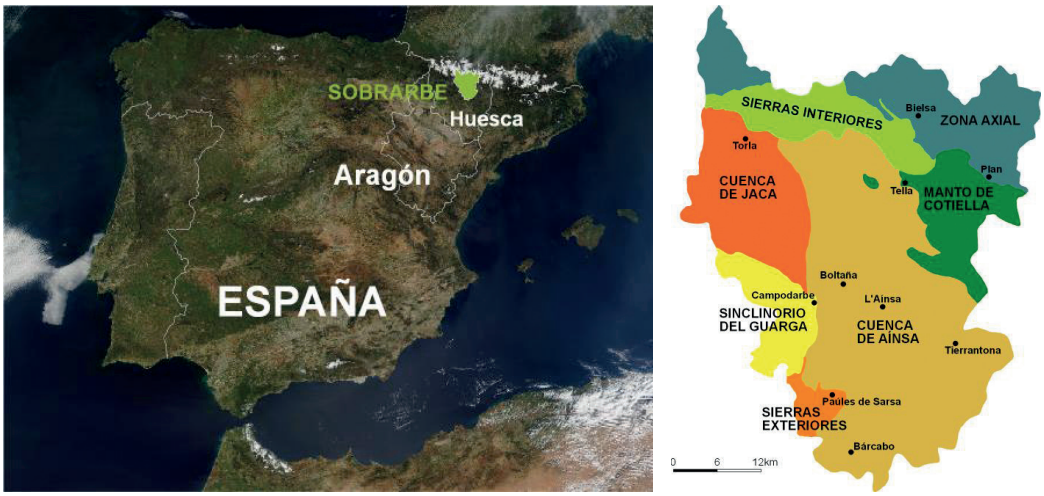


Figura 1. Localización geográfica del Geoparque Mundial de la UNESCO Sobrarbe-Pirineos y principales unidades geológicas que lo componen.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Durante el primer año se han producido un total de 9968 descargas. Las diez más descargadas se muestran en la Tabla 1.

Geo-ruta	Descargas
PN1 Ordesa	548
GR14 Bellostas	518
GR1 Espacio Geoparque	512
PN4 Cutas	433
PN9 Circuito Añisclo	400
GR9 Ordiso	388
GR3 Samitier	384
GR2 Aínsa	383
PN6 Balcón Pineta	375
GR5 Vero	362

Tabla 1. Geo-rutas con mayor número de descargas durante el primer año de disponibilidad en la página web del Geoparque (goo.gl/qrRkfQ).

Para un análisis más detallado se ha procedido a diferenciar cuatro características de cada itinerario que pueden aportar información de interés sobre los intereses del geoturista: desnivel, longitud, duración y

situación –o no– de la ruta en un espacio natural protegido (ENP). En cada uno de esos parámetros se han diferenciado varias categorías. Dado que el número de geo-rutas para cada una de las categorías resultantes no es similar, se ha procedido a homogeneizar la información aplicando la siguiente fórmula a cada categoría:

$$((n_i/x_i) \cdot 100) / \sum (n_i/x_i)$$

Donde n_i es el número de descargas de cada categoría y x_i el número de geo-rutas disponibles para una categoría. Los porcentajes así obtenidos se han representado gráficamente.

La Figura 2 muestra las gráficas para cada uno de los parámetros analizados. En las de desnivel, longitud y duración, la categoría 0 engloba la geo-ruta urbana que transcurre por L'Aínsa, la del centro de interpretación y dos que en su mayor parte se realizan en vehículo con cortos desplazamientos a pie.

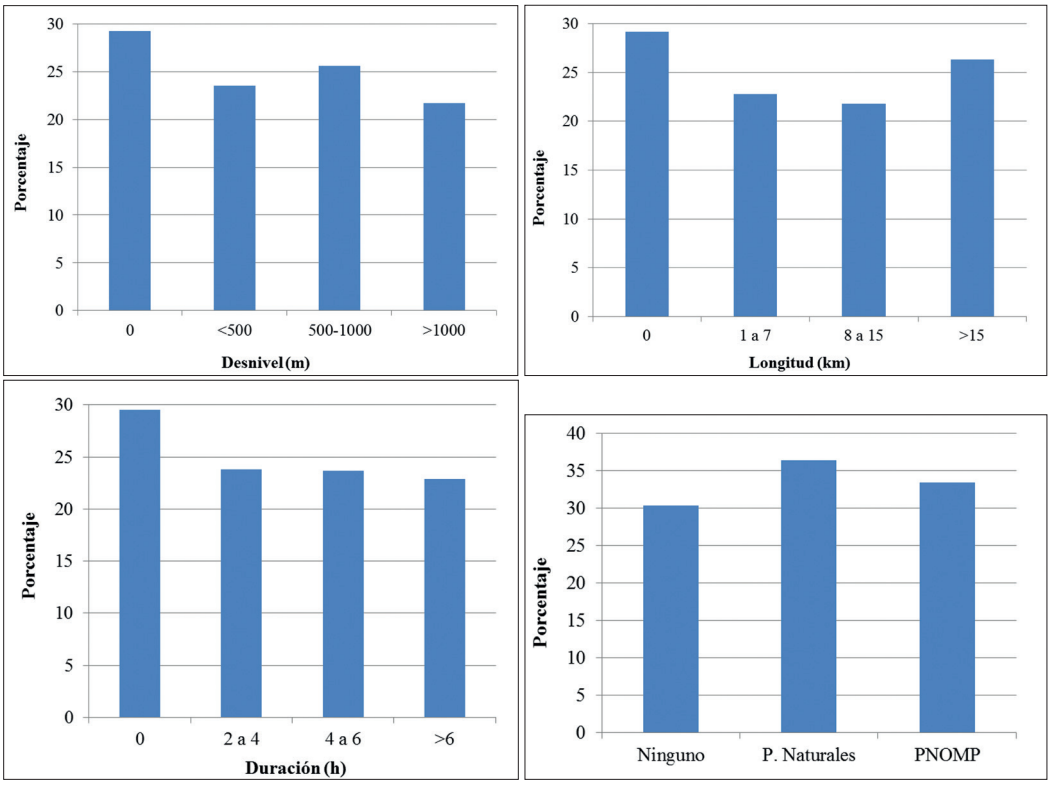


Figura 2. Porcentaje de descargas en función del desnivel, longitud, duración y pertenencia o no a un espacio natural protegido de la geo-ruta (PNOMP: Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido).

De la lectura de las gráficas se desprende que en cuanto a desnivel, longitud y duración, el mayor porcentaje de las descargas es de los itinerarios que requieren menos esfuerzo físico (categoría 0). En cualquier caso, siempre ese porcentaje es inferior al 30%. Para el desnivel, del resto de categorías la más popular es la de itinerarios de entre 500 y 1000 m de desnivel.

A excepción de la categoría 0, la longitud de los itinerarios más descargados supera los 15 km de recorrido. En lo que respecta a la duración, los de 2 a 4 horas son los más populares aunque sólo por centésimas de diferencia con los de 4 a 6 y con valores también muy próximos a los de más de 6 horas.

Finalmente, los itinerarios incluidos dentro del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y los parques Naturales de Posets-Maladeta y Sierra y Cañones de Guara (éste último especialmente) son preferidos porcentualmente respecto a los situados fuera de un espacio natural protegido.

El análisis conjunto de estos datos indica que las geo-rutas que requieren poco o nulo esfuerzo físico tienen una demanda importante. Son actividades abiertas a todo tipo de público sin importar su condición física o edad y además, especialmente la urbana y la del centro de interpretación, constituyen buenos puntos de partida previos a acometer otros itinerarios.

Sin embargo, el resto de datos ilustra que el usuario medio de las geo-rutas está dispuesto a caminar y a realizar esfuerzos físicos de cierta entidad para acceder a enclaves geológicos de alto valor estético, capaces de narrar la historia geológica del Pirineo.

Los ENPs incluidos, total o parcialmente, dentro del Geoparque demuestran ser importantes focos de atracción. La visibilidad y nivel de promoción y conocimiento por parte del visitante, generalmente de manera ya previa a su llegada al territorio, tienen un impacto favorable en el porcentaje de descargas.

CONCLUSIONES

El análisis preliminar de los datos de descargas de las distintas geo-rutas del Geoparque Sobrarbe-Pirineos indica que el geoturista medio está dispuesto a realizar itinerarios que cuentan con desniveles apreciables, próximos a los 1000 metros; largas longitudes, superiores a 15 km; y varias horas de duración, adentrándose de pleno en la alta montaña. Sin duda, la espectacularidad de los enclaves geológicos a los que se accede, y la información e interpretación de los mismos que incluyen los folletos descargados, son dos factores que justifican el esfuerzo físico realizado.

Es también evidente que la oferta ha de completarse con itinerarios que requieran un esfuerzo mínimo y sean por tanto accesibles a otro tipo de público de corte más familiar o simplemente no habituado a caminar por montaña.

Por último, los itinerarios incluidos en ENPs gozan porcentualmente de más popularidad, probablemente en relación con la mayor promoción y grado de conocimiento que el visitante tiene de ellos.

Un análisis más detallado, no sólo de cifras totales sino en función del idioma de descarga, permitirá afinar más el perfil del usuario de las geo-rutas y ampliar en el futuro la oferta en función de los resultados obtenidos.

AGRADECIMIENTOS

Los profesores Mª Luisa Forradellas y Joaquín Campo colaboraron en el análisis de los datos.

Juan Carlos Utiel realizó varios comentarios que mejoraron el manuscrito original.

REFERENCIAS

Carcavilla, L., López-Martínez, J. y Durán, J. J. 2007. *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos*. Publicaciones del IGME, Serie Cuadernos del Museo Geominero, 7, 360 pp.

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

Carcavilla, L., García-Cortés, A., Belmonte, A. y Ruiz, A. 2012. Análisis del patrimonio geológico del Geoparque de Sobrarbe (Huesca) y aplicaciones para la gestión. *Geo-Temas* 13, VIII Congreso Geológico de España, Oviedo.

Carcavilla, L., García-Cortés, A., Belmonte, A. y Ruiz, A. 2013. El Plan Director de Geoconservación del Geoparque de Sobrarbe (Huesca): una herramienta para la gestión. En: Vegas, J., Salazar, A., Díaz-Martínez, E. y Marchán. C., *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo*. Instituto Geológico y Minero de España, Cuadernos del Museo Geominero 15, Madrid, 185-193.

Carcavilla, L., Fernández, E., Belmonte, A. y Ruiz, A. 2015. Estrategias de divulgación de la geología del Geoparque de Sobrarbe: I. La red de geo-rutas a pie. En: Hilario, A., Mendia, M., Monge-Gamuzas, M., Fernández, E., Vegas, J. y Belmonte, A., *Patrimonio geológico y geoparques, avances de un camino para todos*. Cuadernos del Museo Geominero 18, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 483-488.

Dowling, R.K. y Newsome, D. (eds.). 2006. *Geotourism*. Elsevier y Butterworth Heinemann, 266 pp.

Fernández-Martínez, E., Carcavilla, L., Belmonte, A. y Ruiz, A. 2015. Estrategias de divulgación del Geoparque de Sobrarbe: II. Los paneles de las geo-rutas a pie de carretera y BTT. En: Hilario, A., Mendia, M., Monge-Gamuzas, M., Fernández, E., Vegas, J. y Belmonte, A., *Patrimonio geológico y geoparques, avances de un camino para todos*. Cuadernos del Museo Geominero, nº18, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 489-494.

García-Cortés, A. y Carcavilla, L. 2013. Documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG), 02/02/17, http://www.igme.es/patrimonio/novedades/METODOLOGIA%20IELIG%20web.pdf.

Hose, T.A. 1995. Selling the Story of Britain's Stone. *Environmental Interpretation*, 10, 2, 16-17.

National Park Service. 2007. Foundational Competencies for All National Park Service

Interpreters, 25/03/2017, http://www.nps.gov/idp/interp/101/FoundationsCurriculum.pdf consultada

Rushkys, U. 2007. *Patrimonio geológico e geoconservaçao no Quadrilátero Ferrífero, Minas Gerais: potencial para a criaçao de um geoparque da UNESCO*. Instituto Geociencias, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, Tese de Doutorado, 211 pp.

Serrano, D. 2015. Los 10 imprescindibles. *Grandes Espacios*, 211, 16-26.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

ANÁLISIS PRELIMINAR COMPARATIVO DE DOS GEOPARQUES ESPAÑOLES MUNDIALES DE LA UNESCO CON DIFERENTES ETAPAS DE DESARROLLO

PRELIMINARY COMPARATIVE ANALYSIS BETWEEN TWO SPANISH UNESCO GLOBAL GEOPARKS WITH DISTINCT DEVELOPMENT STAGES

T. Canesin[1], J. Brilha[2], E. Díaz-Martínez[3], J.A. Sánchez[4]

[1] Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad del Minho, Campus de Gualtar, 4710-057, Braga, Portugal. thaissiqueirac@yahoo.com.br.

[2] Instituto de Ciencias de la Tierra, Polo de la Universidad del Minho, Campus de Gualtar, 4710-057, Braga, Portugal. jbrilha@dct.uminho.pt.

[3] Instituto Geológico y Minero de España (IGME), Ríos Rosas, 23, 28003, Madrid. e.diaz@igme.es.

[4] ARGEOL. La Fuente 11, 34839, San Martín de Perapertú, España. geoloras@gmail.com, jafabian@yahoo.com.

Resumen: España es el país europeo con mayor número de Geoparques Mundiales de la UNESCO (GMU). El Geoparque de Las Loras (GLL) en el norte de la Comunidad Autónoma de Castilla y León es uno de los recientemente aceptados por la UNESCO, a pesar de haber comenzado sus primeros trabajos hace 12 años. El Geoparque de la Comarca de Molina de Aragón-Alto Tajo (GMAT) está situado en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, fue incorporado a la Red Global de Geoparques en 2014, después de 8 años de desarrollo en la provincia de Guadalajara. Ambos ocupan un territorio de media montaña con singulares recursos históricos y culturales, y atraen a turistas interesados en la naturaleza y la cultura locales. El desarrollo de estos proyectos durante los últimos 10 años, la identificación de buenas prácticas y los desafíos que puedan aplicarse en otros proyectos de geoparque son resaltados en este trabajo. También hay un enfoque en acciones de geoconservación, educación y geoturismo, para determinar si hay diferencias cuando se comparan dos geoparques con historias y etapas de desarrollo distintas.

Palabras clave: España, Geoparque Mundial de la UNESCO, Gestión en Geoparques, Patrimonio Geológico.

Abstract: *Spain is the European country with the highest number of UNESCO Global Geoparks (UGG). The Las Loras Geopark (LLG) in the north of Castilla and León Autonomous Community is one of the most recently accepted by UNESCO, despite starting its first actions 12 years ago. Molina and Alto Tajo Geopark (MATG) is located in the Autonomous Community of Castilla-La Mancha and was accepted in the Global Geoparks Network in 2014, after 8 years of development in Guadalajara province. Both occupy a territory of medium mountain with singular historical and cultural resources, and attract tourists interested in mountaineering and local culture. We herein emphasize their development during the last 10 years, and the identification of good practices and challenges that can be applied to other geopark projects. There is also a focus on geoconservation, education and geotourism actions, in order to understand the differences when comparing two geoparks with different histories and stages of development.*

Keywords: *Geoheritage, Geopark Management, Spain, UNESCO Global Geoparks.*

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Los geoparques son estrategias de desarrollo territorial a medio-largo plazo. Este trabajo pretende comparar dos geoparques españoles en etapas diferentes de desarrollo, desde el modo de funcionamiento de los mismos, hasta los resultados alcanzados en el territorio en función del tiempo. Además de la cuestión del tiempo, el tamaño de un geoparque es también un factor que puede influir en su funcionamiento. Habitualmente, cuanto mayor sea el área, mayor será la dificultad de hacer una gestión adecuada, debido a la diversidad y amplitud que las acciones pueden tener en el territorio. La identificación de problemas y/o casos comunes puede ayudar a otros geoparques de España y otros países.

El Geoparque de Las Loras (GLL) está en el norte de la Comunidad Autónoma de Castilla y León ocupando parte de las provincias de Burgos y de Palencia con una superficie total de 950 km^2 (VV.AA., 2015) (Figura 1). Los primeros esfuerzos comenzaron hace 12 años con una propuesta de reserva geológica, la solicitud a la UNESCO ocurrió en 2015, y la ratificación como Geoparque Mundial de la UNESCO (GMU) está prevista para mayo de 2017. El Geoparque de la Comarca de Molina de Aragón-Alto Tajo (GMAT) está en la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha, ocupando el tercio oriental de la provincia de Guadalajara con una superficie total de poco más de 4000 km^2 (VV.AA., 2012) (Figura 1). Después de 8 años de desarrollo de actividades en el Parque Natural del Alto Tajo (PNAT) y en el museo de Molina de Aragón, fue integrado en la Red Mundial de Geoparques en 2014. Los dos territorios ocupan áreas de relieves medianos con recursos naturales y culturales singulares, y atraen a turistas interesados en la geología, el senderismo y la cultura local.

Esta investigación se basa en el desarrollo de estos dos proyectos durante los últimos 10 años, ya sea como GMU o no, incluyendo las disparidades entre el tiempo de pertenecer a la UNESCO y formar parte de la Red Global, lo que puede generar diferencias en las acciones y proyectos junto a los gobiernos y población local. El enfoque de la investigación es en las acciones de geoconservación, educación y turismo, así como en la gestión general de los proyectos.

La importancia de investigar estos dos territorios es que, por un lado, el GLL es un proyecto que está en desarrollo con cierta solidez en la región desde hace más de una década, además es un ejemplo de gestión interprovincial del territorio (Burgos y Palencia) y con reciente incorporación a la UNESCO. Por otro lado, el GMAT es un proyecto con menos años de actuación, salvo la región del Parque Natural del Alto Tajo (PNAT), con un territorio uniprovincial (Guadalajara) extendido a toda la comarca, y es un ejemplo de gestión e incorporación a la UNESCO hace 3 anos. De este modo, mediante el análisis de dos proyectos en diferentes etapas de desarrollo a través de esta investigación, se puede aportar sugerencias válidas para otros geoparques, además de destacar los principales desafíos de los proyectos aspirantes y dar a conocer las buenas prácticas que ya se encuentran en ejecución.

METODOLOGIA

La investigación se enfoca tanto en el GLL como en el GMAT en: (i) acciones de geoconservación, tales como inventario, protección legal, conservación *in situ*, monitoreo y evaluación de lugares de interés geológico (LIGs); (ii) acciones educativas, como recursos didácticos, centros interpretativos y museos; y (iii) acciones de geoturismo, en particular asociaciones con empresas, visitas guiadas, sitios turísticos y museos. En el ámbito de esta investigación también se caracteriza la gestión general de los geoparques. La recogida de datos tuvo lugar entre septiembre de 2016 y abril de 2017 a partir del análisis de la documentación de ambos geoparques, trabajo de campo e información disponible por los equipos de gestión de ambos geoparques.

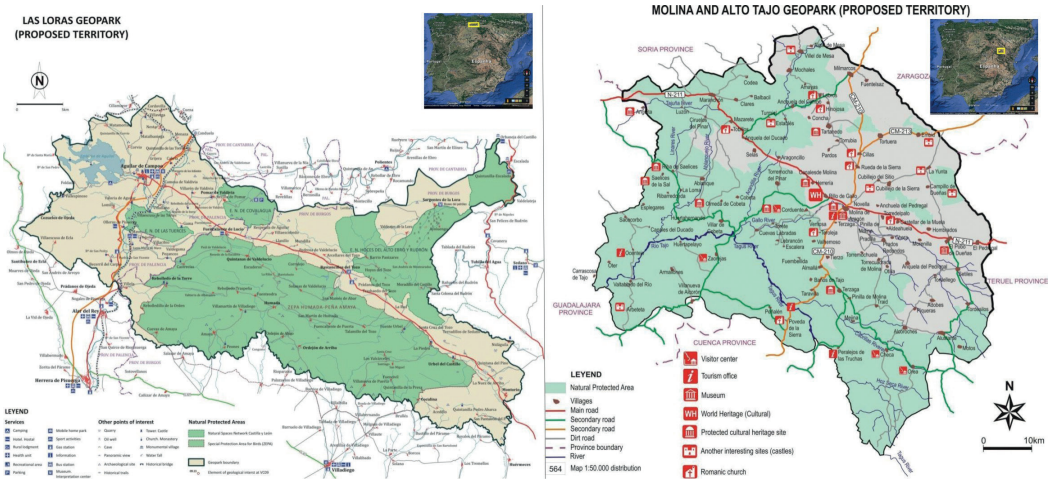


Figura 1. Localización de los geoparques de Las Loras (izquierda) y de Molina y Alto Tajo (derecha) y mapa general de ambos territorios. Figuras modificadas de VV.AA. (2012, 2015).

MARCO GEOLÓGICO

Desde el punto de vista geológico, el GLL está situado al sureste del Macizo Paleozoico Asturiano, en el extremo suroeste de la Cuenca Vasco-Cantábrica, y el GMAT se encuentra en la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica. Ambos presentan principalmente rocas mesozoicas, aunque también hay materiales paleozoicos y cenozoicos en formaciones discontinuas con menor representación.

El GLL se encuentra en una posición privilegiada para el conocimiento y la comprensión de la estratigrafía y la evolución sedimentaria de los yacimientos mesozoicos en su sector de la cuenca vasco-cantábrica (VV. AA., 2015), con un buen registro sedimentario desde el Triásico Superior hasta el Paleógeno, en condiciones excepcionales de afloramiento.

En el territorio de Las Loras se encuentran diferentes tipos de fósiles, destacando tanto los restos de dinosaurio ornitópodo como los de macroflora fósil del Jurásico tardío. Los primeros representan una de las pocas citas de este grupo de ornitópodos en formaciones europeas y apoyan la presencia de *Camptosaurus* en el Cretácico basal según Pereda Suberbiola *et al.* (2006). La macroflora es globalmente escasa y es la primera vez que se encuentra en España, aportando información sobre la fitogeografía y el paleoclima (Diéguez *et al.*, 2009).

El GMAT presenta rocas paleozoicas desde el Ordovícico hasta el Pérmico, generalmente circunscritas a los núcleos de grandes estructuras de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica. La mayor parte de las rocas del área del geoparque son rocas carbonatadas jurásicas de origen marino. Destaca la presencia de importantes series estratigráficas paleozoicas (Ordovícico y Silúrico) y mesozoicas (Triásico, Jurásico y Cretácico Superior). Además, también destaca la amplia variedad litológica, geomorfológica y tectónica presente en toda la superficie del geoparque, incluyendo niveles muy fosilíferos de diferentes edades (VV. AA., 2012).

PRESENTACIÓN DE DATOS

Las actividades de geoconservación del GLL se basan en un inventario no sistemático actualizado en 2015 para la candidatura, en el que se describieron 94 LIG y 12 categorías temáticas. Hay diferentes tipos de espacios protegidos afectados por el Plan de Espacios Naturales Protegidos, la Red Natura 2000 y la Carta Europea de Turismo Sostenible en Áreas Protegidas. Las áreas que no están en los espacios protegidos se encuentran bajo la Ley Nacional 33/2015, que modifica la Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y Biodiversidad.

Desde el GLL se han elaborado cuatro geo-rutas señalizadas e interpretativas que se suman a otras rutas con paneles en la zona del Parque Natural Hoces de Alto Ebro y Rudrón, además de varias rutas ornitológicas realizadas por los grupos de desarrollo local. Existe también una ruta audio-guiada y un *LIG* monitorizado las 24 horas del día. Se trata de la Cueva de los Franceses, una formación kárstica que está abierta a las visitas y controlada debido a su fragilidad. Además, desde el GLL se desarrollan numerosas actividades educativas, tanto para universitarios como para escolares. Ejemplos de estas actividades son geolodías, geosemanas, proyecto Erasmus *plus* con alumnos del IES de Villadiego, totalizando cerca de 500 alumnos que participan de las actividades desde 2013. Los centros interpretativos y museos con referencia al patrimonio geológico son cuatro. Además, hay otros museos de interés cultural, ya que la región es una referencia del románico ibérico.

En el ámbito del turismo, se trata de un geoparque que todavía está desarrollando su potencial. Los productos locales y actividades del territorio son las galletas, el queso de oveja y cabra, la artesanía del cuero y la cerámica, entre otros. Existen tres puntos de información turística y museos de arqueología, etnografía, escultura y románico.

La coordinación de la gestión del GLL la lleva ARGEOL, la Asociación de la Reserva Geológica Las Loras, formada por diversas asociaciones y administraciones locales que representan diferentes lugares del territorio y sus intereses, y que es la que ha liderado la solicitud de reconocimiento por la UNESCO. En la gestión se incluyen tres grupos de trabajo: Comisión Ejecutiva, Comité Científico y Comité Socio-Económico. La financiación procede principalmente de los grupos de desarrollo local, además de fondos que han destinado los gobiernos provinciales de Burgos y Palencia.

En el GMAT, las actividades de geoconservación también están basadas en un inventario no sistemático del territorio, a su vez basado en varios inventarios pre-existentes, principalmente en el área del Parque Natural del Alto Tajo (PNAT) y el inventario nacional español (IELIG y Global Geosites desarrollado por el IGME). Hay un listado de 64 LIGs, entre ellos el 75% se encuentran en el PNAT (VV.AA., 2012) y forman parte de once rutas interpretativas con itinerarios señalizados.

El territorio del GMAT engloba espacios integrados en Parque Natural, Monumento Natural y Red Natura 2000. La comunidad autónoma de Castilla-La Mancha cuenta con la Ley 9/1999 de Conservación de Naturaleza, que comprende el patrimonio geológico a través de diferentes medidas (Carcavilla *et al*., 2012), además de la Ley Nacional 33/2015. Actualmente hay un LIG monitorizado para estudiar la evolución de la eventual degradación por la acción de procesos naturales, con el objetivo de crear una propuesta para su gestión y conservación adecuadas.

Las visitas guiadas en esta zona son esencialmente a tres lugares: Cueva de Los Casares, Castro del Ceremeño y Museo Comarcal de Molina. Como actividades educativas frecuentes se destacan visitas anuales al Museo de Molina y al Castro del Ceremeño, además del curso anual sobre patrimonio geológico, que se realiza conjuntamente con la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). En el territorio del PNAT hay cuatro centros de interpretación, y en el resto del territorio hay cinco museos con temáticas variadas: arqueología, paleontología, Celtiberia, etnografía, trashumancia y medio ambiente.

La Asociación de Amigos del Museo de Molina gestiona el GMAT con apoyo de dos comités, ejecutivo y científico. La financiación proviene de los grupos de desarrollo local de Molina de Aragón (proyectos concretos), gobierno regional (proyectos concretos), Diputación Provincial de Guadalajara (cantidad fija), Ayuntamiento de Molina de Aragón (cantidad fija) y Asociación de Amigos del Museo de Molina (cantidad fija).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN PRELIMINAR

Un análisis preliminar de los datos del GLL sugiere que las actividades de divulgación y de educación de este geoparque han permanecido activas en el territorio durante estos 12 años, sin olvidar los vínculos y el apoyo de los grupos de desarrollo local. Sin embargo, las acciones de geoconservación son las menos desarrolladas. La realización de un inventario geológico sistemático con una metodología reconocida, además del monitoreo y una evaluación cuantitativa de los lugares de interés geológico es prioritaria, pues podría ayudar a controlar el riesgo de degradación y a orientar el uso público adecuado, ya sea científico, educativo y/o turístico. Además, el geoparque podría hacer propuestas en relación a legislación de los gobiernos regionales y locales, utilizando como ejemplo la legislación de otras comunidades autónomas.

El GMAT posee una destacada puesta en valor del patrimonio geológico, esencialmente en el área del PNAT, con las geo-rutas y centros de divulgación e interpretación, los cuales incrementan el valor turístico. La legislación autonómica permite la conservación de zonas para las que hasta hace poco no había figuras de protección. Por otro lado, el reconocimiento minucioso del territorio que se encuentra fuera del PNAT, el aprovechamiento y divulgación, tanto para el incremento turístico como para la evaluación sistemática científica, a través de un inventario geológico sistemático y evaluación cuantitativa, ayudaría a identificar el potencial de uso educativo, turístico y científico. Además, sería interesante un incremento en las actividades educativas con escolares del propio territorio del GMAT. Con ello se daría más valor al propio patrimonio y se involucraría a la población local en el contexto del geoparque.

Tanto en el GLL como en el GMAT destacan algunos ejemplos de buenas prácticas: (1) actividad educativa de intercambio de alumnos y profesores entre geoparques europeos; (2) presentación del geoparque a los evaluadores de la UNESCO llevada a cabo por alumnos residentes en el territorio; (3) puesta en valor del patrimonio geológico a través de una divulgación sencilla y accesible a los visitantes; y (4) talleres llevados a cabo por artesanos locales con énfasis en la historia y cultura territorial.

Por otro lado, los geoparques no parecen estar concienciados sobre la prioridad de la geoconservación. Esta conclusión resulta del hecho de que no existen inventarios sistemáticos de todo el territorio de los geoparques, realizados con el mismo método y evaluación, incluyendo tanto el valor científico y el riesgo de degradación, como el uso potencial educativo y turístico. Del mismo modo, aunque hay actividades educativas en los dos geoparques, no hay programas educativos completos disponibles para los diferentes niveles de educación y dirigidos a diferentes disciplinas con el fin de convertir los territorios de los geoparques en laboratorios de enseñanza, como ocurre, por ejemplo, en los geoparques portugueses (Catana, 2012; Catana & Rocha, 2009). Es importante destacar que, en el periodo anterior al reconocimiento por la UNESCO, se convirtió en un desafío demostrar a los gobiernos locales la importancia y posibilidad de que el patrimonio geológico pueda ser utilizado como herramienta de desarrollo local sostenible. Una vez reconocido por la UNESCO, otro problema es conseguir llegar a todo un territorio tan extenso con acciones de concientización y divulgación del patrimonio, tanto entre la población local como entre los visitantes.

El análisis de un geoparque que inició su desarrollo en el territorio desde el principio, y otro que fue establecido aprovechando la infraestrutura pre-existente, permite concluir que, cuando ya se tiene estructura previa, la facilidad de inversiones y diversificación de las actividades es mayor y con esperanza de mejores resultados desde el primer momento, a corto y medio plazo. Un geoparque que parte de cero (desde la no existencia) tiene mayores desafíos para las inversiones y el desarrollo general de las actividades, pudiendo asegurar la obtención de resultados sólo a medio y largo plazo.

A pesar de que los dos geoparques analizados poseen una historia y una evolución distintas, no parece haber diferencias sustanciales en las acciones fundamentales desarrolladas en ellos relacionadas con geoconservación, educación y geoturismo.

AGRADECIMIENTOS

El programa Erasmus *plus* financió seis meses de recogida de datos y prácticas en España. El Instituto Geológico y Minero de España (IGME) acogió a la primera autora, proporcionando información y apoyo. El GALL y el GMAT colaboraron con la investigación y la logística. La Universidad de Minho (Portugal) apoyó la investigación. Gracias a Marta Perruca y Manolo Monasterio por las sugerencias y revision del artículo.

REFERENCIAS

Carcavilla, L., Ruiz, R., Rodríguez, E. 2011. *Guía Geológica del Parque Natural Alto Tajo*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 267 pp.

Catana, M. M. 2012. An overview of the five years of the Naturtejo Geopark (Portugal) Educational Programmes and the next challenges. En: Sá, A. A, Rocha D., Paz, A. y Correia, V. (eds.), *Proceedings of the 11th European Geoparks Conference*. Associação Geoparque Arouca, Arouca, Portugal, 73-74.

Catana, M. M., Rocha, D. 2009. The role of the educational programs on tourism development of Naturtejo and Arouca Geoparks. En: Neto de Carvalho C., Rodrigues J. (eds.), *Proceedings of the VIII European Geoparks Conference*. Idanha-a-Nova, Portugal, 61-65.

Diéguez, C., Hernández J. M. y Pujalte, V. 2009. A fern-bennettitalean floral assemblage in Tithonian-Berriasian travertine deposits (Aguilar Formation, Burgos-Palencia, N Spain) and its paleoclimatic and vegetational implications. *Journal of Iberian Geology*, 35 (2), 127-140.

Pereda Suberbiola, X., Ruíz-Omeñaca, J. I., Hernández, J. M. y Pujalte, V. 2006. Primera cita de un dinosaurio ornitópodo en el Cretácico Inferior (Berriasiense) del SO de la Cuenca Vasco-Cantábrica (Palencia, España). *Revista de la Sociedad Geol*ógica de *España*, 19 (3-4), 219-231.

VV.AA. 2012 Report of the Official Application of Molina & Alto Tajo Geopark, 10/01/2017, http://www.geoparquemolina.es/web/guest/application-geopark-dossier.

VV.AA. 2015. Report of the Official Application of Las Loras Geopark, 30/10/2016, http://proyectogeoparquelasloras.es/index.php/documentos.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

INVENTARIO E ITINERARIO PARA GEOTURISMO URBANO EN CIDADE VELHA (ISLA DE SANTIAGO, REPÚBLICA DE CABO VERDE)

INVENTORY AND ITINERARY FOR URBAN GEOTOURISM IN CIDADE VELHA (SANTIAGO, REPUBLIC OF CAPE VERDE)

F.J. Dóniz-Páez[1,2], J.M. Veiga-Pereria[3], R. Becerra-Ramírez[4,2], E. González-Cárdenas[4,2] y E. Escobar-Lahoz[4,2]

[1] Departamento de Geografía e Historia. Universidad de La Laguna, Campus de Guajara s/n 38071, La Laguna, Tenerife, España. jdoniz@ull.es

[2] Instituto Volcanológico de Canarias (Involcan), Hotel Taoro, s/n, 38400, Puerto de La Cruz, Tenerife, España

[3] Facultade de Ciências e Tecnologia. Universidade de Cabo Verde, Campus de Palmarejo, CP-279, Praia, Santiago, Cabo Verde. Jose. pereira@docente.unicv.ed.cv

[4] Geovol. Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Castilla-La Mancha, Avda. Camilo José Cela, s/n, Ciudad Real, España. Rafael.becerra@uclm.es, Elena.gonzalez@uclm.es

Resumen: El geoturismo urbano se presenta como una modalidad de turismo muy novedosa que consiste en explotar turísticamente procesos, formas y afloramientos geológicos presentes dentro de las ciudades. Esta comunicación propone por primera vez un itinerario de geoturismo urbano en Cidade Velha (Santiago, Cabo Verde) a partir del inventario, caracterización y valoración del patrimonio geomorfológico presente en los diferentes geomorfositios o en el patrimonio cultural tangible inmueble. Se han seleccionado trece lugares, cuatro naturales y nueve culturales. En función de la variedad de recursos inventariados y de las posibilidades que ofrece esta nueva modalidad de ocio turístico, el itinerario propuesto es de carácter espacial.

Palabras clave: Cabo Verde, Cidade Velha, Geopatrimonio, Geoturismo urbano, Patrimonio cultural.

Abstract: *Urban geotourism appears as an innovative form of tourism consisting in exploiting the visible geology and geomorphology in the cities. This paper proposes for the first time a geotourist itinerary in the city of Cidade Velha (Santiago, Cape Verde) using the catalogue, classification and assessment of the geomorphological heritage existing in the various geomorphosites or in the tangible cultural heritage. We selected thirteen places, four natural and nine cultural. According to the variety of resources catalogued and the possibilities offered by this new form of tourist leisure, the itinerary considered responds to the geographical space.*

Key words: *Cape Verde, Cidade Velha, Cultural heritage, Geoheritage, Urban geoturism.*

INTRODUCCIÓN

El turismo es una actividad enormemente compleja y con fuertes impactos territoriales y puede tener efectos no deseados si no se planifica bien. En este sentido, en destinos turísticos consolidados los síntomas

de agotamiento del producto sol y playa están llevando a los diferentes actores implicados a buscar alternativas que reorienten su oferta de ocio. Es aquí donde los nuevos productos y experiencias turísticas cobran su máximo sentido, surgiendo como alternativa factible y real a las nuevas demandas de ocio y dando respuesta al estancamiento y declive de algunos destinos turísticos que se manifiesta tanto en la disminución del número de visitantes como en el deterioro de los equipamientos e infraestructuras turísticas. Sin embargo, también en destinos turísticos culturales se está ampliando la oferta turística a pesar de que no se estén reconociendo los síntomas de agotamiento más propios de los destinos de sol-playa.

Existe una amplia variedad de nuevos productos y experiencias turísticas relacionada con la singularidad de los atractivos que ofrecen los diferentes destinos. Dentro de esta diversidad, el geoturismo se presenta como una modalidad relativamente novedosa (Dóniz-Páez y Quintero, 2016) basada en promocionar los valores y el beneficio social de los lugares de interés geológico y geomorfológico (en Carcavilla, 2012) en sitios naturales y urbanos. Aunque el geoturismo asociado a espacios naturales cuenta con cierto recorrido científico y práctico como lo atestigua la red mundial de geoparques (Dóniz-Páez, 2016), el geoturismo urbano es mucho más reciente y las aportaciones continúan siendo escasas, destacando algunos ejemplos nacionales en ciudades como Segovia, Burgos, Tenerife, etc. (Díez-Herrero y Vegas, 2011; Fernández-Martínez *et al*., 2012; Dóniz-Páez *et al*., 2015; Dóniz-Páez y Quintero, 2016; Dóniz-Páez *et al*., 2016). Por esta razón son necesarios estudios científicos sobre geoturismo urbano orientados a mejorar sus métodos de análisis, a incrementar los inventarios de recursos geourbanos y a ampliar los lugares en los que se pueda practicar.

El objetivo de la comunicación es desarrollar el primer itinerario geourbano en la isla de Santiago en Cabo Verde asociado a un destino que no es de sol y playa, sino de tipo cultural y que por tanto todavía no muestra síntomas de agotamiento. Para ello se ha elegido *Cidade da Ribeira Grande de Santiago* o *Cidade Velha* fundada en 1462 y declarada como ciudad en 1534 (Pereira, 1988). La elección de esta urbe está en relación con tres aspectos históricos responsables de su esplendor patrimonial. Uno, que fue la primera ciudad colonial erigida en el país después de la conquista de los portugueses en 1460 (Pereira, 1988). Dos, fue también la primera capital de Cabo Verde a partir de 1462 hasta 1769 y ello a pesar de que en 1652 la capitalidad se traslada a Praia (Pereira, 1988). Y tres, que fue la primera sede del obispado de África occidental en 1534 y la capital eclesiástica de Cabo Verde a proposición del rey Juan III (Silva-Santos, 2014). Estos aspectos contribuyeron a que Cidade Velha fuese el centro urbano más importante de Cabo Verde durante varios siglos (Pires, 2007) a lo largo de los cuales se erigió un importante patrimonio cultural material que hace de la ciudad el principal sitio histórico del país (Silva-Santos, 2014), por lo que en 2009 fue declarada Patrimonio de la Humanidad por la Unesco, siendo el único lugar de Cabo Verde incluido en la lista.

ÁREA DE ESTUDIO

Cidade Velha pertenece al municipio de Ribera Grande y se localiza en la costa sur de la isla de Santiago (N 14º 54´ 54.5´´ O 23º 36´18,7´´) (Figura 1). En la elección del emplazamiento de la ciudad, en función de su origen y posterior crecimiento, se pueden reconocer dos unidades topográficas condicionadas por su origen geológico y su evolución geomorfológica. De un lado, los sectores de topografía plana que coinciden con las primeras instalaciones de Cidade Velha en el siglo XV en la ribera y desembocadura del río; y su expansión en el s. XVII hacia el NW (barrio de S**ã**o Bras) a lo largo del delta y al NE (barrio de S**ã**o Sebastiao) en la isla baja de origen volcánico. Por otro, los sectores más accidentados asociados a las lavas tabulares de los acantilados fósiles y a los taludes del río, donde en el s. XVII se creó el barrio de S**ã**o Pedro.

El origen de la ciudad está vinculado con su posición estratégica en las rutas comerciales marítimas de los europeos en el contacto África-Europa-América y Asia por la ruta de Cabo Verde (Silva-Santos, 2014). Su localización en un puerto natural respondía a los objetivos de contar con una base para la protección de las rutas marítimas y con disponer de puertos abrigados para la protección de navíos, factorías comerciales o núcleos de colonización territorial (Teixeira y Margaria 1999). Por ello eligieron zonas con fuertes riscos elevados y haciendo que la ciudad solo fuese visible desde el mar (Brásio, 1962) asegurando mejor su protección contra los ataques de piratas y corsarios; y que es posible reconocer en su rica arquitectura militar. Las montañas y la cobertera vegetal (acacias, palmeras, mangos) son los dos elementos que caracterizan el paisaje de Cidade Velha y solo en puntos estratégicos se colocaron los edificios que dejan ver algo de su aspecto urbano (Silva-Santos, 2014).



Figura 1. Localización de Cidade Velha y de los lugares de interés geourbano. Fuente de la base cartográfica fotográfica: Google maps (2017) y Ortofoto 1/2000 (Carvalho *et al.*, 2008).

METODOLOGÍA

La metodología consistió en la identificación, inventario, clasificación y valorización del patrimonio geológico y geomorfológico (Serrano y González-Trueba, 2005) presente en Cidade Velha llevado a cabo en dos salidas en noviembre de 2015 y julio de 2016. Para ello se utilizó una ficha de campo modificada a partir de las empleadas en trabajos previos para inventariar los recursos turísticos (Vera *et al.*, 2011), los valores científicos, culturales y de usos y gestión del patrimonio geomorfológico (Serrano y González-Trueba, 2005; González *et al.*, 2014) y el geoturismo urbano (Dóniz-Páez *et al.*, 2015) en la que se recogía información sobre la gea presente en afloramientos naturales (acantilados, barrancos, islas bajas, playas, etc.) y en el patrimonio cultural tangible inmueble de la ciudad (fortalezas, iglesias, conventos, puerto, plazas, etc.). Posteriormente

se seleccionaron los lugares más representativos y que mejor visibilizaban la geodiversidad urbana de Cidade Velha y los que poseían mayor potencialidad interpretativa de la geología-geomorfología de la ciudad.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Cidade Velha inicialmente se localizaba en la ribera y desembocadura de un rio activo (Amaral, 1964) que condicionó totalmente su trazado y su morfología urbana dificultando su expansión (Silva-Santos, 2014; Teixeira y Margaria, 1999), aunque posteriormente se fue ampliando hacia las zonas topográficas más elevadas (Pires, 2007) dando lugar a los diferentes barrios. El Barrio Bajo dispone de un trazado curvo y discontinuo por lo accidentado del relieve, mientras que el Barrio Alto es más continuo debido a la topografía más plana (Silva-Santos, 2014) de la isla baja sobre la que se asienta. En este sentido, Cidade Velha constituye un claro ejemplo de ciudad adaptada a la topografía, a la geología y a la geomorfología local que son responsables de su planificación urbana. La propuesta de un itinerario de geoturismo urbano en la ciudad está acorde con lo que se está haciendo en otras urbes declaradas patrimonio de la humanidad o con algún elemento incluido en la lista de patrimonio de la Unesco (Burgos, Segovia, Toledo, Barcelona, etc.), propiciando diversas actuaciones que diversifican su oferta de turismo inminentemente cultural.

El patrimonio de la gea de Cidade Velha está caracterizado tanto por afloramientos de rocas volcánicas (lavas basálticas, isla baja, lavas almohadilladas), como por formas erosivas y acumulativas (cantil fósil, cantil activo, río-barrancos, taludes, playas, etc.), además de un patrimonio cultural tangible inmueble variado (fortalezas militares, catedral, iglesias, conventos, avenidas, muelle, murallas, plazas, pelouriño, etc.) cuyo emplazamiento está condicionado por el relieve y en cuya construcción, ornamentación o restauración se ha empleado rocas de interés para el geoturismo urbano (lavas, callados, mármol, areniscas, etc.) (Tabla 1).

Tabla 1. Lugares de interés geourbano en Cidade Velha. El número hace referencia a la parada que se puede ver en el Figura 1.

Nº	Geopatrimonio	Patrimonio cultural
1	Río, taludes, aluviones, lavas tabulares	Cultivos, bancales, muros de piedra basáltica
2	Coladas de lava *in situ* en el interior de la fortaleza, acantilado fósil sobre basaltos tabulares, taludes, isla baja,	Mampostería de basalto, areniscas en esquinas y vanos, ladrillos traídos de Portugal, adoquines basálticos
3	Isla baja de lavas *aa* basálticas, acantilados activos, costa rocosa, roques, plataforma de abrasión marina,	Trazado y morfología urbana. Edificios emblemático como la catedral o las ruinas del Fort de São Verissimo y Fort São dos Cavaleiros
4	Isla baja, *lapilli* en la base	Rocas basálticas, areniscas, ladrillos rojos de Portugal en la construcción de la catedral
5	Playa	Muros de piedra basáltica, ruinas del Fort do Presidio, adoquines de callaos basálticos
6	Callaos y arenas basálticas, berma	Antiguo puerto comercial
7	Playa-acantilados fósiles-desembocadura	Murallas del antiguo puerto
8	Desembocadura del río	Escultura de mármol blanco de estilo gótico manuelino portugués, plaza con adoquines de basalto y callaos

Nº	Geopatrimonio	Patrimonio cultural
9	Ribera del río, acantilados fósiles	Adoquines de callaos basálticos, muros de piedra seca basálticos y casas construidas con piedra. Ruta histórica, viviendas de las clases pudientes
10	Lavas *aa* basálticas en la base de la iglesia, ribera del rio, acantilados fósiles, taludes	Gótico manuelino levantado por jesuitas, areniscas en esquinas y vanos, azulejos portugueses, tobas volcánicas en la espadaña, plaza adoquinada, cultivos
11	Barrancos labrados sobre los materiales más antiguos de la isla, acantilados fósiles sobre hialoclastitas, ribera del río, taludes	Ruinas de la iglesia de la Concepción, parque arqueológico, cultivos
12	Lavas in situ, acantilados fósiles, taludes, ribera del rio	Iglesia y Ruinas del Convento, mampostería de basaltos, muros de piedra basálticos, areniscas, cultivos
13	Acantilados fósiles, taludes, ribera del río, lavas almohadilladas, lavas subaéreas	Edificios históricos, calles originales adoquinadas, cultivos

La particularidad y el interés de Cidade Velha desde el punto de vista del turismo urbano responde tanto al condicionamiento que supuso la topografía y la geología-geomorfología en el emplazamiento de la ciudad y su posterior expansión, como en su rica historia y su variado y amplio patrimonio cultural. Se han elegido un total de trece paradas que representan la diversidad natural (Figura 2) y cultural (Figura 3) de la ciudad. Dentro de los naturales se han seleccionado cuatro lugares que muestran el volcanismo submarino y aéreo de la isla y los procesos y las formas eruptivas directas (isla baja), las erosivas (rio-acantilados) y las de acumulación (playas-taludes). A su vez, dentro del patrimonio cultural se han elegido nueve lugares que representan los inmuebles más representativos de la historia y del patrimonio de la ciudad, en los que está presente la arquitectura religiosa y civil (militar y doméstica). A partir de todos estos aspectos se propone un itinerario geourbano de carácter espacial siguiendo el trazado de la calle principal que va uniendo cada uno de las paradas seleccionadas.

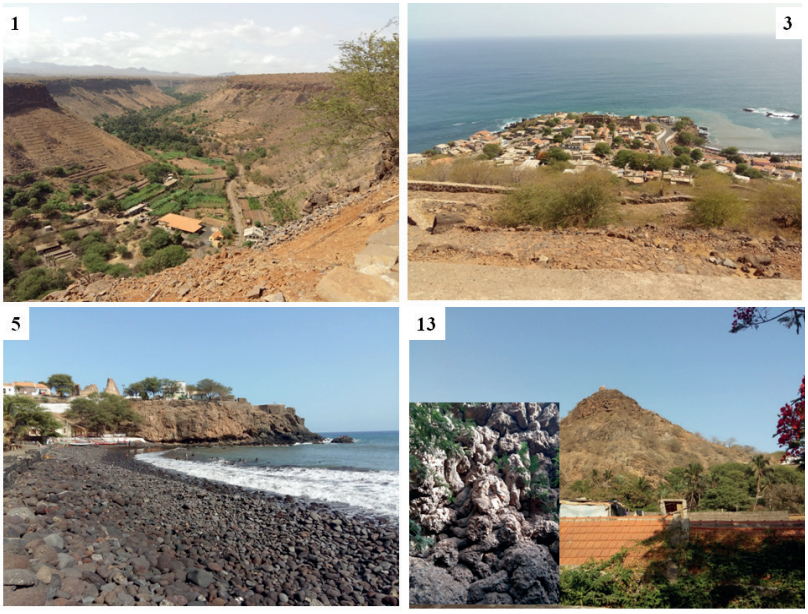


Figura 2. Geomorfositios volcánicos de interés geoturístico en Cidade Velha. 1-Cañón-río, 3-isla baja, 6-playa y 13-acantilado fósil sobre lavas almohadilladas.



Figura 3. Patrimonio cultural tangible inmueble de interés para el geoturismo urbano de Cidade Velha. 2-Fortaleza de San Felipe, 4-Catedral, 5-antiguo puerto, 7-muralla, 8-Peluriño-plaza Picota, 9-avenida Banana, 10-Iglesia del Rosario, 11-ruinas de la iglesia de la Concepción, 12-Iglesia-convento San Francisco.

CONCLUSIONES

Ciadade Velha fue la primera ciudad y capital de Cabo Verde y la urbe colonial más antigua fundada por los portugueses en África. Su esplendor histórico estuvo asociado al comercio de esclavos y su importancia aún está patente en la morfología urbana intacta y en la conservación de su patrimonio cultural, ambos condicionados por la geología y la geomorfología de este sector de la isla de Santiago. Es una ciudad Patrimonio de la Humanidad y el principal centro turístico de la isla con economía centrada en el turismo cultural a la que se suman la agricultura, la pesca, el comercio y las remesas de los inmigrantes. Al igual que lo que se está realizando para otras ciudades y con el fin de diversificar su oferta turística basada exclusivamente en el ocio cultural y de aprovechar sus recursos geoturísticos, se propone desarrollar el primer itinerario geourbano de Cabo Verde en Cidade Velha. Para ello se hace el inventario de los lugares de interés geomorfológico de la ciudad asociado con los fenómenos eruptivos y las formas volcánicas (cañón-río, isla baja, playa y cantil fósil) y con el patrimonio cultural tangible inmueble de interés para el geoturismo urbano (fortalezas, catedral, iglesias, muelle, etc.). En total se ha identificado 12 lugares de los cuales cuatro son naturales y el resto culturales y se propone un itinerario de carácter espacial que discurre por la principal vía de comunicación de la ciudad desde tiempos pretéritos y que aúna la geodiversidad de la ciudad.

REFERENCIAS

Carvalho, C., Samson, C. y Moriset, S. 2008. *Cidade Velha Centre historique de Ribeira Grande Cap-Vert*. Informe inédito. Proposition d'inscription sur la Liste du patrimoine mundial. Unesco.

Amaral, I. 1964. *Santiago de Cabo Verde: a terra e os homens*. Lisboa, Junta de Investigação do Ultramar.

Brásio, A. 1962. Descobrimento, povoamento, evangelização do arquipélago de Cabo Verde. *Studia*, 14, 49-97.

Carcavilla, L. 2012. *Geoconservación*. IGME-Catarata, Madrid.

Díez-Herrero, A. y Vegas-Salamanca, J. 2011. *De roca a roca: Descubre el patrimonio geológico de la ciudad de Segovia*. Concejalía de Turismo, Segovia.

Dóniz-Páez, J. 2016. Geoturismo en los geoparques europeos: atractivos, espacios y nuevos productos y experiencias turísticas. *VI Jornadas Innovación Educativa Universidad de La Laguna.* La Laguna, 137-154.

Dóniz-Páez, J. y Quintero, C. 2016. Propuesta de rutas de geoturismo urbano en Icod de Los Vinos (Tenerife, Islas Canarias, España). *Cuadernos Geográficos*, *55*(2), 320-343.

Dóniz-Páez**,** J., Becerra-Ramírez, R. y González, E. 2015. Geoturismo urbano en Puerto de La Cruz (Tenerife, Canarias, España). En: Hilario, Mendía, Monge, Fernández, Vegas y Belmonte (eds.), *Patrimonio Geológico y Geoparques*. IGME, Madrid, 327-332.

Dóniz-Páez, J., Becerra-Ramírez, R. y Carballo-Hernández, M. 2016. Propuesta de itinerario geoturístico urbano en Garachico (Tenerife, Canarias, España). *Investigaciones Geográficas,* (66), 95-115.

González, M. J., Serrano, E. y González, M. 2014. Lugares de interés geomorfológico, geopatrimonio y gestión de espacios naturales protegidos: el Parque Natural de Valderejo (Álava, España). *Revista de Geografía Norte Grande*, 59, 45-64.

Fernández-Martínez, E., Barbadillo, P., Castaño De Luis, R., Marcos, A., Preciado, J. y Serrano, E. 2012. *Geoturismo en la ciudad de Burgos: Una guía de geología urbana para todos los públicos*. Excelentísimo Ayuntamiento de Burgos, Burgos.

Pereira, D. 1988. *Marcos cronológicos da Cidade Velha*. Caminho, Lisboa.

Pires, F. 2007. *Da Cidade da Ribeira Grande à Cidade Velha em Cabo Verde, Análise Histórico-Formal do Espaço Urbano Séc.XV – Séc XVIII.* Univercidade de Cabo Verde.

Serrano, E. y González Trueba, D. 2005. Assessment of geomorphosites in natural protected areas: the Picos de Europa National Park (Spain). *Géomorphologie: relief, processus, environnement*, 3, 197-208.

Silva-Santos, I. 2014. *Ribeira Grande: um lugar de memórias. Análise da Gestão do Patrimônio Cultural em Cabo Verde*. Informe inédito. Universidade Federal Do ABC.

Teixeira, M. y Margaria, V. 1999. *O Urbanismo português: séculos XII-XVIII. Portugal-Brasil*. Horizonte, Lisboa.

Vera, J., López, F., Marchena, M. y Antón, S. 2011. *Análisis territorial del turismo y planificación de destinos turísticos*. Tirant lo Blanch, Valencia.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

GEO-RUTAS EN COCHE POR EL PATRIMONIO GEOLÓGICO DEL GEOPARQUE DE LANZAROTE Y ARCHIPIÉLAGO CHINIJO

ROAD GUIDES IN THE GEOHERITAGE OF LANZAROTE AND CHINIJO ISLANDS GEOPARK

I. Galindo[1], J. Vegas[3], G.A. Díaz[1], C. Romero[2], N. Sánchez[1] y E. Mateo[4]

[1] Unidad Territorial de Canarias. Instituto Geológico y Minero de España. Alonso Alvarado 43. 35003, Las Palmas de Gran Canaria. ga.diaz@igme.es; i.galindo@igme.es; n.sanchez@igme.es

[2] Departamento de Geografía. Universidad de La Laguna, 38207, La Laguna. Tenerife. mcromero@ull.edu.es

[3] Área de patrimonio geológico y minero. Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23. 28003, Madrid. j.vegas@igme.es

[4] Geoparque Mundial UNESCO Lanzarote y Archipiélago Chinijo. Cabildo Insular de Lanzarote. Fred Olsen, s/n. 35500, Arrecife. medioambiente2@cabildodelanzarote.com

Resumen: El diseño de rutas geológicas es una de las líneas de trabajo que está desarrollando el Geoparque Mundial UNESCO de Lanzarote y Archipiélago Chinijo. Las geo-rutas son parte de un plan para desarrollar materiales con información sobre el patrimonio geológico del parque para su uso por el público en general. Se presentan cinco guías temáticas de rutas geológicas en Lanzarote, que se realizan en coche. Se han diseñado una serie de folletos, cada uno sobre un tema particular, para guiar a los visitantes a través de la geología de la isla. También se describen algunos aspectos de interés histórico, cultural y natural. Los temas seleccionados abarcan desde la formación de los macizos volcánicos antiguos hasta las erupciones y procesos cuaternarios. Las geo-rutas y folletos están destinados a promover una alternativa más sostenible al turismo de "sol y playa" predominante en el archipiélago.

Palabras clave: Geoparque, geo-ruta, geoturismo, islas Canarias, patrimonio geológico.

Abstract: *The design of geo-routes is one of the lines of work being developed by the Lanzarote and Chinijo Islands UNESCO Global Geopark. The geo-routes are part of a plan to develop materials with information on the park's geological heritage for use by the general public. Five thematic geological route guides in Lanzarote, to be done by car, are presented. A series of brochures have been designed, each one on a particular theme, to guide visitors through the geology of the island. Some aspects of historical, cultural and natural interest are also described. The themes selected cover from the formation of old massifs to quaternary eruptions and processes. Road guides and brochures are meant to promote a more sustainable alternative to the prevailing "sun and beach" tourism in the archipelago.*

Key words: *Canary Islands, geoheritage, Geopark, geotourism, road guide.*

INTRODUCCIÓN

Como eje fundamental para una estrategia de desarrollo territorial sostenible, basado en la divulgación, la conservación y el geoturismo, se declaró en el año 2015 el Geoparque Mundial UNESCO de Lanzarote y Archipiélago Chinijo. En el marco de las actividades realizadas durante 2016 se han creado cinco geo-rutas interpretativas autoguiadas para realizar en coche, que sirven de medio para la divulgación del patrimonio geológico en el Geoparque. La creación de las geo-rutas pretende dar salida a la creciente demanda de un tipo de turismo diferente al de sol y playa en ciertas regiones de Canarias (Díaz *et al.,* 2013; Hernández y Santana, 2010; Galindo *et al*., 2015), diversificando así la oferta turística mediante el geoturismo.

GEO-RUTAS CON ITINERARIOS EN COCHE

Desde el Geoparque se ha apostado por el diseño de itinerarios para la interpretación de su patrimonio geológico, que pueden considerarse como uno de los medios más efectivos para la divulgación, la educación y el turismo sostenibles de los valores de la Red Mundial de Geoparques UNESCO, puesto que se desarrollan en contacto directo con los elementos geológicos que se interpretan y son una experiencia vital del visitante ante el recurso geoturístico.

Para adaptarse a las necesidades y las particularidades del turismo en Lanzarote, con un total de 2.915.727 visitantes al año (datos de 2016. Fuente: Instituto Canario de Estadística), las geo-rutas autoguiadas se han diseñado para realizarse en coche, el medio de transporte más empleado en el archipiélago por sus visitantes. El parque móvil de Lanzarote es de 118.530 vehículos (datos de noviembre 2016, Instituto Canario de Estadística), siendo su población total de 145.084 habitantes (Fuente: Instituto Nacional de Estadística). En la isla hay, al menos, 8 grandes empresas dedicadas al alquiler de coches, donde su principal demanda es el alquiler para turismo.

Los itinerarios están diseñados para aprovechar las variadas infraestructuras turísticas ya existentes en la isla, aunque contemplan a su vez lugares de interés geológico hasta ahora desconocidos para el público en general y que, por tanto, quedan fuera de los circuitos turísticos habituales, contribuyendo así a la diversificación del turismo insular.

Trazado

Se ha trazado el recorrido de las cinco geo-rutas aprovechando la red de carreteras principales, secundarias y algunas pistas, atendiendo a las condiciones de accesibilidad, peligrosidad y estado de la vía, y teniendo en cuenta si existe la posibilidad de parada con el vehículo. La duración estimada de las geo-rutas varía entre 4 y 7 horas. Todas las paradas son accesibles con un turismo, aunque en algunos casos se ofrece la posibilidad de tomar una pista sin asfaltar para hacer alguna parada en detalle. En los casos en los que es necesario un vehículo todoterreno se especifica debidamente en la correspondiente parada del folleto.

En todos los recorridos se ha evitado el paso por Lugares de Interés Geológico (LIG) vulnerables a este tipo de visitas. Para ello, existen paradas pensadas para observar LIG en la lejanía y otras que contemplan la visita de centros de interpretación (CAT, Centros de Arte y Cultura del Cabildo de Lanzarote) o museos en el Geoparque.

Otro de los condicionantes para el desarrollo de las cinco geo-rutas es que son temáticas de acuerdo con el contexto geológico de Lanzarote. Se centran en los macizos antiguos de Ajaches y Famara, las erupciones

del volcán de La Corona (volcanismo pleistoceno) y Timanfaya (volcanismo histórico) y las arenas del Jable (Tabla 1 y Figura 1).

Título	Región	Temática
Los Ajaches: en el corazón de un antiguo volcán	Sur	Formación y evolución del Macizo Antiguo de Ajaches
Famara: entre valles y volcanes	Noreste	Formación y evolución del Macizo Antiguo de Famara
La erupción del volcán de La Corona	Noroeste	Erupción del volcán de La Corona
Volcanes con historia	Suroeste	Erupción volcánica de Timanfaya (1730-36)
El Jable: arena entre volcanes	Central	Dinámica de las arenas de origen marino que atraviesan Lanzarote de norte a sur y su interacción con el volcanismo cuaternario

Tabla 1. Título, región de la isla visitada y temática general de las cinco geo-rutas autoguiadas en coche por el Geoparque de Lanzarote y Archipiélago Chinijo.

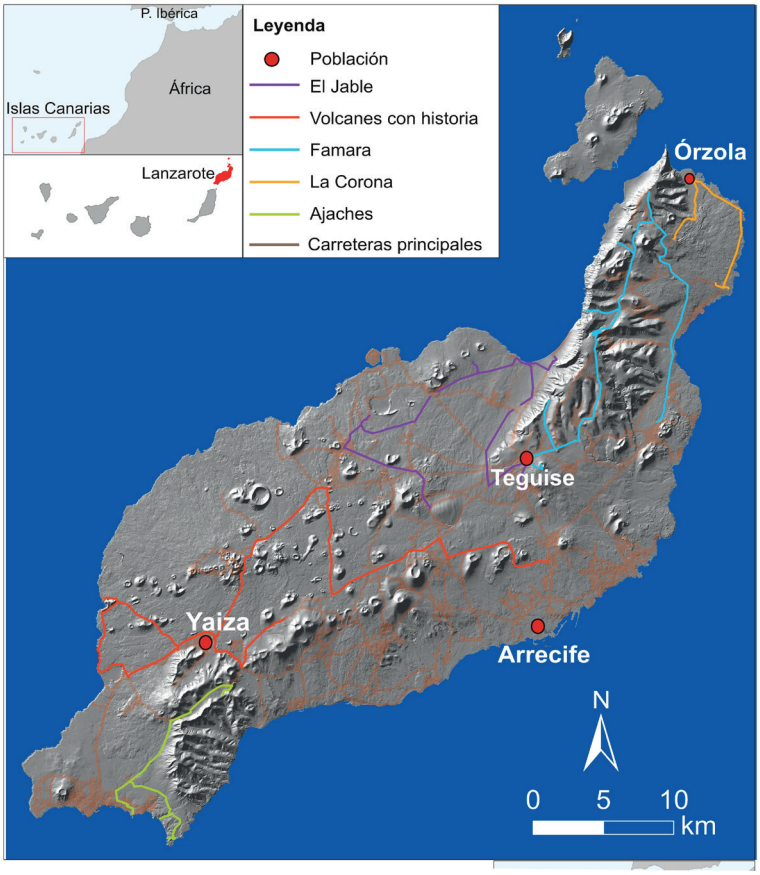


Figura 1. Situación de las geo-rutas en coche por el Geoparque Mundial UNESCO de Lanzarote y archipiélago Chinijo.

FORMATO DE LOS FOLLETOS

Los folletos son el medio ideal como apoyo en itinerarios autoguiados (Guerra, 2000). Además de explicar los LIG que se incluyen en las rutas, se incluyen también explicaciones de otros aspectos geológicos, históricos, culturales y naturales interesantes que se encuentran en el recorrido. Por el momento se han editado en idioma español, pero se prevé traducirlos al inglés y al alemán, que son los idiomas mayoritarios de los visitantes extranjeros.

Se utiliza un lenguaje divulgativo comprensible por el público en general, considerando a una persona sin apenas conocimientos en geología. De esta forma se introducen principios básicos sobre los procesos geológicos que hacen único cada uno de los lugares visitados.

Los folletos interpretativos de las geo-rutas tienen una extensión de 16 páginas, con un tamaño estándar A5, impresos en papel. Están organizados de la siguiente manera: 1) portada y contraportada, 2) introducción a la geo-ruta y el Geoparque, 3) localización, que se indica detalladamente en el comienzo de cada parada las carreteras y cruces que el visitante debe seguir, 3) una serie de paradas donde se desarrolla la interpretación de los LIG con el apoyo de cartografía, textos, fotografías y diagramas, 4) página trasera.

Portada y contraportada

La estructura común de las portadas está dividida en: 1) Título de la geo-ruta. Son la presentación de la geo-ruta y para muchos de los potenciales visitantes será el motivo por el que despierten la curiosidad y realicen finalmente el itinerario. Los títulos elegidos son evocadores y estimulantes para llamar la atención sobre un proceso o un elemento geológico particular (Tabla 1, Figura 2). 2) Fotografía de portada, de alta calidad y es uno de los LIG que se recorren en las geo-rutas 3) logotipo del Geoparque. 4) Autores.

Las contraportadas contienen: 1) Imagen gráfica, que suele ser una reproducción de antiguos grabados, con el nombre de su autor. 2) En todos ellos está incluido el logotipo del Geoparque y un texto que explica su significado. 3) un texto que explica la fotografía de la portada.



Figura 2. Izda: portada de uno de los folletos de las geo-rutas en coche. Dcha.: detalle de una de las paradas de los folletos donde incluyen fotografía y diagramas geológicos con la evolución de procesos que originan el LIG visitado. Los textos son muy breves y sin tecnicismos.

Introducción a la geo-ruta y al Geoparque

La primera página se dedica a explicar con un texto sencillo la geología que se recorre en las rutas, con una breve indicación de la situación temporal de los acontecimientos y cuál es la temática geológica de las paradas propuestas. Está acompañado de una cartografía simplificada, con un mapa de colores que corresponden con las principales unidades geológicas del Geoparque para una mejor comprensión del territorio. Esta página siempre culmina con un recuadro de texto que explica los objetivos básicos del Geoparque.

Itinerario propuesto

En las rutas autoguiadas es esencial que el itinerario quede claro para los visitantes, mediante una cartografía y una serie de recomendaciones básicas. En el texto de los folletos se indica dónde empieza y finaliza la geo-ruta, y el tiempo estimado para su realización. Se incluye además una cartografía en color para situar al visitante, con indicación de las carreteras y la ubicación de las paradas. Se han diseñado sobre un fondo de relieve en gris, fácil de comprender y superpuestos con colores se indican los espacios de los LIG que se visitan.

Paradas

Las paradas se articulan con varios bloques de texto, que es el principal medio utilizado tradicionalmente para transmitir la información sobre el elemento geológico que se visita. Los textos se reparten en tres

categorías: 1) Títulos de las paradas, que son evocadores y estimulantes para llamar la atención sobre el elemento geológico de cada parada. 2) Texto de situación, que explica cómo llegar a cada parada y donde poder estacionar los vehículos. 3) Texto con mensaje. Para que tengan impacto en el visitante son breves, concisos y rigurosos en los términos geológicos pero sin incluir lenguaje técnico. Desarrollan una única idea fuerte que corresponde con lo que los visitantes pueden ver desde el punto de observación de cada parada. 4) Texto acompañante de las imágenes gráficas y a las fotografías.

Todas las paradas incluyen fotografías de alta calidad, puesto que es una fuente documental que ofrece información visual ampliada sobre una parte del LIG, permiten la localización geográfica de la parada y son un referente en el mundo real, e introducen a los visitantes en las imágenes gráficas de contenido geológico. Algunas de las paradas también contienen elementos cartográficos. La cartografía geológica se ha evitado porque supone una complejidad añadida y se han empleado mapas fáciles de comprender y facilitar el acceso a las paradas más complejas. Como base topográfica se ha utilizado la imagen Lidar 2011 (Modelo digital del terreno con paso de malla de 5 m) y las ortofotos (PNOA, IGN).del LIG. La realización de la cartografía digital incluida en los folletos se ha realizado con el programa ArcGIS 9.3.

Sólo en las paradas que tratan de un elemento geológico donde es necesario interpretar los procesos que lo han originado, se ha recurrido a diagramas de evolución geológica con una secuencia de bloques en 3D (Figura 2). Estos diagramas son esenciales porque sirven para dar respuesta a muchas preguntas que el visitante puede plantearse. Su valor didáctico es incomparable puesto que es la mejor vía para explicar procesos geológicos activos ocurridos en el pasado y que no se manifiestan en el presente.

Página trasera

Los folletos terminan con una página trasera con un diseño común a todos ellos. Se incluye una fotografía representativa de la geo-ruta, los logotipos de las instituciones involucradas en la información contenida en los folletos y la relación de autores, con su filiación profesional.

CONSIDERACIONES FINALES

En este trabajo se presentan cinco geo-rutas para realizar en coche que recorren muchos de los Lugares de Interés Geológico (LIG) inventariados en el Geoparque (Galindo et al., 2014). El geoturismo se presenta en esta isla bajo la figura de Geoparque Mundial de UNESCO como una alternativa de desarrollo territorial sostenible. Las geo-rutas autoguiadas en coche aquí presentadas y sus folletos se muestran como un medio de divulgación eficaz del patrimonio geológico insular y su interacción con otros valores naturales y culturales que hacen de este destino turístico un lugar único para el visitante. Las paradas propuestas abarcan una gran variedad de elementos y procesos geológicos representativos de la formación de la isla que subyacen en el territorio y que constituyen la base del medio físico, la biodiversidad, los oficios tradicionales y la cultura de Lanzarote. La infraestructura generada abre un amplio rango de posibilidades pudiendo ser utilizada por guías de turismo, con la posibilidad de que las agencias de turismo incorporen los nuevos itinerarios creados para ser ofrecidos al visitante, ampliando así la oferta de turismo de naturaleza existente en la isla y contribuyendo a la divulgación de su patrimonio geológico.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del Convenio Específico de Colaboración del Cabildo insular de Lanzarote-Instituto Geológico y Minero de España: "Estudios científico-técnicos sobre el aprovechamiento de los recursos volcánicos de Lanzarote".

REFERENCIAS

Díaz, P., Moreira, P. E., Gregori, Santana, A. y Rodríguez, A. J. 2013. Fuerteventura; el binomio "turismo y naturaleza". *I Foro Internacional De Turismo Maspalomas Costa Canaria (FITMCC). Congreso internacional de destinos turísticos, competitividad y emprendimiento en tiempos de crisis,* Gran Canaria, 192-222.

Galindo, I., Romero, C., Sánchez, N. y Vegas, J. 2014. *Realización de estudios científico- técnicos sobre el aprovechamiento de los recursos volcánicos de Lanzarote.* Instituto Geológico y Minero de España. Cabildo de Lanzarote. Informe Técnico inédito, Centro de Documentación del IGME, 256 pp.

Galindo, I., Romero, C., Sánchez, N., Vegas, J., Guillén, C. y Mateo, E. 2015. Sol, playa y mucha geología. Lanzarote y archipiélago Chinijo declarados Geoparque. *Tierra & Tecnología,* 46, 42-48.

Guerra, F. J. 2000. Itinerarios autoguiados educativos e interpretativos. Centro Nacional de Educación Ambiental, 8 pp.

Hernández, R. y Santana, A. 2010. *Destinos turísticos maduros ante el cambio. Reflexiones desde Canarias.* Instituto Universitario de Ciencias Políticas y Sociales, La Laguna, 306 pp.

Instituto Canario de Estadística. Centro de datos, Cabildo Insular de Lanzarote, 10/01/2017, http://www.datosdelanzarote.com

Instituto Nacional de Estadística (INE), 10/01/2017, http://www.ine.es

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

LOS PANELES INTERPRETATIVOS DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO DEL GEOPARQUE MUNDIAL UNESCO DE LANZAROTE Y ARCHIPIÉLAGO CHINIJO. NUEVA INFRAESTRUCTURA PARA EL GEOTURISMO

GEOHERITAGE INTERPRETATIVE PANELS OF THE LANZAROTE AND ARCHIPELAGO CHINIJO UNESCO GEOPARK. A NEW INFRASTRUCTURE FOR GEOTOURISM

I. Galindo[1], J. Vegas[2], C. Romero[3], N. Sánchez[1], G.A. Díaz[1] y E. Mateo[4]

[1] Unidad Territorial de Canarias. Instituto Geológico y Minero de España. Alonso Alvarado 43. 35003, Las Palmas de Gran Canaria. i.galindo@igme.es; n.sanchez@igme.es;ga.diaz@igme.es

[2] Área de patrimonio geológico y minero. Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23. 28003, Madrid. j.vegas@igme.es

[3] Departamento de Geografía. Universidad de La Laguna, 38207, La Laguna. Tenerife. mcromero@ull.edu.es

[4] Geoparque Lanzarote y archipiélago Chinijo. Cabildo Insular de Lanzarote. Avda. Fred Olsen s/n, Arrecife. 35500, Lanzarote. medioambiente2@cabildodelanzarote.com

Resumen: El Geoparque UNESCO de Lanzarote y Archipiélago Chinijo dispone de centros de Arte Cultura y Turismo en los que se observan algunas estructuras geológicas y parte de la historia geológica de esta isla de origen volcánico. Con el fin de mejorar la divulgación de la geología y la experiencia turística a través de la comprensión del patrimonio geológico que subyace al paisaje volcánico, se han realizado 17 paneles interpretativos que serán instalados durante el año 2017 en las islas de Lanzarote y La Graciosa. Hasta ahora no existía información sobre algunos de los lugares de interés geológico más visitados por los turistas, como Los Hervideros, las Salinas del Janubio o El Golfo. En realidad, estos lugares del Geoparque son visitados por su espectacularidad paisajística y son los destinos más frecuentados por los turistas, junto con el Parque Nacional de Timanfaya. Con esta actuación, el Geoparque incrementa su oferta divulgativa al mismo tiempo que mejora las infraestructuras para el geoturismo con el fin de atraer la atención de los visitantes que, lejos de elegir su destino por la geología, visitan la isla movidos por otros factores.

Palabras clave: Geoparque, Geoturismo, Interpretación, Lanzarote, Volcanismo

Abstract: *Lanzarote and Chinijo Islands UNESCO Global Geopark have several Centers of Art, Culture and Tourism in which some geological structures and part of the geological history of this volcanic island are observed. Therefore, in order to improve the outreach of geology and the tourist experience through the understanding of the geoheritage that underlies the volcanic landscape, 17 interpretative panels have been developed that will be installed during 2017 in Lanzarote and La Graciosa islands. Until now, there was no information on some of the most visited geological sites by tourists, such as Los Hervideros, Salinas del Janubio or El Golfo. In fact, these places are visited for their spectacular scenery and, together with Timanfaya National Park, are a must visit for any tourist. With this action, the Geopark improves its outreach information*

offer while upgrades the tourist infrastructure, trying to bring the attention of those tourists who, far from choosing their destination for its geology, visit the island moved by other factors.

Key words: *Geopark, Geoturism, Interpretation, Lanzarote, Volcanism.*

INTRODUCCIÓN

Lanzarote tiene una geología rica y diversa al tratarse de una isla volcánica de más de 15 millones de años. El volcanismo, siempre presente, ha interaccionado con los procesos erosivos y sedimentarios para dar lugar a una gran variedad de paisajes singulares y espectaculares en un ámbito insular, que originan lugares de interés geológico de relevancia internacional. El Geoparque de Lanzarote y Archipiélago Chinijo trata de incrementar la divulgación de su patrimonio geológico contribuyendo con uno de los principales objetivos de la Red Mundial de Geoparques UNESCO. En 2016, una de las actuaciones desarrolladas ha sido la elaboración de 17 paneles interpretativos en tres idiomas, dirigidos a los turistas que visitan el archipiélago y sin olvidar a la población local (Tabla 1). Con respecto a los visitantes, se trata tanto de aportar nueva información para aquellos interesados en el turismo de naturaleza, como de captar la atención de aquellos que visitan la isla por su clima, su cultura y su gastronomía. Se pretende que, aunque los visitantes que llegan a Lanzarote no hayan elegido este destino con motivo del Geoparque, una vez aquí descubran sus valores geológicos y disfruten del espectacular patrimonio geológico de estas islas volcánicas.

METODOLOGÍA

Selección y ubicación de las mesas interpretativas

La ubicación de las mesas interpretativas fue predefinida por la dirección del Geoparque y cumple los siguientes criterios: (1) situados en terreno público, (2) existencia de elementos geológicos de interés, (3) localización en lugares turísticos estratégicos y (4) mínimo impacto sobre el medio natural, evitando LIG vulnerables a las visitas. Los lugares seleccionados para la colocación de las mesas fueron visitados para determinar su acceso y su localización exacta con GPS, la realización de fotografías y esquemas, así como para decidir los elementos geológicos que se interpretarían en cada punto. Todas están ubicadas en zonas accesibles, en o muy cerca de aparcamientos (puertos, campings, miradores, aparcamientos) y, generalmente, en los LIG más visitados.

Selección de idiomas

Lanzarote es uno de los principales destinos turísticos de Canarias, alcanzando los 2.915.727 visitantes en 2016 (Fuente: Instituto Canario de Estadística), que contribuyen a la tendencia en alza del turismo en España. De esta cifra, los visitantes extranjeros suponen el 90,3% (2.632.657 visitantes), que son el motor de la economía insular. Por países, en 2016, proceden de Reino Unido (1.334.470 personas), seguidos de Alemania (439.609 personas) y en tercer lugar de España (283.071 personas). Irlanda aporta 242.521 visitantes de lengua inglesa. Los habitantes de Lanzarote son otro de los colectivos implicados en el desarrollo

del Geoparque, con un total de 145.084 habitantes en 2016 (Fuente: INE), a los que también está destinado la divulgación del patrimonio geológico. Por todos estos motivos, desde el Geoparque se decidió que los textos de los paneles se repitan en estos tres idiomas: inglés, alemán y español.

Localización	Título	Temática	Espacio Natural Protegido
Camping de Papagayo	Cuando el mar desciende	Plataforma de abrasión marina miocena sobre el nivel del mar	Monumento Natural de Los Ajaches
Playa Mujeres	Una playa joven entre rocas antiguas	Formación de una playa encajada	
Las Casitas de Femés	Una depresión que atrapa sedimentos	Formación de un graben y evolución como valle endorreico	
El Golfo	La historia de un volcán que surgió al borde del mar	Nacimiento y evolución del volcán del Golfo	Parque Natural de Los Volcanes
Los Hervideros	Los Hervideros. Coladas que agitan el mar y hacen suspirar al agua	Llegadas de las coladas de Timanfaya al mar y su erosión	
Pico Partido	Un cráter desbordante	Formación de un canal de lava. Geoconservación	
Echadero de los Camellos	En el corazón de Timanfaya	Tipos de edificios volcánicos en Timanfaya	
Mirador de Guinate	Cascadas de lava que buscan el mar	Formación y evolución del acantilado de Famara	Parque Natural del Archipiélago Chinijo
Puerto de La Graciosa	"Variación permanente, metamorfosis infinita, construcción destruida" (Ignacio Aldecoa)	Lugares de Interés Geológico de La Graciosa	
Camping de La Graciosa	Un refugio para el mar	Playas fósiles y laguna costera	
Puerto de Órzola	Islotes con impactantes rasgos geológicos, ¡también bajo el mar!	Lugares de Interés Geológico del Archipiélago Chinijo.	
Playa de Famara	Acantilado de Famara. Un combate permanente entre el mar y la tierra	Procesos activos en el acantilado de Famara	
Mirador de Haría	El acantilado que guarda un volcán	Discordancia angular en el acantilado, volcán sumergido y entrada de arenas marinas en la isla	
Mirador del valle de Temisa	Un antiguo valle testigo de cambios climáticos	Formación de valles en U en macizos volcánicos antiguos	
Salinas de Janubio	La receta perfecta: agua de mar, sol, viento y el oficio de los salineros	Formación de la Laguna del Janubio y su aprovechamiento para el cultivo de la sal	Sitio de Interés Científico del Janubio
Pantalanes de Arrecife	Una playa actual y una playa fósil	Formación de playa fósil sobre plataforma lávica, su uso en la arquitectura y playa actual del Reducto	-
El Charco	Un puerto natural a merced de la marea	Delta de lava submarino y su aprovechamiento para la construcción del puerto de Arrecife	-

Tabla 1. Paneles interpretativos del patrimonio geológico del Geoparque de Lanzarote y Archipiélago Chinijo.

Formato de los paneles interpretativos

El formato de todos los paneles es homogéneo (Figura 1), ya que debe ajustarse a lo recogido en la Orden de 30 de junio de 1998, por la que se regulan los tipos de señales y su utilización en relación con los Espacios Naturales Protegidos de Canarias. Las medidas de cada panel son de 119 x 105 cm y la información se distribuye en dos columnas de 14 y 105 cm de anchura. En una primera franja de 7 cm de altura figurará, en dos renglones, la categoría de protección del espacio, el nombre del mismo y a la derecha el logotipo oficial del Geoparque. A continuación, separada por una línea, irá otra franja de 7 cm de altura en la que figurará el nombre del lugar objeto de interpretación. En la columna de la izquierda se colocan todos los logotipos de las entidades involucradas, estando en primer lugar el Cabildo Insular de Lanzarote. La columna de la derecha es la destinada a contener la información principal.

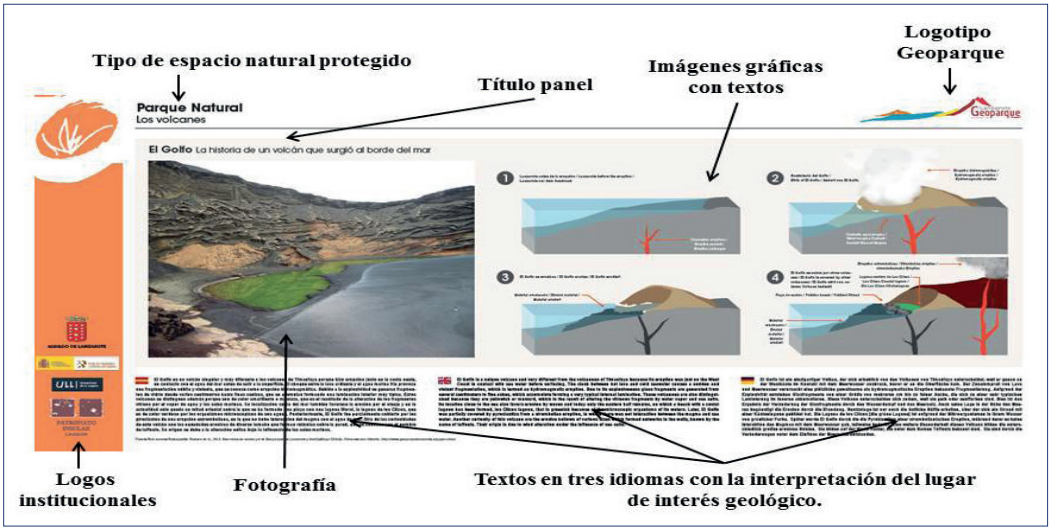


Figura 1. Formato de los paneles interpretativos del Geoparque de Lanzarote y archipiélago Chinijo. En este caso se explica la formación y evolución del volcán de El Golfo.

Textos

Es el principal medio utilizado para transmitir información sobre un objeto, si bien todos los especialistas coinciden en señalar que su elaboración no es sencilla (Morales, 2001). En la cartelería institucionalizada la señalética es muy estricta, sin embargo para salvar estas dificultades los textos de los paneles tienen tres categorías:

1) Títulos, que son evocadores y estimulantes para llamar la atención sobre un proceso o un elemento geológico particular. Son la presentación del panel y muchos de los visitantes será lo único que lean y por ello se ha seguido las recomendaciones clásicas de las técnicas de la Interpretación del Patrimonio (Ham, 2014). Como ejemplo el título "Coladas que agitan el mar y hacen suspirar al agua" del panel de Los Hervideros, un LIG donde el mar ha erosionado una colada histórica de Timanfaya originando un acantilado donde el oleaje se cuela por los huecos con gran estruendo.

2) Texto con mensaje. Para que los textos tengan impacto en el visitante son breves, concisos y rigurosos en los términos geológicos, sin incluir lenguaje técnico. Desarrollan una única idea fuerte que corresponde con lo que los visitantes observan desde los paneles. El mismo texto está traducido a los tres idiomas, acompañados por su respectiva iconografía.

3) Texto acompañante de las imágenes gráficas. Siguen la pauta de los pies de foto o de objeto, que son breve explicaciones que facilitan la comprensión de las imágenes. En el caso de acompañar a las imágenes gráficas, como son los bloques geológicos en 3-D, pueden indicar su edad, su composición, el tipo de roca o el tipo de elemento geomorfológico.

Cartografía

Es una técnica expositiva por sí misma, sobre todo si va acompañada de dibujos o fotografías (Ham, 2014). En los paneles diseñados para el Geoparque cuando se incluyen mapas siempre son complementarios a las imágenes gráficas principales. Hay dos tipos clave: 1) Mapas para situar al visitante. Fáciles de comprender y facilitar el acceso a los espacios; 2) Mapas cuya función es transmitir la geología y el mensaje del panel. La realización de la cartografía digital se ha realizado con ArcGIS 9.3. Como base topográfica se ha utilizado la imagen Lidar 2011 (Modelo digital del terreno con paso de malla de 5 m) y las ortofotos (PNOA, IGN).

Fotografía

Los paneles en muchas ocasiones incluyen fotografías de alta calidad, puesto que es una fuente documental que, bien escogida, habla por sí misma (Figura 2). Se han elegido porque ofrecen información visual ampliada sobre una parte del LIG y son muy útiles para buscar un referente en el mundo real e introducir a los visitantes en las imágenes gráficas de contenido geológico.

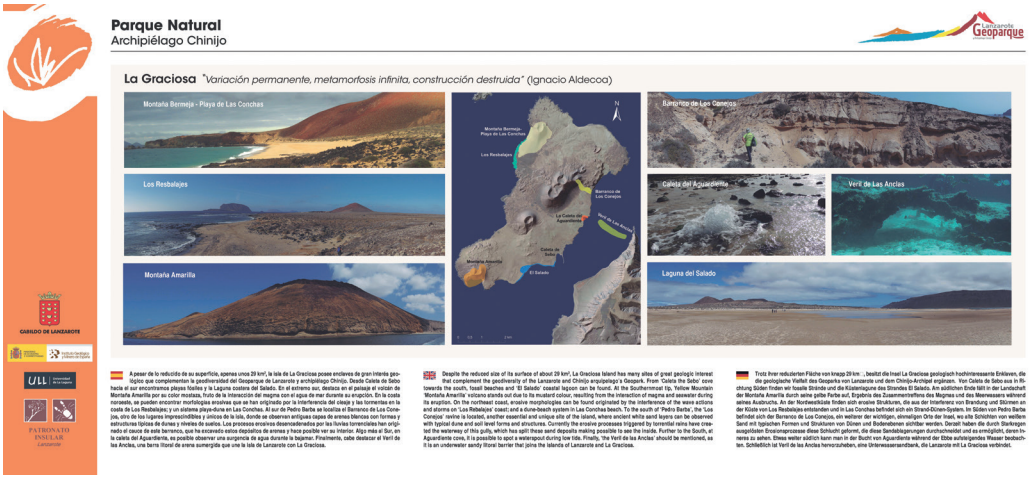


Figura 2. Ejemplo de panel basado en fotografías. La situación de esta mesa en el puerto de La Graciosa, punto de entrada en la isla, ilustra los lugares de interés geológico que pueden visitarse en la isla.

Imágenes gráficas

Se han realizado diagramas de evolución geológica, que incluyen una secuencia temporal de los procesos geológicos que han ocurrido en el pasado, hasta llegar a la situación actual de los LIG. Son esenciales porque su valor didáctico es incomparable puesto que es la mejor vía para explicar procesos geológicos activos ocurridos en el pasado y que no se manifiestan en el presente. La secuencia de diagramas permite una reconstrucción visual sencilla y rápida que explica conceptos geológicos que *a priori* pueden parecer abstractos.

CONCLUSIONES

Con la culminación de este trabajo en 2017 y la instalación de los 17 paneles interpretativos, se pretende contribuir a la divulgación del patrimonio geológico del Geoparque de Lanzarote y Archipiélago Chinijo, mejorando el conocimiento de la población local sobre su entorno y la experiencia de los casi 3 millones de turistas que recibe este destino. En ambos casos no siempre existe interés manifiesto en la geología, pero sí la apreciación de un fantástico paisaje volcánico. Facilitar una explicación sobre la formación y los procesos geológicos que los construyen es ayudar a satisfacer una de las inquietudes del ser humano, la curiosidad.

AGRADECIMIENTOS

Convenio Específico de Colaboración del Cabildo Insular de Lanzarote e IGME (2014-2017): "Estudios científico-técnicos sobre el aprovechamiento de los recursos volcánicos de Lanzarote".

REFERENCIAS

Ham, S.H. 1992. *Interpretación ambiental: una guía práctica para gente con grandes ideas y presupuestos pequeños*. Golden Colorado USA: Fulcrum Publishing, 239-255

Ham, Sam H. 2014. *Interpretación-Para marcar la diferencia intencionadamente.* ed.: Asociación para la Interpretación del Patrimonio, 19-51.

Instituto Canario de Estadística. Centro de datos, Cabildo Insular de Lanzarote, 10/01/2017, http://www.datosdelanzarote.com/

Morales Miranda, J. 2001. *Guía práctica para la interpretación del patrimonio: el arte de acercar el legado natural y cultural al público visitante*. 2 ed. Consejería de Cultura (Junta de Andalucía) y TRAGSA.

ORDEN de 30 de junio de 1998, por la que se regulan los tipos de señales y su utilización en relación con los Espacios Naturales Protegidos de Canarias, 27/03/2017, http://www.gobiernodecanarias.org/boc/1998/099/001.html Consultada

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

PROPOSAL FOR A SELF-GUIDED GEOLOGY-TRAIL ON MENORCA

PROPUESTA DE UNA RUTA GEOLÓGICA AUTOGUIADA EN MENORCA

F. Tessensohn y M. Huch

Lindenring 6, 29352 Adelheidsdorf, Germany. mfgeo@t-online.de

Abstract: Based on field work for a geological guide book of Menorca the authors propose the set-up of a self-guided geopath. The existing and highly frequented nature path "Camí de Cavalls" traverses coastal outcrops of major stratigraphic units with numerous well exposed and interesting geological phenomena. The addition of information boards would be a comparatively easy task, but would add a geological component to the path which so far is missing. Some examples of geological features along the path are presented, along with some simplified sketches for board information based on existing publications.

Key words: Camí de Cavalls, Geopath, Information boards, Menorca.

Resumen: *Basado en el trabajo de campo para la elaboración de una guía geológica de Menorca, los autores proponen el desarrollo de una georuta autoguiada. El Camí de Cavalls atraviesa los afloramientos costeros de las principales unidades estratigráficas con numerosos fenómenos geológicos bien expuestos e interesantes. La inclusión de paneles de información sería una tarea relativamente fácil y añadiría un componente geológico al camino que hasta ahora falta. Se presentan algunos ejemplos de características geológicas a lo largo del camino, junto con algunos bocetos simplificados con información basada en las publicaciones existentes.*

Palabras claves: *Camí de Cavalls, Georuta, Menorca, Paneles informativos.*

INTRODUCTION: GEOLOGY TRAILS AS GEOLOGICAL SHOWCASES

Geotrails, established in many communities worldwide, are natural showcases of interesting geological features. Their installation is comparatively easy, it only needs the set-up of instructive information boards at suitable geological outcrops and the provision of introductory and advertising brochures.

A central information place is a useful addition. Our proposal for such a trail on Menorca results from several seasons of fieldwork for a geological guide book and is based on the following arguments.

"GEO-PARK" MENORCA

Menorca is a Biosphere Reserve (Figure 1) and as such has already highlighted the interest in the preservation of natural phenomena. The recent discussion on a "Geopark Menorca" has shown the interest and awareness of the geological heritage of the island. A major practical reason for a geopath is the existence of the nature path "Camí de Cavalls", which encircles the island along the coasts (Figure 2).

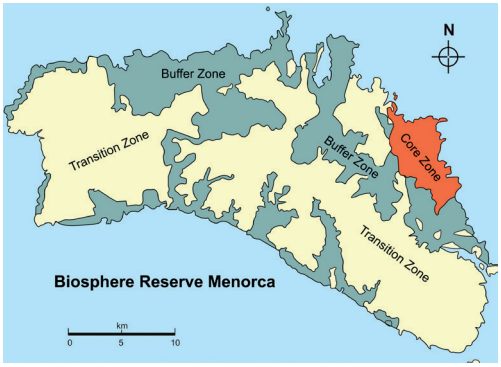


Figure 1. Biosphere Reserve Menorca. The colours indicate the three different zones of the reserve.

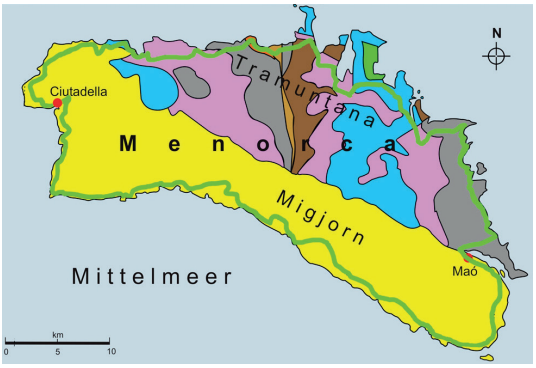


Figure 2. Major geological units of Menorca in relation to the nature path Camí de Cavalls (green line).

EXISTING NATURE TRAIL "CAMÍ DE CAVALLS"

This path is highly frequented by nature-loving hikers during most time of the year. It is excellently marked and documented. Guides on the Camí de Cavalls are almost as numerous as guidebooks for the whole island. Information boards exist on all parking sites which provide access to segments of the path in 4 or 5 languages. They describe the colourful landscape, the fauna and flora along the trail. Geology along the path, although excellently exposed, is with a few exceptions not well explained so far.

GEOLOGICAL FEATURES ON THE TRAIL

Geological features on Menorca are particularly interesting, diverse and often spectacular. The beauty of the colourful rocks is already used as a didactic tool in the Centre de Geologia of Ferreries to distinguish rock units on the island.

The beige and pink volcanic rocks of Cala Pregonda (Figure 3) are rather exotic products in the sea of Carboniferous time.

The black rocks of Cap Favàritx attract already visitors without geological background. Geology can add here the unique trace fossil *Dictyodora* (Figure 4) as well as unusual sedimentation phenomena in coarse greywacke rocks. The stratigraphic base of this sandy deep water fan deposit is exposed on the west shore of Cala Mica and on the peninsula de Binimel.là.

Another geological highlight are the giant conglomerates of Cala Morell (Figure 5). Rounded meter-size boulders are evidence for enormous current forces during their sedimentation. Fossil reef rocks are exposed in the Cretaceous of Son Parc and in the Miocene along the south coast of Menorca. Permian and Triassic red sandstones and shales are particularly colourful in the Cala del Pilar, where they contrast with white sands of the beaches. The Cala Tirant exposes the oldest rocks of the Balearic islands, graptolite shales of the earliest Devonian. Tectonic structures rocks (folds and faults) are numerous along the camí, they form other geological features to be explained.



Figure 3. Wind- and salt-erosion form holes (tafoni) in the colourful volcanic rocks of Cala Pregonda.



Figure 4. Example of the trace fossil *Dictyodora* from Cap Favàritx.



Figure 5. Conglomerates of Cala Morell. Giant, yet rounded boulders of red Triassic sandstones and white Jurassic dolomites indicate high-energy currents during deposition.



Figure 6. Sequence of limestone turbidites (brownish) and shales (bluish) on the west coast of Cala Tirant.

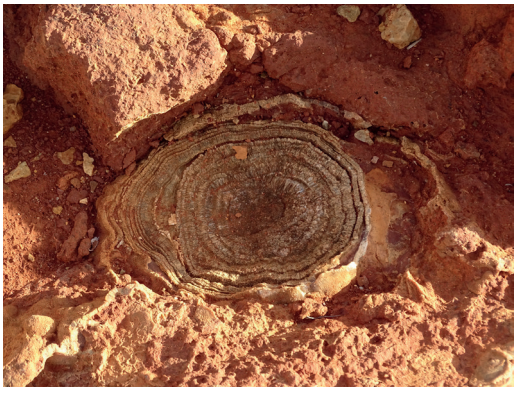


Figure 7. Karst-Phenomena at Punta Nati. Cross-section of Stalagmite in eroded cave.



Figure 8. Folded Late Devonian deep-sea cherts, Binimel.lá Peninsula. The rocks contain microfossils (radiolarians and conodonts).

PROPOSED FURTHER STEPS

The set-up of the proposed geopath can be done in several steps, with explanations for the most spectacular features first, followed by other interesting rocks and structures. The Camí de Cavalls is divided into 20 sections. Our own geological guide book (Tessensohn & Huch, in press) follows largely these sections. The following list of contents from our guide book can be taken as indication that there are geological features of interest in almost all sections of the Camí de Cavalls.

(1) Maó and La Mola, (2) Sa Mesquida and Es Grau, (3) Cap de Favàritx, (4) Arenal d'en Castell, (5) Son Parc, (6) Son Saura, (7) Cala Pudent, (8) Torre de Fornells, (9) Fornells to Platges de Fornells, (10) west coast of Cala Tirant, (11) Es Macar Gran, (12) Cap de Cavalleria/Sanicera, (13) Platges de Cavalleria to Cala Mica, (14) Binimel.là, (15) Cala Pregonda and Cala Barrill, (16) Els Alocs to Cala Pilar, (17) Algaiarens, (18) Ses Fontanelles, (19) Cala Morell, (20) Punta Nati, (21) Sa Farola.

We show now some possible examples for geological information on the boards based on the work

- of Bourrouilh (1973), who was one of the pioneers of the geological exploration of Menorca (Figure 9),
- of Rosell & Llompart (2014), who explained Menorca´s geology in an easy-to-understand-manner to the local people (Figure 10) and
- of our own geological guide book (Figure 11) of Menorca (Tessensohn & Huch, in press).

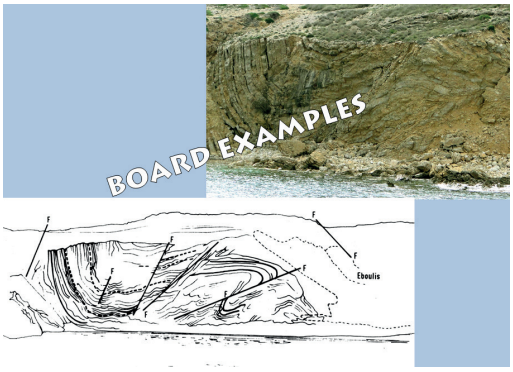


Figure 9. Example for an information board at Ses Olles using a sketch of Bourrouilh, 1973.

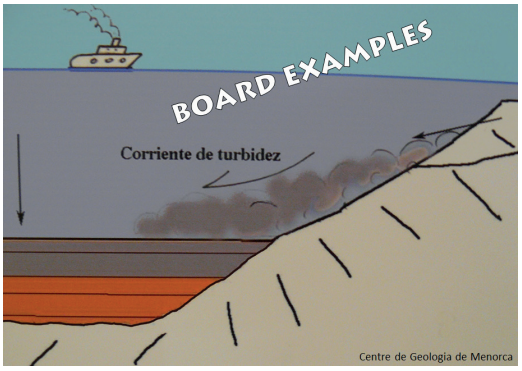


Figure 10. Explanation board on the widespread turbidites on Menorca using a sketch from Rosell & Llompart (2014).

The final selection and lay-out must of course be the decision of local experts, but a multilingual text would suit the interest of tourists and Menorca people alike. Comparable information boards exist already in most of the prehistoric sites of Menorca. The Centre de Geologia in Ferreries could, in our opinion, be used as an information center on the geopath with the provision of the necessary printed information brochures and maps.

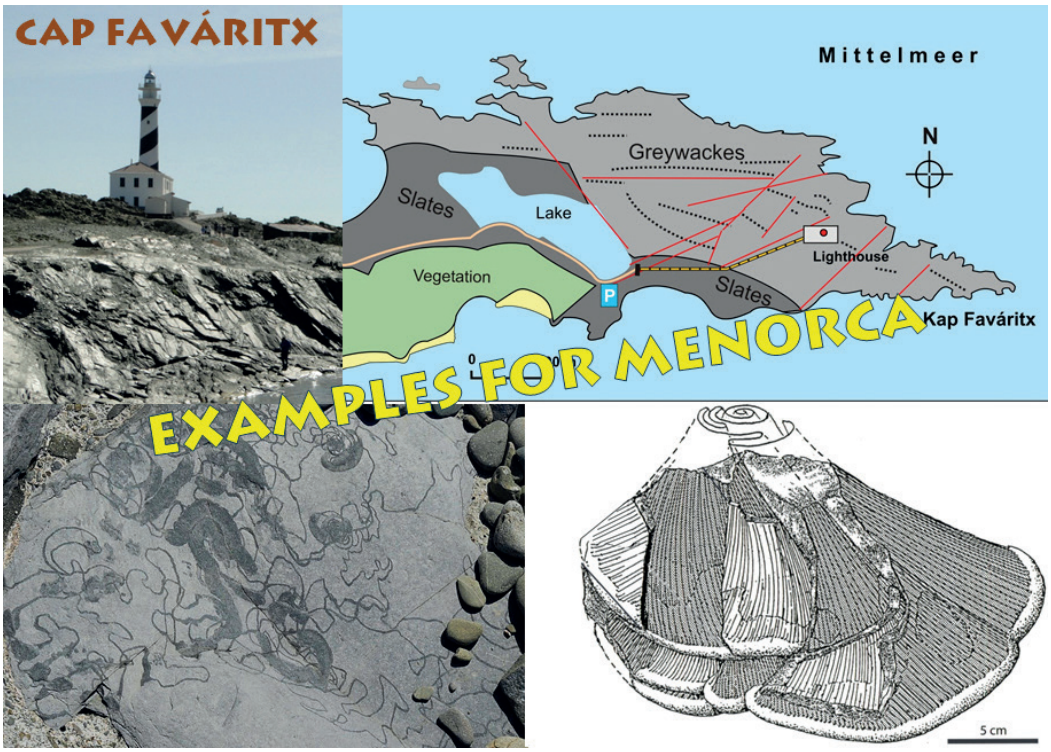


Figure 11. Board example for the area of Cap Favàritx using material from Tessensohn & Huch, (in press).

CONCLUSIONS

The pre-conditions for a geopath on Menorca are excellent as the nature path "Camí de Cavalls" passes through excellent outcrops and extra-ordinary geological phenomena, both of them widely unexplained so far. Providing informations on selected sites in the form of information boards is a comparatively simple and inexpensive task. The boards will add the geological component to the manyfold natural fields of interest along the famous "Camí de Cavalls". They will help hikers and visitors to better understand the specific Menorcan geological heritage and its value for the future.

REFERENCES

Bourrouilh, R. 1973. *Stratigraphie, sediméntologie et tectonique de l'île de Minorque et du Nord-Est de Majorque (Baléares). La terminaison Nord-orientale des Cordillères Bétiques en Méditerranée occidentale*. Thèse, Departement de Géologie Structurale. Université de Paris, 822 pp.

Huch, M. and Tessensohn, F. 2013. *Wanderungen in die Erdgeschichte, 30, Mallorca.* Pfeil Verlag, Munich, 168 pp.

Rosell, J. y Lompart, C. 2014. *El naixement d'una illa: Menorca. Guia de Geologia Pràctica*. Segona edició. Agència Menorca Reserva de Biosfera, Institut Menorqui d'Estudis, Maó, 280 pp.

Tessensohn, F. and Huch, M. (in press). *Wanderungen in die Erdgeschichte, Menorca*. Pfeil Verlag, Munich.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

INTERPRETANDO EL PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA RED DE SENDEROS DE LA PROVINCIA DE CUENCA

INTERPRETATION OF CUENCA GEOHERITAGE THROUGH ITS NETWORK OF HIKING TRAILS

J. Vegas, L. Carcavilla, E. Díaz-Martínez y J. Luengo

Área de patrimonio geológico y minero. Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid.
j.vegas@igme.es, l.carcavilla@igme.es, e.diaz@igme.es, j.luengo@igme.es

Resumen: El patrimonio geológico de la provincia de Cuenca queda recogido en el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico y en el Catálogo de Elementos Geológicos y Geomorfológicos de Protección Especial de Castilla-La Mancha. La Diputación Provincial de Cuenca, conocedora de su valor y del potencial que tiene para su uso público, ha publicado 12 geo-rutas autoguiadas por su red de senderos homologados (GR, gran recorrido; PR, pequeño recorrido y SL, senderos locales) que interpretan muchos de sus lugares de interés geológico. Las geo-rutas son temáticas y reúnen un total de 84 paradas, de las cuales según Periodos cronoestratigráficos incluyen 46 paradas en elementos del Cuaternario, 18 del Neógeno, 11 del Cretácico, 4 del Jurásico, 3 del Triásico, 1 del Ordovícico y 1 del Paleógeno. Los folletos se articulan en una introducción geológica del sendero con un lenguaje sencillo, sin tecnicismos y una serie de paradas donde se desarrolla la interpretación de los elementos geológicos de los LIG con el apoyo de cartografía, textos, fotografías y diagramas.

Palabras clave: Cuenca, geo-rutas, interpretación, patrimonio geológico, senderos.

Abstract: *The geological heritage of the Cuenca province is included in the Spanish Inventory of Sites of Geological Interest and in the Catalog of Geological and Geomorphological Elements of Special Protection of Castilla-La Mancha. The Provincial Council of Cuenca, aware of its value and the potential that geoheritage has for its public use, has published 12 self-guided geo-routes for its network of hiking trails (GR, long distance, PR, small route and SL, local trails) that interpreted this geoheritage. The geo-routes are thematic and have a total of 84 stops, of which, there are 46 stops in elements of the Quaternary, 18 of the Neogene, 11 of the Cretaceous, 4 of the Jurassic, 3 of the Triassic, 1 of the Ordovician and 1 of the Paleogene according to the Chronostratigraphic Periods. The leaflets are articulated in a brief geological introduction of the trail, avoiding technical language and a series of stops where the interpretation of the geological elements is developed with the support of maps, texts, photographs and diagrams.*

Key words*: Cuenca, geoheritage, geo-routes, hiking trails, interpretation.*

INTRODUCCIÓN

'SENDEROS DE CUENCA' es un convenio de colaboración firmado entre la Excma. Diputación Provincial de Cuenca y la Federación de Deportes de Montaña de Castilla-La Mancha para acometer acciones conjuntas destinadas a la promoción del senderismo y la ordenación de los itinerarios señalizados para ese fin en la provincia de Cuenca.

Desde la Diputación de Cuenca, con el objetivo de fomentar esta red de Senderos, firmó un Convenio de Colaboración en 2013 con el Instituto Geológico y Minero de España para la elaboración de 12 folletos que realizan la interpretación del patrimonio geológico existente en ellos. Estos folletos permiten hacer rutas auto-guiadas que, mediante una serie de paradas indicadas, interpretan una serie de elementos del patrimonio geológico atravesado por esta red de Senderos. La elaboración de cada geo-ruta sigue los principios y la metodología de la interpretación del patrimonio, que es *el arte de revelar* in situ *el significado del legado natural, cultural o histórico, al público que visita estos lugares en su tiempo de ocio* (Tilden, 1957; Morales *et al.*, 2010; Asociación para la Interpretación del Patrimonio).

ITINERARIOS INTERPRETATIVOS DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO

Los itinerarios interpretativos son recorridos destinados al público general que se desarrollan en un entorno determinado (natural, urbano, rural, marítimo, tecnológico, etc.) y en las que se interpretan o explican, con el apoyo de medios complementarios interpretativos (guía intérprete, folletos, paneles, carteles, realidad aumentada, etc.), los elementos conformadores de ese espacio y sus características y relaciones, así como la importancia de la conservación de sus valores patrimoniales (Tilden, 1957; Guerra, 1998). Partiendo de esta premisa, los 12 itinerarios diseñados son rutas realizadas en un entorno natural y rural, autoguiadas con el apoyo de folletos, en los que se interpretan los elementos del patrimonio geológico con sus características y relaciones, así como la importancia de la geoconservación. En todos los recorridos se ha evitado realizar las paradas en elementos geológicos vulnerables a este tipo de visitas, siempre con un mensaje de respeto hacia la naturaleza y en especial a las rocas, minerales y fósiles.

El patrimonio geológico es el motivo de interpretación principal de estas geo-rutas (Tabla 1). Ocho de los itinerarios recorren lugares de interés geológico (LIG) incluidos en inventarios oficiales de relevancia nacional (Rutas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8 y 11 de la Tabla 1). Sin embargo, hay cuatro rutas que recorren elementos del patrimonio geológico de relevancia regional (Rutas 7, 9, 10 y 12 de la Tabla 1).

Las geo-rutas en su mayoría son temáticas, de acuerdo con el contexto geológico de la provincia de Cuenca (Tabla 2). De las 84 paradas propuestas en los 12 folletos, hasta 46 paradas interpretan elementos del periodo Cuaternario. Le siguen las 18 paradas del Neógeno, que junto con una parada del Paleógeno, hacen que la Era del Cenozoico sea la mejor representada en las geo-rutas. El Mesozoico se interpreta a través de 18 paradas, mientras que el Paleozoico sólo se interpreta en una parada correspondiente al Ordovícico.

FORMATO DE LOS FOLLETOS

Los folletos son el medio ideal como apoyo en itinerarios autoguiados (Guerra, 2000). Se utiliza un lenguaje divulgativo comprensible por el público en general, considerando al visitante como una persona sin apenas conocimientos en geología. Los folletos tienen una extensión entre 16 y 24 páginas, con un tamaño estándar A5, impresos en papel (Figura 1). Están organizados de la siguiente manera:

	GEO-RUTA	Sendero	Inventario	Código LIG	Elementos Geológico y Geomorfológico de Protección Especial*	Contexto Geológico (**Anexo VIII)
1	**Paseo geológico por el Torcal de Lagunaseca**	SL 05	IELIG – cordillera Ibérica	IB109 Torcas de Lagunaseca	Formas exokársticas. Lapiaces y depresiones cerradas	Sistemas kársticos en carbonatos y evaporitas de la Península Ibérica y Baleares
2	**Paseo geológico por el Escalerón y la Raya (Uña)**	PR-CU 37	IELIG – cordillera Ibérica	IB009 Cañón del río Júcar	Cañones fluviales singulares Barreras y edificios tobáceos	Sistemas kársticos en carbonatos y evaporitas de la Península Ibérica y Baleares
3	**Geo-ruta Cañón de Nuestra Señora de los Desamparados**	PR-CU 47	Cartografía MAGNA (1991)	562001 Cretácico de Entrepeñas	Cañones fluviales singulares	Estructuras y formaciones del basamento, unidades alóctonas y cobertera de las Cordilleras Alpinas.
4	**Geo-ruta por las Torcas de Palancares y Cañada del Hoyo**	PR-CU 83	IELIG – cordillera Ibérica	IB110 Torcas de los Palancares IB029 Dolinas y lagunas de Cañada del Hoyo	Formas exokársticas. Lapiaces y depresiones cerradas	Sistemas kársticos en carbonatos y evaporitas de la Península Ibérica y Baleares
5	**Geo-ruta por las tobas y la Hoz de Priego**	PR-CU 42 PR-CU 43	IELIG – cordillera Ibérica	IB063 Hoz de Priego	Barreras y edificios tobáceos	Sistemas kársticos en carbonatos y evaporitas de la Península Ibérica y Baleares
6	**Paseo geológico por la Hoz de Beteta**	Paseo Botánico de la Hoz de Beteta	Antiguo inventario nacional del IGME	IBs143 Hoz y manantiales de Beteta	Cañones fluviales singulares. Cavidades naturales de origen kárstico	Sistemas kársticos en carbonatos y evaporitas de la Península Ibérica y Baleares
7	**Geo-ruta por la Hoz del Río Gritos**	SL-CU 03	CEGGPE	-	Cañones fluviales singulares	Estructuras y formaciones del basamento, unidades alóctonas y cobertera de las Cordilleras Alpinas.
8	**Geo-ruta por los Cuchillos del río Cabriel**	GR-66	IELIG – cordillera Ibérica	IB229 Hoces del Cabriel	Estructuras tectónicas y otros rasgos estructurales	Sistemas kársticos en carbonatos y evaporitas de la Península Ibérica y Baleares
9	**Geo-ruta por la Hoz del río Cigüela. Desde la laguna de El Hito a Segóbriga**	PR-CU 63	CEGGPE	-	Humedales estacionales o permanentes y Cañones fluviales singulares	Estructuras y formaciones del basamento, unidades alóctonas y cobertera de las Cordilleras Alpinas.
10	**Geología del municipio de Santa Cruz de Moya**	PR-CU 11	CEGGPE	-	Cañones fluviales singulares	Estructuras y formaciones del basamento, unidades alóctonas y cobertera de las Cordilleras Alpinas.
11	**Geo-ruta por el Ródeno de Boniches**	PR-CU 66	Antiguo inventario nacional del IGME	IBs158 Conglomerado de Boniches	Estructuras tectónicas y otros rasgos estructurales	Estructuras y formaciones del basamento, unidades alóctonas y cobertera de las Cordilleras Alpinas.
12	**Itinerario geológico del cristal de Hispania en Cuenca**	GR 163	CEGGPE	-	Lugares de interés mineralógico y metalogenético	-

Tabla 1. Rutas interpretativas del patrimonio geológico de la red de senderos de la provincia de Cuenca, donde se especifican los inventarios de patrimonio geológico en los que se incluyen. *IELIG*, Inventario Español de Lugares de Interés Geológico. *GR*, Gran Recorrido, *PR*, Pequeño Recorrido, *SL*, Senderos Locales. *, Tipos de Elementos Geológicos y Geomorfológicos de Protección Especial del Catálogo de Castilla-La Mancha (CEGGPE). **Anexo VIII, de la Ley 42/2007 de patrimonio natural y biodiversidad y su modificación en la Ley 33/2015.

	Rutas interpretación patrimonio geológico	Nº total paradas	Ordovícico	Triásico	Jurásico	Cretácico	Paleógeno	Neógeno	Cuaternario	Tipo de itinerario	Distancia km	Tiempo (horas)
1	Paseo geológico por el Torcal de Lagunaseca	8	0	0	1	0	0	1	6	circular	7	2
2	Paseo geológico por el Escalerón y la Raya (Uña)	8	0	0	0	3	0	0	5	circular	9	4
3	Geo-ruta Cañón de Nuestra Señora de los Desamparados	8	0	0	0	1	0	3	4	ida y vuelta	12	5
4	Geo-ruta por las Torcas de Palancares y Cañada del	10	0	0	0	0	0	0	10	dos circulares	11	6
5	Geo-ruta por las tobas y la Hoz de Priego	9	0	0	0	1	0	0	8	doble: uno circular y otro	11	6
6	Paseo geológico por la Hoz de Beteta	7	0	0	2	1	0	0	4	lineal ida y vuelta	6	3
7	Geo-ruta por la Hoz del Río Gritos	7	0	0	0	2	0	0	5	lineal ida y vuelta	6,7	3
8	Geo-ruta por los Cuchillos del río Cabriel	4	0	0	0	1	0	2	1	paradas en coche	6	3
9	Cigüela. Desde la laguna de El Hito a Segóbriga	8	0	0	0	2	1	2	3	circular y otro lineal	7	4
10	Geología del municipio de Santa Cruz de Moya	1	0	0	1	0	0	0	0	paradas en coche		2
11	Geo-ruta por el Ródeno de Boniches	4	1	3	0	0	0	0	0	cuatro lineales	6	5
12	Itinerario geológico del cristal de Hispania en	10	0	0	0	0	0	10	0	en coche	200	varios días
	Totales	**84**	**1**	**3**	**4**	**11**	**1**	**18**	**46**			

Tabla 2. Distribución de paradas por cada geo-ruta en función del periodo cronoestratigráfico que se interpreta en cada una.

Portada

La estructura común (Figura 1) está dividida en: 1) Título de la geo-ruta evocadores y estimulantes para llamar la atención sobre un proceso o un elemento geológico particular. Por ejemplo, la geo-ruta por la Hoz del Río Gritos lleva el título de "El valle del imperio romano" porque discurre por el valle que llega al yacimiento arqueológico de Valeria, que es un punto clave de la ocupación romana en Cuenca. 2) Fotografía de portada, de alta calidad que corresponde con uno de los LIG que se recorren en el sendero, 3) Autores, 4) logotipos.

Itinerario

El trazado del sendero interpretado se incluye sobre una ortofotografía (PNOA del IGN, visor IBERPIX) (Figura 1).

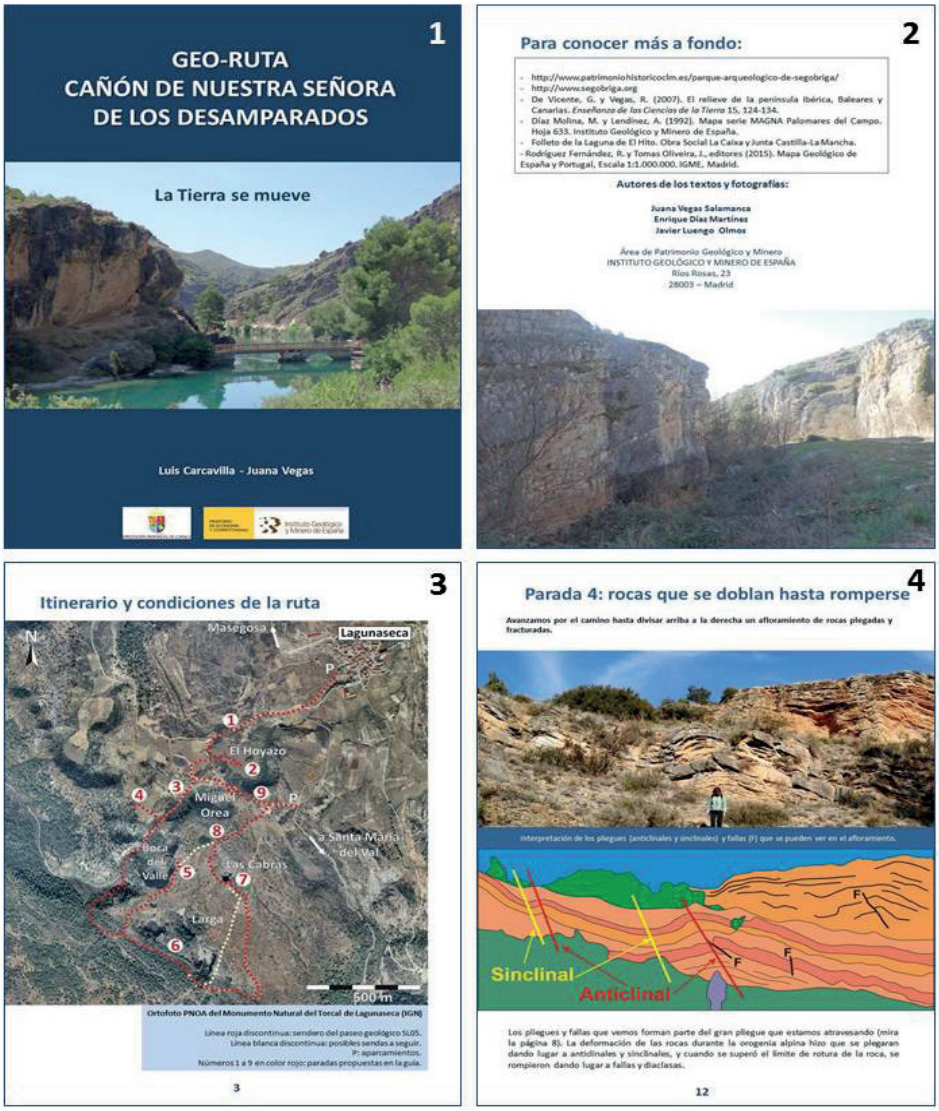


Figura 1. Ejemplos de los folletos de las geo-rutas por los senderos de Cuenca. **1**) Portada, para muchos de los potenciales visitantes será el motivo por el que despierten la curiosidad y realicen finalmente el sendero. Incluyen los logotipos de la Diputación de Cuenca y del IGME. **2**) Página final donde se incluyen las referencias bibliográficas para conocer más a fondo la geología del sendero. **3**) Mapa de la ruta con la ubicación exacta de las paradas, punto de inicio y final y el lugar de aparcamiento de los vehículos. **4**) Ejemplo de una de las paradas, con fotografías de alta calidad, puesto que es una fuente documental que permiten la localización geográfica de la parada y son un referente en el mundo real para introducir a los visitantes en las imágenes gráficas de contenido geológico. También contienen elementos cartográficos y cortes geológicos sencillos.

Introducción a la geo-ruta

Explica la geología que se recorre en las rutas. Está acompañado de una cartografía simplificada a partir de los mapas MAGNA de escala 1:50.000, con las principales unidades geológicas que cruza el sendero para una mejor comprensión del territorio. También puede incluir un corte geológico simplificado con una leyenda que ordena los acontecimientos geológicos principales.

Paradas

Se articulan con varios bloques de texto (Figura 1). Incluyen: 1) Títulos evocadores y estimulantes para llamar la atención sobre el elemento geológico que se interpreta; como por ejemplo "las vueltas que da el río" para interpretar los meandros (geo-ruta 5, Tabla 1). 2) Texto de situación que explica cómo llegar a cada parada. 3) Textos con mensaje. Desarrollan una única idea fuerte que corresponde con lo que los visitantes pueden ver desde el punto de observación de cada parada. 4) Texto al pie de las imágenes gráficas y fotografías. En ocasiones, se ha recurrido a diagramas y cortes geológicos para explicar procesos geológicos activos ocurridos en el pasado y que no se manifiestan en el presente; además de ofrecer la imagen del subsuelo que no se percibe desde la superficie (Figura 1).

Página trasera

La trasera tiene un diseño común a todos ellos, con una fotografía representativa de la geo-ruta, los logotipos de las instituciones involucradas y la relación del equipo de trabajo con su filiación profesional. Todos los folletos publicados tienen ISBN, NIPO y depósito legal.

CONCLUSIONES

Los senderos homologados de la provincia de Cuenca son una buena herramienta para la interpretación del patrimonio geológico de esta provincia. Las 12 geo-rutas publicadas hasta la actualidad por la Diputación de Cuenca y el Instituto Geológico y Minero de España, son en sí mismas una estrategia para divulgar y fomentar el uso público del patrimonio geológico. Los itinerarios propuestos se interpretan mediante folletos autoguiados impresos en papel en tamaño A5 y además, pueden ser empleados por guías de turismo de naturaleza de la provincia, ampliando así la oferta de turismo rural y de interior existente en esta provincia.

Además, estas rutas demuestran otra de las utilidades y actuaciones directas a partir de los inventarios sistemáticos y son una vía de difusión para su uso público, apoyada por las autoridades provinciales, como en este caso desde la Diputación de Cuenca.

AGRADECIMIENTOS

A Carlos Martínez Navarrete (IGME), responsable del Convenio específico de colaboración entre la Excma. Diputación de Cuenca y el Instituto Geológico y Minero de España.

REFERENCIAS

Asociación para la Interpretación del Patrimonio (AIP), 01/02/17, http://www.interpretaciondelpatrimonio.com

Guerra, F.J. 1998. Itinerarios para todos los públicos. *Andalucía Ecológica,* 3, 32-33.

Morales, J., Guerra, F. J. y Serantes, A. 2000. Bases para la definición de competencias en interpretación de Patrimonio. Seminarios de Interpretación Natural y Cultural. CENEAM. Organismo Autónomo de Parques Nacionales. http://www.magrama.gob.es/ceneam/grupos-de-trabajo-y-seminarios/

Tilden, F. 1957. *Interpreting Our Heritage*. Chapel Hill, North Carolina, USA: University of North Carolina Press.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

EL PATRIMONIO GEOMORFOLÓGICO DEL PARQUE NACIONAL DE LAS CAÑADAS DEL TEIDE (TENERIFE, ESPAÑA) COMO BASE PARA EL TURISMO VOLCÁNICO

THE GEOMORPHOLOGICAL HERITAGE OF THE CAÑADAS DEL TEIDE NATIONAL PARK (TENERIFE, SPAIN) AS A BASE FOR VOLCANIC TOURISM

R. Becerra-Ramírez[1,3] y J. Dóniz-Páez[2,3]

[1] GEOVOL–UCLM, Dpto. Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Castilla-La Mancha. Facultad de Letras. Avda. Camilo José Cela s/n, 13071, Ciudad Real. Rafael.Becerra@uclm.es

[2] Dpto. Geografía e Historia – Universidad de La Laguna. Facultad de Humanidades, Campus de Guajara s/n, 38071, La Laguna (Tenerife). jdoniz@ull.es

[3] INVOLCAN. Instituto Volcanológico de Canarias. Antiguo Hotel Taoro. Puerto de la Cruz (Tenerife).

Resumen: En este trabajo se pretende potenciar el patrimonio geomorfológico y el turismo volcánico a través del concepto de Lugar de Interés Geomorfológico (LIGm – o geomorfositio) en el Parque Nacional de Las Cañadas del Teide. Para ello, se realiza una propuesta de 23 LIGm dentro de los límites del parque nacional, y de acceso público, agrupadas en 4 unidades geomorfológicas (Teide-Pico Viejo, la Caldera de Las Cañadas, el Atrio de Las Cañadas y los campos de volcanes recientes). Al correlacionar cada uno de los LIGm identificados con su potencial geoturístico, se observa qué tipo de atractivos del turismo volcánico disponen. En todos destacará el escenario: la belleza de los paisajes eruptivos como lugares emblemáticos, su disfrute, su contemplación, la toma de fotografías, la magia de los procesos que los generaron, su monumentalidad y sus colores.

Palabras clave: Patrimonio Geomorfológico, Teide, Tenerife, turismo volcánico, volcanes.

Abstract: *In this work we want to enhance geomorphological heritage and volcanic tourism through the concept of geomorphosite in Las Cañadas del Teide National Park. To do this, a proposal of 23 LIGm within the limits of the national park, and with public access, are grouped in 4 geomorphological units (Teide-Pico Viejo, Las Cañadas Caldera, Las Cañadas Atrium and recent volcanoes fields). When correlating each identified geomorphosite with its geotouristic potential, it is observed what type of attractions of volcanic tourism have. In all of them the stage will be highlighted: the beauty of the eruptive landscapes as emblematic places, their enjoyment, their contemplation, the taking of photographs, the magic of the processes that generated them, their monumentality and their colors.*

Key words: *Geomophological Heritage, Teide, Tenerife, volcanic tourism, volcanoes.*

INTRODUCCIÓN Y ÁREA DE ESTUDIO

El Parque Nacional de las Cañadas del Teide (PNCT) fue declarado en 1954 (R.D. de 22 de enero de 1954, BOE nº35 4/02/1954) a semejanza del modelo forestal de Yellowstone, favorecido por la política estatal de la época de defender paisajes notables atendiendo a criterios monumentales, estéticos, paisajísticos y contemplativos (Simancas-Cruz, 2006).

El PNCT constituye el área natural por excelencia de Tenerife. Nadie duda del importante papel que desempeñó como referente natural y cultural en siglos pasados. Constituye la seña de identidad más emblemática de los canarios en la conservación de su patrimonio natural (Dóniz-Páez, 2010). Se trata de un territorio cuya geografía se resuelve a través de un complicado mosaico de paisajes (Martínez de Pisón *et al*., 2009), donde la geodiversidad de sus volcanes, sus matices, colores y formas, así como la originalidad de la vegetación, constituyen el fundamento de su génesis y también el objeto de su conservación.

Los principales atractivos del paisaje del PNCT descansan en tres pilares fundamentales: los volcanes, la vegetación y los aspectos culturales; destacando por encima de todos su espectacular relieve. La geomorfología es la protagonista en este sector de cumbres de Tenerife, donde los volcanes son la impronta paisajística más significativa del parque y su seña de identidad más característica. Las formas, procesos y estructuras volcánicas (campos de volcanes, conos piroclásticos, estratovolcanes, domos, mantos de pómez o lapilli, calderas, diques, pitones, cráteres, lavas *aa* –malpaíses–, *pahoehoe* –lajiales– y en bloques...), así como las derivadas de los procesos de desmantelamiento (torrenteras, llanos endorreicos, abanicos aluviales, taludes, conos de deyección, suelos estriados…), forman parte de la geodiversidad del PNCT, con un abultado ejemplo de geomorfositios o Lugares de Interés Geomorfológico – LIGm (Roques de García, la Catedral, Llano de Ucanca, el Teide, Pico Viejo, Chahorra, volcanes históricos de Fasnia, Mostaza, Montaña Blanca, Montaña Rajada, la Fortaleza, Pico Cabras, los Gemelos, Roques Blancos, Edificio Cañadas, Coladas de obsidiana, etc.) que constituyen el grueso de los atractivos que explota el parque *in situ*.

Además del predominio de los atractivos geoturísticos el PNCT cuenta con otro tipo de recursos asociados a la biodiversidad y al patrimonio cultural. La vegetación tiene un gran interés, no solo por la riqueza de especies, sino por la elevada proporción de endemismos regionales, insulares y locales que posee (Martínez de Pisón *et al*., 2009) que se plasma en las diversas configuraciones del matorral de alta montaña volcánica subtropical. Algo similar sucede con la fauna invertebrada, extraordinariamente rica y diversa (Arechavaleta y Oromí, 2004); sin embargo, la fauna vertebrada es bastante reducida y poco llamativa, concretada en la presencia de algunas aves y lagartos (Machado, 2004).

Desde la perspectiva del patrimonio cultural, las cumbres de Tenerife fueron un referente importante para el mundo aborigen, ya que desde época prehistórica fue escenario de una intensa actividad económica: el pastoreo. Los guanches dejaron su huella arqueológica a través de restos de cabañas, refugios y paraderos pastoriles con utensilios líticos y cerámicos (Arnay de la Rosa, 2004). Además de estas actividades y más recientemente, Las Cañadas han sido explotadas por parte de los tinerfeños (neveros, maderas, ganados, apicultura, azufre, etc.). La originalidad de los valores culturales de este espacio descansan en el referente que supuso para viajeros y científicos a lo largo de los siglos XVI al XVIII y en los contenidos de la geografía fantástica (mitos, leyendas, tradiciones, exploraciones literatura, arte, etc.) (Martínez de Pisón *et al*., 2009).

La explotación e interpretación de los atractivos del PNCT relacionados con la geodiversidad, la biodiversidad y la hidrodiversidad (vinculada tanto a la precipitación líquida como sólida – penitentes de hielo, cascadas de agua, neveros, abanicos aluviales, inundaciones de llanos endorreicos – y a los usos del agua por parte del ser humano – pozos, cuevas/neveros, etc.) se exponen en el centro de visitantes de El Portillo.

Por el contrario, los asociados al patrimonio cultural se exhiben en el centro de visitantes de Cañada Blanca y en el de Juan Évora.

DIAGNÓSTICO: GRAN VOLUMEN DE TURISTAS Y DESCONOCIMIENTO DE LA GEODIVERSIDAD DEL PARQUE NACIONAL DE LAS CAÑADAS DEL TEIDE

Es evidente que la importante geodiversidad del PNCT constituye el principal atractivo para el visitante (Figura 1). Sin embargo, en muchas ocasiones ni los turistas son conscientes de los recursos volcánicos que están consumiendo, ni los responsables de ofertarlos son conscientes de cómo hacerlo (Dóniz-Páez, 2010, 2014; Dóniz-Páez *et al.*, 2011, 2015). La potencialidad recreativa de estos Espacios Naturales Protegidos (ENP) es aprovechada tanto por turistas convencionales centrados en la contemplación de sus valores paisajísticos, como por el "nuevo" turismo de naturaleza que los integra dentro de su experiencia vital de ocio y recreo. Sin embargo, en ambos casos el "uso" y consumo turístico del PNCT está más relacionado con la espectacularidad orográfica de determinados enclaves (Teide, Roques de García...) que con su génesis eruptiva – a lo que contribuyó la filosofía de declaración del parque nacional: disfrute de espacios caracterizados por su monumentalidad.



Figura 1. Ejemplos de LIGm identificados en el Parque Nacional.

El PNCT constituye un referente en cuanto al turismo en ENP, más por la elevada afluencia que soporta, que por el perfil del turista que lo visita. Ésta contribuye al desarrollo socioeconómico de Tenerife, pero al mismo tiempo es una potencial amenaza para el paisaje (Dóniz-Páez, 2010). En este sentido, las autoridades y gestores competentes deben hacer frente a unos retos de futuro: una disminución de la afluencia; la descongestión de visitas de determinados atractivos en beneficio de otros menos frecuentados; y la oferta de nuevos productos y experiencias turísticas, como funciona ya en otras geografías volcánicas con la explotación del patrimonio geomorfológico volcánico a través del geoturismo (Dóniz-Páez, 2012; Dóniz-Páez *et al.*, 2011, 2015).

PROPUESTA: PATRIMONIO GEOMORFOLÓGICO Y TURISMO VOLCÁNICO

Este trabajo trata de potenciar el patrimonio geomorfológico y el turismo volcánico en el Parque Nacional de las Cañadas del Teide a través del concepto de Lugar de Interés Geomorfológico (LIGm) o geomorfositio (Dóniz-Páez *et al.*, 2011; Becerra-Ramírez, 2013). Dóniz-Páez (2010) ya evidenció que de los millones de turistas que visitan el PNCT cada año, un porcentaje inferior al 10% mostró verdadero interés por los valores del parque al visitar alguno de los centros de interpretación que posee. Con el objetivo de invertir esta tendencia es esencial implementar las medidas mencionadas anteriormente (reducción de visitantes, descongestión de los recursos más visitados y creación de nuevos productos turísticos) y lograr verdaderos cambios en el perfil del turista. Por ello, es necesario centrarnos en la creación de productos y experiencias relacionados con el turismo volcánico.

El turismo volcánico es un sector muy importante del geoturismo que se define como la exploración y el estudio de las formas y procesos geotérmicos de volcanes activos, y también como la visita a volcanes dormidos o a regiones de volcanismo extinto, siempre que su patrimonio geológico y geomorfológico sea de interés y atracción para generar corrientes de visitantes (Erfurt-Cooper y Cooper, 2011, Dóniz-Páez, 2012, 2014). Por tanto, el turismo volcánico entendido como la práctica de actividades recreativas sobre los volcanes durante el tiempo de ocio, está en auge y está muy generalizado sobre todo en países desarrollados (Erfurt-Cooper y Cooper, 2010), a pesar de ello, la atención que se le dedica sigue siendo insuficiente (Guillén *et al.*, 2010; Dóniz-Páez *et al.*, 2011; Dóniz-Páez, 2012).

El turismo volcánico es popular debido a la amplia gama de recursos y atractivos que se explotan en los paisajes volcánicos: el escenario en sí, las erupciones, las fuentes termales, la práctica de deportes de riesgo y aventura, el ecoturismo y turismo científico, las playas de arena negra, la arqueología y los parques culturales y la relación volcanes-religión (Sigurdsson y Lopes, 2000). La diversidad de atractivos turísticos condiciona la amplia gama de perfiles de visitantes que realizan turismo volcánico (Dóniz-Páez, 2014).

Relacionando el abanico de recursos propios del turismo volcánico con la geodiversidad del PNCT y su patrimonio geomorfológico, se ha realizado una propuesta de los principales LIGm del mismo (Figura 2) que estuviesen dentro de las zonas en las que se permite el uso público – visitables a partir de la red de senderos y georrutas de las que dispone el parque. Para ello se ha individualizado el parque nacional en cuatro grandes unidades geomorfológicas (Teide-Pico Viejo, La Caldera de Las Cañadas, El Atrio de Las Cañadas y los campos de volcanes recientes) y en cada una de ellas se han seleccionado los geomorfositios más representativos por su geodiversidad, por su patrimonio geomorfológico (valores científicos, contenidos culturales y de usos y gestión), por sus valores paisajísticos y por su potencialidad de uso relacionado con el turismo volcánico.

En total se han catalogado 23 LIGm (Figura 2): por un lado aquellos relacionados con formas volcánicas directas como los edificios y conos volcánicos de naturaleza basáltica (1.3, 3.1, 3.2, 4.3, 4.4, 4.5), sálica (1.4,

1.5, 1.6, 1.7, 1.8) o mixta (1.1, 1.2, 3.3, 4.1) y las superficies lávicas (3.4, 4.1); y por otro lado, aquellos resultado de procesos de desmantelamiento como los relacionados con la desaparición del Edificio Cañadas (2.2, 2.3, 2.4, 3.5), los taludes y conos de deyección (2.1) y los llanos endorreicos (3.6). Además se incluye la red de senderos del parque que facilitaría las actividades de ocio en cada uno de los geomorfositios (Guillén *et al.* 2010) exceptuando los domos volcánicos localizados en la vertiente norte como Roques Blancos (1.7) y Pico Cabras (1.8) que están más relacionados con el paisaje menos turístico del PNCT.

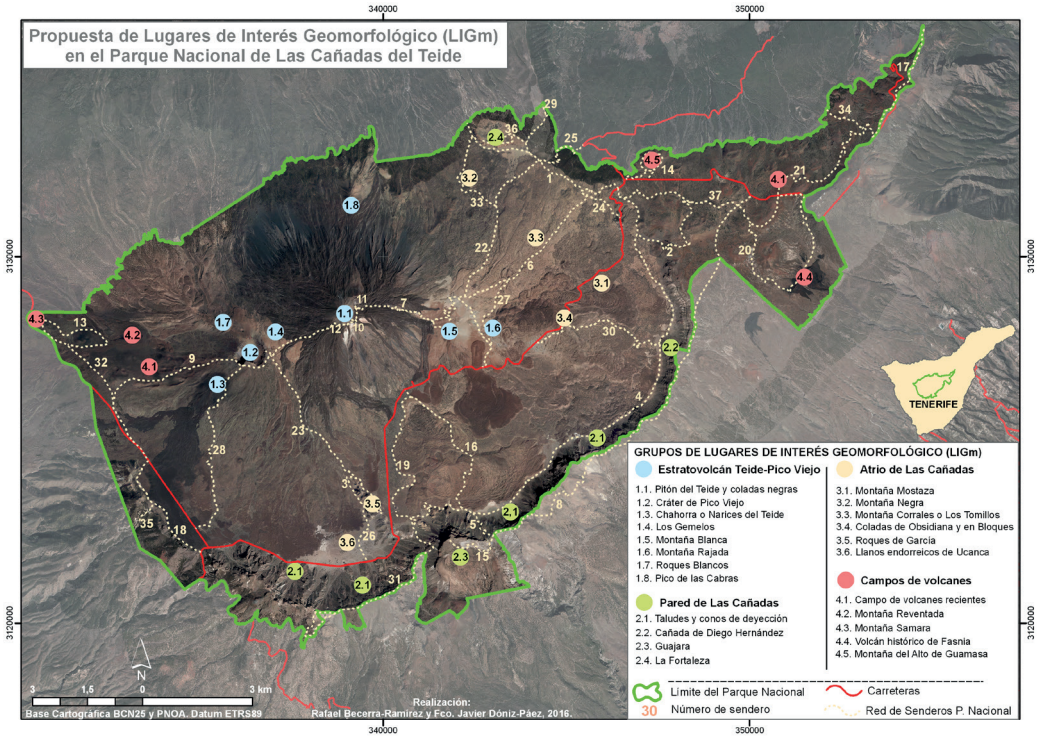


Figura 2. Mapa de localización de los LIGm propuestos en el Parque Nacional de Las Cañadas del Teide y su vinculación con la red de senderos del parque.

Al correlacionar cada LIGm identificado en el PNCT con su potencial geoturístico, se observa qué tipo de atractivos de turismo volcánico poseen. En todos destaca el escenario en sí, es decir, la belleza de las morfologías eruptivas como lugares emblemáticos para el disfrute y la contemplación o para la toma de fotografías, asociados a la magia que entrañan los procesos que los generaron, su monumentalidad y sus colores. Las manifestaciones termales son visibles en el cono terminal del Teide (1.1) donde existen manifestaciones visibles de gases que indican el carácter activo del volcán, pero no están relacionadas con sus propiedades curativas como sucede en otras áreas geotérmicas activas. Mención especial requiere la práctica de deportes de riesgo y de aventura ya que los volcanes generan relieves abruptos, solitarios y de elevadas altitudes, que dan lugar a territorios únicos y emblemáticos para el desarrollo de deportes y actividades muy específicas (escalada, senderismo, barranquismo…), a ello contribuye la importante red de senderos del PNCT, infraestructura básica para el desarrollo de muchas de estas actividades. Las actividades ecoturísticas y el turismo

científico, relacionado más con un perfil de turista muy específico, se pueden desarrollar en cualquiera de los LIGm vinculándolo con otros recursos como la biodiversidad y el patrimonio cultural.

La importante presencia de yacimientos y manifestaciones arqueológicas y de otros recursos culturales pone de manifiesto la relación entre los geomorfositios y el patrimonio cultural en el PNCT. Por último, existe una interesante convivencia entre los volcanes y la religión asociada a creencias ancestrales, mitos y vinculadas con que los volcanes son morada de dioses pero también de demonios como sucede con el Teide y los guanches.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es parte de los resultados obtenidos dentro de los proyectos de la Cátedra de Turismo Caja Canarias-Ashotel de la Universidad de La Laguna.

REFERENCIAS

Arechavaleta, M. y Oromí, P. 2004. Fauna invertebrada. En: AA.VV. *Parque Nacional del Teide*. Ed. Esfagnos-MMA, Madrid, 143-170.

Arnay de la Rosa, M. 2004. Arqueología. En: AA.VV. *Parque Nacional del Teide*. Ed. Esfagnos-MMA, Madrid, 199-212.

Becerra-Ramírez, R. 2013. *Geomorfología y Geopatrimonio de los volcanes magmáticos de la Región Volcánica del Campo de Calatrava*. Tesis Doctoral inédita. Univ. Castilla-La Mancha, 822 pp.

Dóniz-Páez, J. 2010. Turismo en Espacios Naturales Protegidos en Canarias: el Parque Nacional de las Cañadas del Teide (Tenerife, España), durante el periodo 2000-2008. *Estudios Turísticos*, 183: 91-103.

Dóniz-Páez, J. 2012. *Turismo volcánico. Canarias: productos turísticos y propuesta de itinerarios*. EAE, Madrid, 124 pp.

Dóniz-Páez, J. 2014. Reflexiones en torno al turismo volcánico: el caso de Canarias. *Pasos*, 12 (2), 467-478.

Dóniz-Páez, J., Becerra-Ramírez, R., González, E., Guillén, C. y Escobar, E. 2011. Geomorphosites and Geotourism in volcanic landscapes: The example of La Corona del Lajial Cinder cone (El Hierro, Canary Islands, Spain). *Geojournal of Tourism and Geosites,* Year IV, nº2, vol. 8, 185-197.

Dóniz-Páez, J., Becerra-Ramírez, R., González, E., Escobar, E. y Gosálvez, R.U. 2015. Geomorphosites and geoturism in volcanic geoparks (El Hierro, Canary Islands, Spain). *International Conference on Fogo Eruption 2014-2015*, Univ. Cabo Verde, Praia, 24.

Erfurt-Cooper, P. y Cooper, M. 2010. *Volcano and geothermal tourism. Sustainable geo-resources for leisure and recreation*. Earthscan, London, 409 pp.

Guillén, C., Dóniz-Páez, J., Becerra-Ramírez, R. y Romero, C. 2010. Proposal of volcanic geomorphosites itineraries on Las Cañadas del Teide National Park (Tenerife, Spain). En: VV.AA. *Proceeding of the Inernational Conference on Geoheritage and Geotourism*, Ed. IAP-Geotur CEG-Univ. Lisboa, Lisboa, 35-36.

Machado, A. 2004. Fauna vertebrada. En: AA.VV. *Parque Nacional del Teide*. Ed. Esfagnos-MMA, Madrid, 171-198.

Martínez de Pisón, E., Arozena, M., Beltrán, E. y Romero, C. 2009. *Los paisajes del Parque Nacional del Teide*. Ed. Organismo Autónomos Parques Nacionales, Madrid. 203 pp.

Simancas-Cruz, M. 2006. *Las áreas protegidas de Canarias. Cincuenta años de protección ambiental del territorio en espacios naturales*. Ed. Idea, Las Palmas, 459 pp.

Sigurdsson, H. y Lopes, R. 2000. Volcanoes and tourism. En: VV.AA. *Encyclopedia of Volcanoes.* Academic Press, San Diego, 1283-1299.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

RECURSOS PARA EL GEOTURISMO EN LA REGIÓN VOLCÁNICA DE CAMPO DE CALATRAVA (CIUDAD REAL, ESPAÑA CENTRAL)

RESOURCES FOR GEOTOURISM IN CAMPO DE CALATRAVA VOLCANIC REGION (CIUDAD REAL, CENTRAL SPAIN)

R. Becerra-Ramírez[1,3], E. Escobar[1,3], E. González[1,3], J. Dóniz-Páez[2,3] y M.C. Becerra-Ramírez[4]

[1] GEOVOL–UCLM, Dpto. Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Castilla-La Mancha. Facultad de Letras. Avda. Camilo José Cela s/n, 13071, Ciudad Real. Rafael.Becerra@uclm.es

[2] Dpto. Geografía e Historia – Universidad de La Laguna. Facultad de Humanidades, Campus de Guajara s/n, 38071, La Laguna (Tenerife). jdoniz@ull.es

[3] INVOLCAN. Instituto Volcanológico de Canarias. Antiguo Hotel Taoro. Puerto de la Cruz (Tenerife).

[4] Historiadora y Colaboradora de GEOVOL-UCLM. maric167@hotmail.com

Resumen: El objetivo de este trabajo es ampliar el estudio de los volcanes de la Región Volcánica del Campo de Calatrava (provincia de Ciudad Real) como recurso potencial para el desarrollo del Geoturismo. Se trata de determinar qué recursos turísticos ofrecen estos volcanes y cuáles son las actividades turísticas potenciales que pueden llevarse a cabo en este territorio. El conocimiento de estos recursos servirá para diversificar la actividad económica en un área tradicionalmente agrícola, y desarrollar un geoturismo basado en las morfologías y la actividad volcánica, y los usos que el ser humano ha dado a los volcanes a lo largo de la historia. Será necesario considerar qué atractivos ofrecen estos volcanes, para los turistas, que se encuentran en los depósitos volcánicos (cenizas, lapilli, coladas, flujos piroclásticos, *spatter*…), las morfologías eruptivas (constructivas y destructivas), en sus ecosistemas, en los elementos etnoculturales presentes, y en definitiva el paisaje volcánico de este territorio.

Palabras clave: *Campo de Calatrava, Ciudad Real, Geoturismo, turismo volcánico, volcanes.*

Abstract: *The aim of this work is to increase the knowledge about the volcanoes of Campo de Calatrava Volcanic Region (Ciudad Real province), as a potential resource for the development of Geotourism. It is necessary to know what tourist resources these volcanoes offer and what are the potential tourist activities can be carried out in this territory. The knowledge of these resources will serve to diversify the economic activities in a traditionally agricultural area, and to promote a geotourism based on volcanic activity and landforms, and the uses that Man has given to the volcanoes throughout the history. Therefore, it is convenient to consider the potential attraction for tourists of elements such as volcanic deposits (ash, lapilli, lava flows, pyroclastic flows, spatter...), morphologies (constructive and destructive), ecosystems developed in them, ethno-cultural elements, and the volcanic landscape itself.*

Key words: *Campo de Calatrava, Ciudad Real, Geotourism, volcanic tourism, volcanoes.*

INTRODUCCIÓN Y ÁREA DE ESTUDIO

El análisis de los volcanes como patrimonio geomorfológico favorece su valoración, su promoción como recurso (cultural, educativo, científico, natural) y su conservación (Dóniz-Páez *et al*. 2011; Dóniz-Paéz, 2012). Con este trabajo tratamos de ampliar el estudio de los volcanes de la Región Volcánica del Campo de Calatrava (RVCC), a partir de los atractivos turísticos que ofrecen como herramienta para el desarrollo y promoción del geoturismo (Becerra-Ramírez, 2013; Becerra-Ramírez *et al*. 2015). Para ello, es necesario conocer qué papel juegan los volcanes y su diversidad frente al turismo, identificar sus atractivos para los turistas potenciales, diseñar estrategias de actuación y productos con la marca volcán, como se ha hecho en otras áreas volcánicas (Sigurdsson and Lopes-Gautier, 2000; Dóniz-Páez *et al*. 2010, 2011; Dóniz-Páez 2012; Erfurt-Cooper, 2014).

La Región Volcánica del Campo de Calatrava se localiza en el centro de la provincia de Ciudad Real (España Central), en un área de 5.000 km^2 y 80 km de diámetro, cuyos límites sobrepasan la unidad natural y comarca histórica del Campo de Calatrava, y aparece también en Montes de Toledo al norte, en Valle de Alcudia y Sierra Morena al sur, y al este en las llanuras de La Mancha. Más de 330 edificios eruptivos, el 53% de génesis magmática (hawaiiana y estromboliana) y el 47% hidromagmática, presentan morfologías típicas del volcanismo basáltico monogénico y policíclico: coneletes escoriáceos, conos piroclásticos, conos de tobas, maares-diatrema y maares con anillos de tobas (Becerra-Ramírez, 2013).

En este territorio se localiza la capital provincial, Ciudad Real (más de 70 mil habitantes) y Puertollano (más de 50 mil habitantes), junto a ciudades pequeñas y poblaciones de entre 3.000 y 10.000 habitantes. Área cercana a 200.000 habitantes, un potencial volumen de turistas, con una posición estratégica entre Madrid y Andalucía y una buena red de comunicaciones (AVE, autovías, carreteras nacionales) que la conecta con el resto del territorio nacional, son los elementos básicos para desarrollar un turismo de naturaleza basado en el aprovechamiento de los recursos volcánicos (geoturismo – turismo volcánico). Cuenta con una economía poco diversificada, centrada tradicionalmente en el sector primario (agricultura y caza); en el secundario con empresas agroalimentarias, transformados metálicos y construcción, industria minera, termo-solar y petroquímica de Puertollano; el terciario especializado en administraciones públicas y universidad; y un turismo incipiente en Almagro, Ciudad Real y espacios protegidos como los Parques Nacionales (Cabañeros y Tablas de Daimiel) o el Parque Natural de Valle de Alcudia y Sierra Madrona, áreas con mayor afluencia de turistas en la provincia (Becerra-Ramírez *et al*. 2009), entre otras.

El objetivo de este trabajo es determinar qué recursos turísticos ofrece el volcanismo de la RVCC, y cuáles son las actividades turísticas potenciales que pueden llevarse a cabo, algunas de ellas incipientes en este territorio. El conocimiento de estos recursos servirá para diversificar la actividad económica en un área tradicionalmente agrícola, y desarrollar un geoturismo basado en las morfologías y la actividad volcánica, y los usos que el ser humano ha dado a los volcanes.

RECURSOS GEOTURÍSTICOS VOLCÁNICOS EN RVCC

Los volcanes se presentan como un patrimonio excepcional para la ciencia y como recurso social (suelos, procesos geotermales, rocas, turismo…), ofrecen muchos atractivos y las razones por las que se visitan son muy variadas. Los principales recursos que ofrecen están relacionados con factores naturales (relieve, fuentes termales, vegetación, vida silvestre…) y geoculturales (históricos, arqueológicos, religión…) (Sigurdsson and Lopes-Gautier, 2000; Dóniz-Páez *et al*. 2010, 2011; Dóniz-Páez, 2012; Erfurt-Cooper, 2014).

Actualmente el principal recurso económico ofrecido por los volcanes a nivel mundial es el turismo. Algunos trabajos sobre turismo volcánico agrupan los atractivos volcánicos en ocho categorías (Sigurdsson and Lopes-Gautier, 2000; Doniz-Páez, 2012): **1.** El paisaje o la belleza de las geografías eruptivas; **2.** El espectáculo de la actividad volcánica (erupciones, géiseres, fumarolas…); **3.** Fuentes de aguas termales y *spas* naturales; **4.** La práctica de deportes de riesgo/aventura; **5.** Actividades eco/geo-turísticas; **6.** Playas de arena volcánica (negra, verde, roja…); **7.** Arqueología sobre territorios volcánicos; **8.** Volcanes y Religión.

A pesar de que RVCC no tiene recursos turísticos importantes, es necesario diversificar la oferta con atractivos turísticos de origen volcánico que estarán vinculados a sus depósitos (cenizas, lapilli, coladas, flujos piroclásticos, *spatter*…), sus morfologías volcánicas (constructivas y destructivas), los ecosistemas desarrollados en ellos, los elementos etno-culturales presentes y, en definitiva al paisaje volcánico calatravo. De entre las 8 categorías de atractivos volcánicos comentadas anteriormente, en este territorio pueden aprovecharse perfectamente todos (Figura 1), a excepción de las playas de arena volcánica – lógicamente por su localización intracontinental – y el espectáculo de la actividad eruptiva.



Figura 1. Ejemplos de atractivos ofrecidos por los volcanes de la RVCC.

Atractivos y actividades de promoción del Geoturismo Volcánico en RVCC

Actualmente, los atractivos ofrecidos por el volcanismo calatravo están siendo aprovechados para el desarrollo del geoturismo, de forma muy incipiente, por parte de asociaciones culturales, senderistas, empresas de hostelería y ayuntamientos (Becerra-Ramírez, 2015). Para ello, se proponen algunas acciones de promoción geoturística que pueden llevarse a cabo, o ya lo hacen, en la región volcánica:

-Divulgación de los valores del volcanismo de la RVCC, a la sociedad mediante ciclos de conferencias, exposiciones, concursos de dibujo, publicaciones monográficas, folletos, páginas web, que informan sobre los valores naturales y culturales de este territorio. Actividades como *La Noche de Los Volcanes* y *La Noche Europea de los Volcanes* (http://nochedevolcanes.es/, http://volcanoesnight.com/, consultados 31/01/2017), en las que han participado más de 2.000 personas en sus tres ediciones desde que empezó a realizarse en 2014, y en la que se implicó la población local de este territorio, especialmente los niños.

-Diseño y desarrollo de georrutas e itinerarios (Figura 1) a través de los paisajes naturales volcánicos donde se fomenta el *trekking* – senderismo, el *geohiking* o geo-excursionismo, que aprovechan caminos públicos vecinales, las Cañadas Reales (Segoviana y Soriana oriental) que atraviesan este territorio y por las que discurre la red de senderos de la Diputación Provincial de Ciudad Real; o rutas turísticas como la *Red Rocinante* (Valle de Alcudia) y la *Ruta de Don Quijote* (Gobierno de Castilla-La Mancha). Rutas que necesitan de un acondicionamiento para su acceso y dotarse de contenido para la interpretación de los valores naturales y culturales de este territorio (folletos, códigos QR-Bidi, paneles informativos, etc.).

-Práctica de deportes de aventura/riesgo, en lugares como paredes escarpadas de coladas lávicas, como en el volcán Columba (con coladas de 20 m de espesor y escarpe), o escarpes internos o externos de cráteres como en Cuevas Negras, Peñarroya, o en muchos maares (Cervera, La Posadilla, Peñarroya, Michos…) donde se puede practicar la escalada.

-Observación de aves en ecosistemas lacustres de origen volcánico – maares: u otras especies de fauna en zonas cercanas. La gran peculiaridad de los maares calatravos es la existencia en su interior de lagunas que acogen comunidades faunísticas y florísticas, desarrollando ecosistemas únicos en la Península Ibérica y en Europa occidental (Gosálvez, 2012). La cercanía de estas lagunas volcánicas a todos los municipios calatravos, suponen un atractivo natural y paisajístico para la atracción de turistas (Gosálvez, 2009).

-Centros de Interpretación (Figura 1): Actualmente existen dos centros de interpretación de los valores naturales y culturales del volcanismo calatravo, inaugurados en abril de 2016. El primero el *Centro de Interpretación del Agua Volcánica La Inesperada* (Pozuelo de Cva.), que resalta los valores ecosistémicos de la laguna presente del maar La Inesperada. El segundo, el *Centro de Interpretación de Cerro Gordo* (Granátula de Cva.) se trata de un espacio interpretativo en el interior de una cantera abierta en el volcán Cerro Gordo, y en la que se interpreta el volcanismo calatravo y las características más interesantes del complejo eruptivo (www.volcancerrogordo.es, consultado 31/01/2017), y que ha recibido más de 9.500 visitas desde su apertura (a 12/01/2017 según www.campodecalatrava.com), cifras muy similares a las de La Inesperada ya que los turistas aprovechan la jornada para visitar ambos espacios. Además, cuentan con folletos informativos, y en el caso de Cerro Gordo también una aplicación para *smartphone* en la que se explica el recorrido y los contenidos del centro.

-Visita a volcanes protegidos. Varios volcanes tienen alguna figura de protección específica (según Ley 9/1999 de Castilla-La Mancha) como elemento geológico (Monumento Natural) o con importantes ecosistemas como los maares con laguna (Reserva Natural, Microrreserva o Refugio de Fauna). La cercanía a estos espacios protegidos u otros incluidos en áreas como el Parque Natural de Valle de Alcudia y Sierra Madrona, con edificios volcánicos en su interior, se prestan a ser visitados para conocer sus elementos naturales y crear

Lugares de Interés Geomorfológico (LIGm) volcánicos, para destacar la importancia de estas morfologías en sitios donde predominan otras formas de relieve.

-Recuperación y reacondicionamiento de fuentes de agua agria y hervideros (manantiales termales de origen volcánico) para el uso y disfrute de la sociedad. Muchos abandonados tras utilizarse desde época romana como balnearios o *spas* (Escobar, 2015) gracias a sus propiedades minero-medicinales (*Baños de Ntra. Sra. Del Prado* en Villar del Pozo, *Baños de Fuensanta* en Ciudad Real, *Baños del Emperador* en Miguelturra, *Fuente Agria y Casa de Baños* en Puertollano). Otros siguen en funcionamiento como los *Baños de Barranco Chico* y *Barranco Grande* (Aldea del Rey), o han sido reacondicionados en los últimos 10 años, como la *Fuente y Baño del Chorrillo* (Pozuelo) o la *Casa de Baños* de Carrión.

-Entender la vinculación de yacimientos arqueológicos y religión (Figura 1) con volcanes sobre los que se asientan estos elementos histórico-culturales, por los que han pasado diferentes pueblos a lo largo de la historia, desde el Paleolítico, pasando por la Edad del Bronce, época romana, visigoda, musulmán, hasta nuestros días (Escobar, 2016). Diferentes culturas atraídas por los recursos volcánicos (lavas y piroclastos, suelos, hervideros…) configurando asentamientos, columbarios, o incluso emplazamientos de templos en lo alto de volcanes como lugar emblemático y topográficamente dominante del territorio (Castillejos de La Bienvenida, Cerro de la Cruz de Alcolea, Cerro Santo en Porzuna, entre otros).

-Promoción de productos locales con la marca "volcán". Esto es, usar el volcán, la terminología científica o vocablos volcánicos para denominar a productos locales (vinos, dulces…). Las empresas de restauración/hostelería pueden ofrecer menús tapas y pinchos "volcánicos", productos artesanos que hagan referencia a topónimos de volcanes cercanos, para revalorizarlos y ofrecer productos con la marca volcán como se viene haciendo en las Islas Canarias y otras áreas del planeta (Dóniz-Páez, 2012). Esta promoción se está comenzando a poner de moda entre las empresas locales de la zona en los últimos 7 años (vinos volcánicos – *Vulcanus*, *Maar de Cervera*, *Lahar de Calatrava*; aceites como *Maar de La Posadilla*; oferta de rutas volcánicas por hoteles y touroperadores, en 4x4, a caballo, bicicleta, etc.), como marca de calidad y diferenciadora de otros productos similares.

CONSIDERACIONES FINALES

A pesar de que la Región Volcánica del Campo de Calatrava no tiene recursos turísticos importantes, la apertura de los centros de interpretación en 2016, Cerro Gordo y La Inesperada, han hecho llegar a más de 9.500 turistas procedentes de 14 comunidades autónomas y 4 países, sólo para visitar estos dos recursos. Por ello, es necesario diversificar la oferta con atractivos turísticos de origen volcánico, más allá de actividades que promocionaban el turismo de gastronomía, festividades locales, la visita a monumentos y edificios históricos o a los Parques Nacionales y/o Naturales de la provincia de Ciudad Real. La divulgación y difusión del patrimonio geológico y la promoción de actividades económicas sostenibles como el geoturismo volcánico, son las estrategias básicas que deben desarrollarse en RVCC, empezando desde los municipios e implicando a la población local. Será una forma de fomentar y reactivar la economía de muchas poblaciones afectadas por una recesión económica importante, consecuencia del despoblamiento y la crisis reciente. Se trata, por tanto, de diversificar la economía, y en concreto la oferta turística a partir del importantísimo patrimonio geológico y geomorfológico que ofrecen los volcanes.

No hay que olvidar la necesidad de conservar y proteger estos volcanes que aparecen, no sólo como caracteres geológicos/geomorfológicos, sino como elementos esenciales del paisaje actual, el histórico y el

cultural, y como seña de identidad de la sociedad que habita este territorio. Los atractivos turísticos de estos volcanes, también deberían servir para crear figuras de protección como la de Monumento Natural o la de Parque Natural que proteja estas morfologías eruptivas, e incluso para llevar a cabo estrategias de ordenación territorial, gestión sostenible y desarrollo del geoturismo, como las de los geoparques.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por *Fondos Departamentales de Investigación 2015-2016* del Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio –Universidad de Castilla-La Mancha.

REFERENCIAS

Becerra-Ramírez, R. 2013. *Geomorfología y Geopatrimonio de los volcanes magmáticos de la Región Volcánica del Campo de Calatrava*. Tesis Doctoral UCLM, Ciudad Real, 822 pp.

Becerra-Ramírez, R. 2015. El relieve volcánico de Argamasilla de Calatrava y su entorno: Geodiversidad y Geopatrimonio. En: Gosálvez *et al.* (coords.): *El Patrimonio Natural de Argamasilla de Calatrava*. Ed. Instituto Estudios Manchegos – CSIC, Ciudad Real, 7-64.

Becerra-Ramírez, R., Cañizares, C., Escobar, E., González, E., Gosálvez, R.U., Martínez, H.S., Rodríguez, MA. 2009. El Campo de Calatrava y el corredor Ciudad Real-Puertollano. En: VV.AA. *Itinerarios geográficos y paisajes por la provincia de Ciudad Real*. Ed. AGE y UCLM, 90-169.

Becerra-Ramírez, R., Dóniz-Páez, J. González, E. 2015. Bases metodológicas para la gestión de los volcanes del Campo de Calatrava (Ciudad Real) como Patrimonio Geomorfológico. En: Hilario, A., Mendia, M., Monge-Ganuzas, M., Fernández, E., Vegas, J. y Belmonte, A. (eds.), *Patrimonio geológico y geoparques, avances de un camino para todos*. Cuadernos del Museo Geominero nº18, IGME, Madrid, 91-96.

Dóniz-Páez, J. 2012. *Turismo Volcánico. Canarias: productos volcánicos y propuesta de itinerarios volcánicos*. Ed. Academia Española, Madrid.

Dóniz-Páez, J., Guillén, C., Becerra-Ramírez, R., Kereszturi, G. 2010. Volcanes y Turismo: Patrimonio, atractivo, recurso y producto. *Turismo*, 2, 73-79.

Dóniz-Páez, J., Becerra-Ramírez, R., González, E., Guillén, C., Escobar, E. 2011. Geomorphosites and Geotourism in volcanic landscape: The example of La Corona del Lajial cinder cone (El Hierro, Canary Islands, Spain). *Geojournal of Tourism and Geosites, Year IV*, 2, 8, 185-197.

Erfurt-Cooper, P. (ed.). 2014. V*olcanic Tourist Destination. Geoheritage, Geoparks, Geotourism*. Ed. Springer.

Escobar, E. 2016: *Aprovechamiento de los Recursos Volcánicos: Mediterráneo Central (Italia Peninsular), Mediterráneo Occidental (Campo de Calatrava) y entorno atlántico (Islas Canarias)*. Tesis Doctoral UCLM, Ciudad Real, 1, 278 pp.

Gosálvez, R.U. 2009. *El Valle de Alcudia y Sierra Madrona. Paraíso europeo para la observación de aves. Una propuesta de Turismo Ornitológico*. Ed. Asoc. Des. Sost. Valle de Alcudia, Ciudad Real, 214 p.

Gosálvez, R.U. 2011. *Análisis biogeográfico de las lagunas volcánicas de la Península Ibérica*. Tesis Doctoral UCLM, Ciudad Real, 1.040 pp.

Gosálvez, R.U., González, E., Becerra-Ramírez, R., Escobar, E., Morales, M. 2010. La conservación de los volcanes del Campo de Calatrava (Ciudad Real, España): hitos a considerar. En: González *et al.* (eds.). *Aportaciones recientes en Volcanología, 2005-2008*. Ed. Centro de Estudios Calatravos, Ciudad Real, 389-396.

Sigurdsson, H. And Lopes-Gautier, R. 2000. Volcanoes and Tourism. In: Sigurdsson, H. (ed.): *Encyclopedia of Volcanoes*. Ed. Academic Press, San Diego, 1283-1299.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

PROPUESTA DE ITINERARIO DIDÁCTICO POR EL VOLCÁN COLUMBA (CAMPO DE CALATRAVA, ESPAÑA)

PROPOSAL OF DIDACTIC ITINERARY THROUGH THE COLUMBA VOLCANO (CAMPO DE CALATRAVA, SPAIN)

M. E. González[1,3], R. Becerra-Ramírez[1,3], R. U. Gosálvez[1,3], E. Escobar[1,3], J. Dóniz-Páez[2,3], M. Moreno[4], M. C. Becerra-Ramírez[5]

[1] Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real.
elena.gonzález@uclm.es, rafael.becerra@uclm.es, rafaelu.gosalvez@uclm.es, estela.escobar@uclm.es

[2] Departamento de Geografía e Historia, Universidad de La Laguna. Campus de Guajara, La Laguna. jdoniz@ull.es

[3] Científico colaborador del Instituto Volcanológico de Canarias. INVOLCAN.

[4] C.E. Personas Adultas "Antonio Machado" Puertollano. mmorenonevado@gmail.com,

[5] Historiadora. maric167@hotmail.com

Resumen: El volcán Columba (38º45'30" N / 3º47'00" W) se localiza en la orilla izquierda del río Jabalón, junto al embalse de Vega del Jabalón, en los municipios de Granátula de Calatrava y Valenzuela de Calatrava. Forma un esbelto cono de piroclastos en cuya cima se desarrolla una doble depresión cratérica elongada. Las coladas fluidas emitidas presentan buenos cortes de estructuras prismáticas observables en el entorno de la presa del embalse. El principal interés de este volcán radica en haber tenido la última erupción datada en el Holoceno medio, del Campo de Calatrava, la cual dio lugar al desarrollo de depósitos de flujos piroclásticos y de flujos tipo lahar. Estas características lo hacen un espacio especial para proponer a las administraciones competentes el desarrollo de un itinerario didáctico que permitiera conocer las peculiaridades del único volcán que hasta ahora está catalogado como activo en el Campo de Calatrava, por el *Global Volcanism Program* de la *Smithsonian Institution* con el número 210040 (https://volcano.si.edu/volcano.cfm?vn=210040) a la vez que se pondría en valor el interesante patrimonio geológico de la cuenca sedimentaria por la que discurre el valle medio del río Jabalón.

Palabras clave: Campo de Calatrava, georruta, itinerario didáctico, Patrimonio Geológico, Volcán Columba.

Abstract: *The Columba volcano (38º45'30 "N / 3º47'00" W) is located on the left bank of the Jabalón river next to the reservoir of Vega del Jabalón, in Granátula de Calatrava and Valenzuela de Calatrava municipalities. It forms a slender piroclastyc cone on whose top opens an elongated double crater. The pahoe-hoe lava flow emitted presents good outcrops next to the reservoir dam. The main value of this volcano is to have developed its last eruption, dated in the middle Holocene, of the Campo de Calatrava, which gave rise to the development of deposits of pyroclastic flow and lahar. These characteristics make it a special territory to propose to the competent administrations the development of a didactic itinerary let you know the peculiarities of this volcano listed as the only active one in the Campo de Calatrava, by the Global Volcanism Program of the Smithsonian Institution* with the number 210040, *putting it at the same time in value* (https://volcano.

si.edu/volcano.cfm?vn=210040) *the remarkable geological heritage of the sedimentary basin by which runs the middle Jabalón river valley.*

Key words: *Campo de Calatrava, Columba volcano, didactic itinerary, Geological Heritage, georoute.*

INTRODUCCIÓN

Columba es uno de los volcanes más representativos de la región volcánica del Campo de Calatrava tanto desde el punto de vista de su complejidad genética como desde el de su cronología (Figura 1). En sus inmediaciones, formando claros alineamientos eruptivos, se localizan numerosos edificios volcánicos generados en erupciones magmáticas y freatomagmáticas. Este volcán ha tenido las erupciones más recientes de todo el Campo de Calatrava. Se trata de un volcán policíclico gestado en varias fases eruptivas la última de las cuales tuvo lugar en el Holoceno medio (González *et al.,* 2007). La primera de ellas es datada como Pleistoceno medio-superior (Poblete 2002) con emisiones lávicas muy fluidas que se emplazaron en el primitivo valle del Jabalón. Una nueva erupción da lugar al desarrollo de potentes coladas (20-30 m) que vuelven a derramarse hacia el valle del río, obturando la corriente y dando lugar a un gran represamiento que modificó el trazado fluvial y dio lugar al desarrollo de intensos procesos de encostramiento en buena parte de la cuenca y en la superficie de las coladas (Poblete, 2002). Tras estas fases se produce un largo periodo de calma lo que permitió la alteración de la superficie de las mismas y el desarrollo de un suelo de 30 cm de potencia media. En el Holoceno medio se inicia una nueva fase eruptiva con un marcado carácter freatomagmático. Los flujos piroclásticos emitidos descienden por una vaguada en la ladera SW del volcán fosilizando una parte de la formación edáfica mencionada. El último pulso eruptivo tuvo un carácter freático caracterizándose por la expulsión de grandes bombas formadas por el material de relleno del cráter, encostrado de carbonatos, el desarrollo de un flujo de derrubios tipo lahar y la basculación de los rebordes cratéricos hacia el interior del mismo por procesos de fuerte subsidencia posteruptiva.



Figura 1. Cono del volcán Columba con el cráter cimero.

ITINERARIO DIDÁCTICO

El itinerario propuesto, destinado a alumnos de Ensñanza Secundaria Obligatoria (ESO), se iniciaría en la confluencia de la carretera CM-413, (dirigiéndose desde Granátula de Calatrava, hacia Calzada de Calatrava y/o Aldea del Rey) con la vereda de Los Castellanos que discurre a través del cono y permite un fácil acceso hasta la cima (Figura 2). Tendría una longitud aproximada de 3.500 m y se establecerían 7 paradas en las que se puede seguir la evolución del volcán a partir de las formas de relieve, afloramientos de depósitos de piroclastos y visualización de coladas. El recorrido a través del volcán, sus formas y formaciones se hará a pie. A los alumnos se les facilitará una guía de campo con las características detalladas de cada una de las formas y formaciones a visitar. Este itinerario se proyecta como complemento a la visita que numerosos IES de la provincia de Ciudad Real y de otras limítrofes realizan al espacio musealizado del cercano volcán Cerro Gordo. Dependería del Ayuntamiento de Granátula de Calatrava y se incluiría en el programa de actividades medioambientales del Parque Cultural Calatrava y la Asociación para el Desarrollo del Campo de Calatrava. Los costos de la implantación de este itinerario correrían a cargo de instituciones locales y regionales.

Paradas nº 1 y 2. Depósitos de la última erupción de edad holocena.

Como ya se ha indicado en la ladera SE del volcán se desarrollan vaguadas en las que se localizan los paleosuelos más potentes con espesores de alrededor de 40 cm (Figura 3). La secuencia de materiales observable en esta parada está formada de techo a muro por las siguientes unidades (González *et al.,* 2008): A) Superficie brechificada de una colada lávica encostrada por carbonatos. B) Paleosuelo pardo-rojo tipo andosol, con una potencia media de 40 cm, poco evolucionado, con un alto contenido en arcilla y en clastos basálticos. C) Depósitos laminados de oleadas piroclásticas que alcanzan potencias del orden de 2 m. D) Depósito de aspecto *mudflow* que interpretamos como un flujo lahar. Corona la secuencia la zona alterada de este último depósito y el suelo actual, poco potente, con formaciones de caliche.

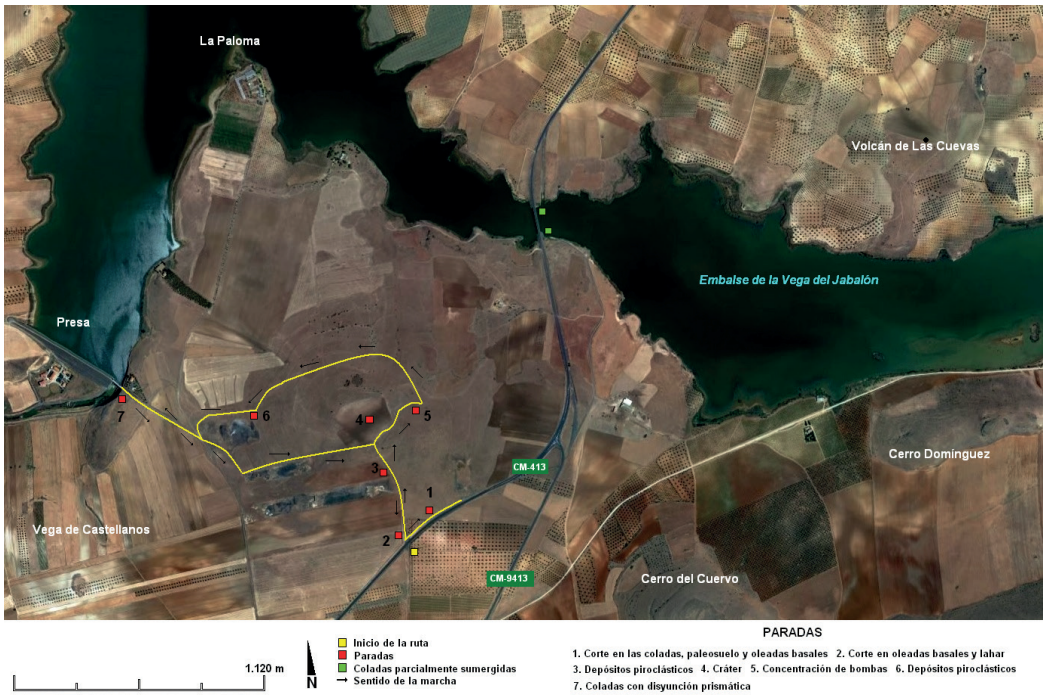


Figura 2. Itinerario didáctico propuesto.



Figura 3. Depósitos observables en la parada número1.

Parada nº 3. Cantera abandonada con cortes en los piroclastos del cono

Subiendo hacia el cráter, aproximadamente a mitad de trayecto, la vereda pasa muy cerca de una de las cuatro pequeñas canteras abandonadas en cuyos cortes se observan los piroclastos que forman el cono. También se observa el uso de estas canteras como espacio incontrolado para arrojar basuras y deshechos urbanos de todo tipo.

Parada nº 4. Cráter del volcán Columba

Columba presenta un doble cráter cimero, alargado en la dirección NE/SW, de 345 m de largo y 175 m de ancho y una extensión de 4 has. De este cráter se han derramado coladas fluidas hacia el N, NE y W, así como una pequeña colada escoriácea hacia el SE. Tras las últimas erupciones hidrovolcánicas se produce un intenso basculamiento en los rebordes lávicos (Figura 4). El cráter se encuentra en la actualidad esporádicamente cultivado para producción de cereal. Desde él se tiene una magnífica visión del entorno geomorfológico y paisajístico, pudiéndose identificar numerosos volcanes, enclaves arqueológicos, núcleos de población, así como la utilización del cono volcánico para laboreo agrícola y residencial. La cima de Columba es un punto clave para la visualización de la totalidad de la cuenca sedimentario-fluvial de Granátula de Calatrava con los elementos geológicos y geomorfológicos que la caracterizan y que propiciaron su dilatada temporalidad de poblamiento, desde el Paleolítico hasta nuestros días, con especial interés en los núcleos más notables de hábitat: La Encantada y Oreto.

Parada nº 5. Zona de acumulación de bombas volcánicas

Al NE del cráter, se localizan bombas volcánicas procedentes de diferentes etapas eruptivas de Columba (Figura 5). Cabe destacar la presencia de proyectiles formados por un material análogo al del deposito de lahar (Holoceno medio) que al chocar con la superficie del terreno se resquebrajan quedando separados los clastos basálticos y los restos de matriz. Dan lugar a la formación de cráteres de impacto con tamaños que oscilan entre 80 y 200 cm de diámetro. Están integrados por el relleno del cráter en el que, tras la erupción freatomágmática, se habría desarrollado una formación lagunar con variaciones de nivel en la lámina de agua, llegando a la completa desecación y a una formación de carbonatos que cementó los depósitos del vaso lagunar y condicionó la formación de estas pseudo bombas (Figura 6).



Figura 4. Reborde cratérico basculado



Figura 5. Bomba volcánica de una erupción magmática.



Figura 6. Bomba volcánica de la erupción freática.

Parada nº 6. Cantera con visualización de los piroclastos del cono

En el descenso hacia la presa del embalse, otra cantera nos permite ver nuevos cortes de los piroclastos que forman el cono de Columba.

Parada nº 7. Coladas con estructura interna de columnas prismáticas

Las primeras coladas de Columba fueron muy fluidas. El enfriamiento de las mismas, permitió la formación de diaclasas verticales y el desarrollo de columnas prismáticas. Estas columnas se observaban en las trincheras de la antigua carretera de Granátula de Calatrava a Aldea del Rey, en la actualidad anegada por las aguas del embalse de Vega del Jabalón. Cuando bajan los niveles son perfectamente visibles en los arranques del antiguo puente. Los mejores cortes para visualizar estas columnas se hallan en el anclaje SE de la presa (Figura 7). Puntualmente se observa el sustrato de estas coladas formado por depósitos de flujos piroclásticos procedentes del cráter freatomagmático, de edad pliocena, de Vega de Castellanos (Figura 8).

CONCLUSIONES

Los itinerarios didácticos se han mostrado como una valiosa herramienta de aprendizaje, en general, para alumnos de todos los niveles de la enseñanza. Los relieves volcánicos del Campo de Calatrava y el paisaje físico y cultural que desarrollan son un ámbito muy adecuado para su diseño y puesta en práctica (Moreno, 2016; Escobar y González, 2010). El itinerario escogido para proponer a la administración refleja una clara interdisciplinariedad combinando tres criterios: el puramente geológico-geomorfológico, el histórico-sociológico, al ubicarse el volcán Columba en un territorio poblado desde la prehistoria, con especial importancia de los asentamientos del bronce iberomanchego (La Encantada) y el romano-visigótico-árabe (yacimiento multicultural de Oreto); y el ambiental, dentro de la línea de conservación y protección de un elemento destacable del paisaje volcánico calatravo y de su patrimonio geológico.



Figura 7. Columnas prismáticas área de la presa.



Figura 8. Sustrato de la colada.

REFERENCIAS

Escobar, E. y González, E. 2010. Itinerario por los hervideros o cultura de baños: recurso didáctico para el estudio y conservación del paisaje volcánico del Campo de Calatrava. *Geografía, educación y formación del profesorado en el marco del E.E.E.S.* Madrid, 287-298.

González, E., Gosálvez. R. U., Escobar, E. y Becerra-Ramírez, R. 2007. Condiciones medioambientales en el Holoceno medio del Campo de Calatrava oriental (Ciudad Real, España). Resultados preliminares. *Avances en Biogeografía,* Ávila, 155-163

González, E., Gosálvez, R. U., Escobar, E. y Becerra-Ramírez, R. 2008. Actividad eruptiva holocena en el Campo de Calatrava (volcán Columba, Ciudad Real, España). En: Lario, J. y G. Silva, P, (eds.), *Contribución al estudio del período Cuaternario.* AEQUA, Ávila, 143-144.

Moreno, M. 2016. *El paisaje del río Ojailén: aplicaciones didácticas de Geografía para alumnos de Educación Secundaria.* Tesis Doctoral, UCLM, 494 pp. https://ruidera.uclm.es/xmlui/bitstream/handle/10578/8684/TESIS%20Moreno%20Nevado.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Poblete, M. A. 2002. Morfología volcánica y dinámica fluvial en el valle medio del Jabalón (Campo de Calatrava oriental). *Estudios recientes en Geomorfología: Patrimonio, montaña, dinámica territorial.* Sociedad Española de Geomorfología, 465-475.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

GEORRUTA POR LOS VOLCANES DE LA ALINEACIÓN DE "CASAS DE CIRUELA" (CAMPO DE CALATRAVA, ESPAÑA)

GEOROUTE FOR THE VOLCANOES OF THE ALIGNMENT OF "CASAS DE CIRUELA" (CAMPO DE CALATRAVA, SPAIN)

M.E. González[1,3], R. Becerra-Ramírez[1,3], R.U. Gosálvez[1,3], E. Escobar[1,3] y F.J. Dóniz-Páez[2,3]

[1] Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Castilla-La Mancha, Ciudad Real. elena.gonzalez@uclm.es, rafael.becerra@uclm.es, rafaelu.gosalvez@uclm.es, estela.escobar@uclm.es

[2] Departamento de Geografía e Historia, Universidad de La Laguna. Campus de Guajara, La Laguna, Tenerife. jdoniz@ull.es

[3] Científico colaborador del Instituto Volcanológico de Canarias. INVOLCAN.

Resumen: La alineación volcánica de Casas de Ciruela, se localiza en la zona central del Campo de Calatrava dentro de la cuenca sinclinal de Poblete (provincia de Ciudad Real). Se trata de un grupo de volcanes, de edad cuaternaria (Plioceno superior-Pleistoceno inferior), alineados de noroeste a sureste siguiendo la dirección de las fracturas paralelas a la que encauza el valle bajo del río Jabalón, cerca de su desembocadura en el Guadiana, y la orientación del eje principal del volcanismo calatravo (Ancochea, 1983). Este grupo de volcanes está inmerso en una de las zonas con mayor actividad y mayor número de edificios de toda la región volcánica. Encontramos representadas en esta pequeña alineación, de apenas cinco kilómetros y medio de longitud, todos los tipos de actividad eruptiva reconocidos en el Campo de Calatrava. La ruta que se propone se iniciaría en el extremo NW con el recorrido por el interesante volcán de La Zurriaga, continuando hacia el SE a través del conjunto de pequeños hornitos del volcán de Ciruela, el volcán de Las Moreras, la gran depresión freatomagmática de Longueras-Cantagallos y finalizaría en el edificio magmático de Cerrajón de La Puebla.

Palabras clave: Alineación volcánica, Campo de Calatrava, georruta, itinerario didáctico, Patrimonio Geológico.

Abstract: *The volcanic alignment of Casas de Ciruela, is located in the central area of Campo de Calatrava within the syncline basin of Poblete (Ciudad Real). It is a group of volcanoes, old Quaternary age (upper Pliocene-lower Pleistocene) aligned Northwest to southeast following the direction of the parallel fractures which channels the lower valley of the Jabalón river, close of its outflow on the Guadiana river, and the orientation of the main axis of volcanism (Ancochea 1981). This group of Volcanoes is immersed in one of the zones with greater activity and greater number of buildings of the entire volcanic region. We are represented in this small alignment, of just five kilometers, all types of eruptive activity recognized in the Campo de Calatrava. The proposed route start at the NW with the passage along the interesting strombolian volcano of La Zurriaga, continuing towards the SE through the group of small hornitos of the Ciruela volcano, the Moreras volcano, the great phreatomagmatic depression of Llongueras-Cantagallos, finishing in the magmatic building of La Puebla.*

Key words: *Campo de Calatrava, didactic itinerary, georoute, Geological Heritage, Volcanic alignemet.*

INTRODUCCIÓN

En la alineación volcánica de Casas de Ciruela se han levantado seis edificios volcánicos con morfologías propias de las tres dinámicas eruptivas desarrolladas en el Campo de Calatrava. De NW a SE, se identifican los volcanes siguientes: La Zurriaga, Ciruela, Las Moreras, Las Longueras-Cantagallos y El Cerrajón de La Puebla (Figura 1). Responden a erupciones efusivas con abundante emisión de coladas basálticas -melilitita, nefelinita y limburgita- (Ancochea, 1983), en las que alternan pulsos estrombolianos de escasa entidad, y potentes erupciones freatomagmáticas con formación de maares y desarrollo de oleadas basales. La importante geodiversidad volcánica de esta alineación, junto a su fácil acceso y su escasa dificultad, son la base para proponer una georruta por la misma, en la que se ponga en resalte la importancia del patrimonio geológico de la región volcánica del Campo de Calatrava y su necesaria conservación.



Figura 1. Esquema geomorfológico de los volcanes de la alineación de Ciruela.

ANTECEDENTES Y MARCO GEOLÓGICO

En la zona central del Campo de Calatrava se da la mayor concentración de edificios volcánicos de toda la región volcánica. Es también aquí donde encontramos el mayor número de volcanes protegidos bajo la figura de Monumento Natural. Sin embargo, existen conjuntos y alineaciones eruptivas de notable interés que no se encuentran amparadas por ninguna figura de protección específica, si bien su ubicación dentro de territorios incluidos en otras figuras de protección, ha permitido que conserven sus formas y que no se hayan visto afectados por actividades extractivas o de urbanización de áreas de segunda residencia (Figura 2). Es este el caso donde se desarrolla la formación volcánica que nos ocupa, situada dentro de una zona de especial protección para las aves ZEPA ("Campo de Calatrava", ES0000157 de 12 de julio de 2005) lo que dota a este espacio de una singularidad necesaria para una mejor comprensión de los elementos a destacar en la georruta propuesta. Georrutas por los volcanes calatravos integrados en espacios con algún tipo de protección, han sido propuestas recientemente (Becerra-Rámirez *et al.*, 2016) para el conjunto volcánico de Cerro Gordo-Barranco Varondillo, primer volcán parcialmente musealizado del Campo de Calatrava.

La cuenca sinclinal de Poblete pertenece al sistema de pliegues variscos que con dirección NW-SE organizan el relieve provincial. Formado por los materiales del Ordovícico inferior y medio, sus flancos están constituidos por estrechas serrezuelas donde aflora la Cuarcita Armoricana. La cuenca está rellena por los acarreos de la erosión de las sierras, rocas volcanoclásticas de diversa edad y facies y depósitos fluviales. Las formas y formaciones volcánicas pertenecen a todas las etapas y estilos eruptivos presentes en el Campo de Calatrava. Complejos edificios en los que encontramos potentes y largas coladas, conos de piroclastos, lagos de lava cimeros, hornitos, formas y depósitos hidromagmáticos, se asocian a simples conos de lapilli y escorias y a elementales maares. Son frecuentes en la zona basculamientos convergentes en los depósitos carbonatados pliocenos, los cuales se interpretan como viejos y desmantelados edificios hidromagmáticos (Martín-Serrano *et al.*, 2009; González *et al.*, 2013).

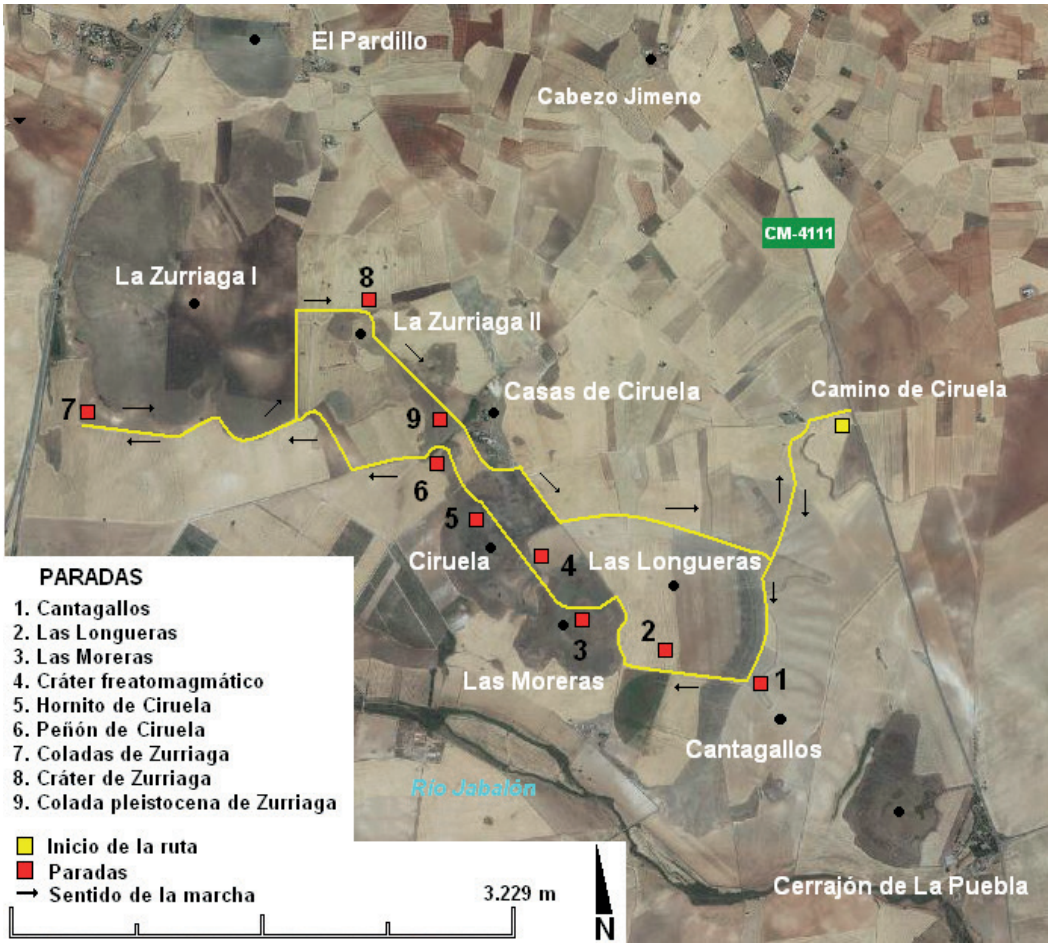


Figura 2. Georruta propuesta.

VOLCANES INTEGRANTES DE LA GEORRUTA

Aunque damos a la fisura eruptiva una orientación NW-SE, el orden de las paradas se establece en función de la edad de los edificios volcánicos a visitar, comenzando por ello en las erupciones freatomagmáticas que dieron lugar al complejo de Las Longueras-Cantagallos, para continuar hacia el NW y terminar en la erupción más reciente situada en el volcán de La Zurriaga.

Maar de Las Longueras y depresión explosiva de Cantagallos

Se trata de una doble y amplia depresión elíptica (figura 3) generada en dos erupciones freatomagmáticas (Poblete, 1991) simultáneas y alineadas en una fisura N-S situadas en el Pleistoceno inferior-medio. Los flujos piroclásticos se dirigen al este y al norte, formando un reborde cuya altura máxima se sitúa en 659 m estando el fondo 22 metros más abajo y recubriendo un amplio territorio con depósitos de oleadas piroclásticas basales, entrando en contacto con otros generados en las erupciones que abren los numerosos maares de las inmediaciones del Cabezo Jimeno. En la ladera SE una última erupción abre el pequeño maar de Cantagallos (Figura 1). Estos maares son los primeros que se desarrollan sobre la fisura de Ciruela. Desde el borde de Longueras, se contempla el volcán de El Cerrajón de La Puebla, el cual no se puede visitar al estar dentro de una finca privada y vallada, pero que describimos a continuación.



Figura 3. Maar de Las Longueras.

Volcán de El Cerrajón de La Puebla

Se desarrolló en pulsos explosivos y efusivos con emisiones lávicas de corto recorrido. Toda la superficie del cono está tapizada de fragmentos de *spatter*. En la parte somital se intuyen episodios de fuente de lava que habrían dado lugar a la formación de un charcón del que se habrían derramado hacia el sur pequeños deslaves. Buena parte del cono se encuentra repoblada de pino con finalidad de ajardinamiento (Figura 4).



Figura 4. Cerrajón de La Puebla.

Volcán de Las Moreras

Este volcán está formado por un cono de piroclastos con morfología bastante irregular y topografía poco destacada (Becerra-Ramírez, 2013). Se observa la alternancia de depósitos piroclásticos y derrames lávicos, algunos colgados sobre las laderas y formando pequeños aterrazamientos como consecuencia de la erosión. Hacia el NW, desde la boca de emisión principal situada a 672 m, se derrama una pequeña colada hacia las zonas más deprimidas entre este volcán y el de Ciruela (Figura 5). En el flanco oriental se genera un pequeño hornito mediante una erupción fisural que es también la responsable del evento freático que destruyó parte del cono y del hornito.



Figura 5. Volcán Las Moreras. Flanco sureste.

Volcán de Ciruela

El volcán de Ciruela se genera en una erupción efusiva en la que se desarrollan dos pequeños edificios volcánicos, escoriáceos y cupuliformes, de planta elongada y rematados por amontonamientos de lavas y escorias tipo hornito (Figura 6). La erosión ha sido muy intensa desmantelando buena parte de las coladas.



Figura 6. Hornito de Ciruela.

Volcán de La Zurriaga

Este volcán, de carácter policíclico, se genera en dos erupciones separadas por un paleosuelo visible entre las coladas (Figura 7). Se construye primero un edificio de génesis efusiva con la emisión de abundantes coladas. Tras un periodo de tiempo prolongado, deducible por los paleosuelos que la erosión ha dejado al descubierto en las laderas meridionales y orientales (Figura 8), se gesta un nuevo edificio anexo al primero, en la vertiente oriental del conjunto eruptivo, con un marcado carácter explosivo que abre un cráter del que se derrama una colada hacia el sur, hasta confluir con los materiales del volcán de Ciruela. La colada conserva su morfología superficial pahoe-hoe. La erosión general del edificio se manifiesta en los numerosos barrancos que se han generado sobre el cono.



Figura 7. La Zurriaga desde el cerrillo de La Horca con el Peñón de Ciruela y las ruinas de Sta. Marina

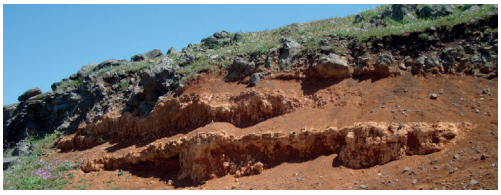


Figura 8. Alteración de los materiales de cuenca y paleosuelo bajo las coladas de Zurriaga

CONCLUSIONES

La ruta propuesta, a la que se accede por la carretera CM-4111 a través del Camino de Ciruela, (38º53'32'.93"N-3º54'03'.88"W) resume en un recorrido de alrededor de 13 km las características y las formas de relieve básicas del volcanismo calatravo, así como sus valores geopatrimoniales. Elementos añadidos están vinculados a la inclusión de la ruta dentro de la ZEPA "Campo de Calatrava". También existe un contexto patrimonial histórico que es necesario destacar como elementos culturales ligados a los asentamientos y yacimientos arqueológicos cercanos como Valderachas, Santa María-La Puebla, Santa Leocadia, Casa de Cantagallos, entre otros, que representan fases de ocupación humana desde el Paleolítico hasta época medieval y posterior (Escobar, 2016). El mismo caserío con su castillo y la ermita de Santa Marina constituyen un importante hito histórico en el poblamiento y guerras de conquista desde la época de dominación árabe hasta la supremacía de la Orden de Calatrava en el territorio (Ripoll-Vivancos, 2007). Sobre los restos de uno de los hornitos del volcán de Ciruela que forma el Cerrillo de La Horca, se levanta un pequeño castillo del que apenas quedan escasas estructuras (Figura 9) que tiene un marcado carácter defensivo y se sitúa en la ruta que une Calatrava la Vieja con el Castillo de Caracuel. El Hisn Al-Sujayrola, aparece por primera vez en documentos históricos en 1156 cuando Alfonso VII lo dona, junto con sus tierras circundantes, a un noble de Toledo para que proceda a su repoblación. En el entorno de Ciruela se establece un caserío poblado, en su época de mayor florecimiento, por un centenar de familias labradoras que dependían de Villa Real. Junto a la pequeña fortaleza y al núcleo de población se construye la ermita de Santa Marina (Ripoll-Vivancos, 2007).



Figura 9. Restos del castillo de Ciruela adaptado a la morfología del afloramiento volcánico.

La mayor parte de la ruta puede realizarse en vehículo a motor, bicicleta, caballo y por supuesto, a pie. Su recorrido es cómodo y no entraña ningún riesgo. De acuerdo a las condiciones meteorológicas de la zona, la mejor época para realizarla es a lo largo de la primavera y el otoño.

REFERENCIAS

Ancochea, E. 1983. *Evolución espacial y temporal del volcanismo reciente de la España Central*. UCM, Madrid, 675 pp.

Becerra-Ramírez, R., Dóniz, F. J. y González, E. 2016. Proposal of a Georoute through Cerro Gordo-Barranco Varondillo complex in Campo de Calatrava (Central Spain). *Cities on Volcanoes 9-IAVCEI*. Puerto Varas, Chile.

Becerra-Ramírez, R. 2013. *Geomorfología y Geopatrimonio de los volcanes magmáticos de la Región Volcánica del Campo de Calatrava*. UCLM, Ciudad Real, 818 pp. https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/3606

Escobar, E. 2016. *Aprovechamiento de los recursos volcánicos: Mediterráno central (Italia peninsular), Mediterráneo occidental (Campo de Calatrava) Entorno Atlántico (Islas Canarias)* UCLM, 560 pp + anexo de fichas https://ruidera.uclm.es/xmlui/handle/10578/10572

González, E., Gosálvez, R. U., Escobar, E. y Becerra-Ramírez, R. 2013. *Volcanes. El latido del Campo de Calatrava*. Lafarge, Toledo, 185 pp.

Martín-Serrano, Vegas, J., García-Cortés, A. y García-Lobón, J.L. 2009. Morphotectonic setting of maar lakes in the Campo de Calatrava Volcanic Field (Central Spain, SW Europe). *Sedimentary Geology,* 222, 52-63.

Poblete, M.A. 1995. *El relieve volcánico del Campo de Calatrava (Ciudad Real).* Universidad de Oviedo, 467 pp.

Ripoll-Vivancos, P. 2007. Ciruela. Hisn al Sujayrola. *Boletín de Arqueología Medieval*, 13, 267-287.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

GEOBERENARS: UNA EXPERIENCIA GASTRONÓMICA PARA LA DIVULGACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO EN LAS ISLAS BALEARES.

GEOBERENARS: A GASTRONOMIC EXPERIENCE FOR THE DIVULGATION OF THE GEOLOGICAL HERITAGE IN THE BALEARIC ISLANDS.

G. Mas

Societat Geocientífica de les Illes Balears (GEOilles). Plaça de sa Creu, 21, 07630 Campos (Mallorca - Illes Balears).
geoillesbalears@gmail.com

Resumen: Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la geoconservación es el desconocimiento que existe en nuestra sociedad sobre los procesos geológicos y sus resultados. Los *Geoberenars* (geomeriendas, en castellano) constituyen una actividad divulgativa-recreativa, iniciada el año 2011, en forma de encuentros informales abiertos a personas interesadas en las geociencias y el patrimonio geológico. Estos encuentros consisten en una merienda con un intercambio de experiencias entre expertos y no expertos, incluyendo a su vez breves visitas de mañana a algunos afloramientos geológicos significativos (LIG) cercanos al lugar de encuentro. Hasta la fecha se han celebrado, en las Islas Baleares, un total de 11 convocatorias, 10 en la isla Mallorca y 1 en la isla de Menorca, con un total de 231 participantes. Si unimos el componente divulgativo-recreativo con la posibilidad de desarrollo local sostenible, se puede considerar esta iniciativa como un tipo de geoturismo a pequeña escala, con una importante componente gastronómica.

Palabras clave: Divulgación, gastronomía, Islas Baleares, lugares de interés geológico, patrimonio geológico.

Abstract: *One of the main problems facing geoconservation is the ignorance that exists in our society about the geological processes and their results. The Geoberenars (geo-breakfast, in English) is an informative-recreational activity, started in 2011, consisting of informal meetings open to people interested in geosciences and geological heritage. These meetings consist of a snack with an exchange of experiences between experts and non-experts, including brief morning visits to some significant geological outcrops (geosites) near the meeting place. To date, a total of 11 meetings have been held in the Balearic Islands, 10 on the island of Mallorca and 1 on the island of Menorca, with a total of 231 participants. If we join the informative-recreational component with the possibility of sustainable local development, then we could consider this initiative as a type of geotourism on a small scale, with an important gastronomic component.*

Key words: *Balearic Islands, divulgation, gastronomy, geological heritage, geosites.*

INTRODUCCIÓN

La marginación que muchas veces sufre el patrimonio geológico, en relación a otros ámbitos de la conservación de la naturaleza o el patrimonio histórico-cultural, tiene su principal origen en la incultura científica en general, y el desconocimiento de las Ciencias de la Tierra en particular, por parte de los gestores y de la población en general (Stewart y Nield, 2013). A todo ello hay que añadir la despreocupación, habida hasta hace poco, por parte de una gran parte de los profesionales de la geología en la divulgación de este patrimonio.

Uno de los principales problemas a los que se enfrenta la geoconservación es el desconocimiento que existe en nuestra sociedad sobre los procesos geológicos y sus resultados, hasta el punto de ignorar su relación con la biodiversidad, o su valor como parte del patrimonio natural (Guillen, 2008). Para ello se consideran adecuados todos los esfuerzos en pro de la enseñanza y/o difusión del conocimiento y características de este patrimonio. Difícilmente la sociedad puede exigir a sus dirigentes que presten atención a algo que ella no comprende y que, muchas veces, ni sabe que existe (Carcavilla, 2012).

Por divulgación del patrimonio geológico se entiende el conjunto de acciones encaminadas a transmitir al público su valor, a fin de promover su comprensión y estimular actitudes orientadas a su conservación (Carcavilla *et al.*, 2007). La divulgación puede servir, además, para que el público en general valore más los elementos geológicos y exija su adecuada conservación, presionando a los políticos para que la hagan efectiva (Gonggrijp, 1997, 2000).

La divulgación es un proceso retroalimentado: cuando más culta sea una sociedad, más valorará lo que tiene y más apoyo y protección solicitará para su conservación. Por eso es importante que el patrimonio geológico sea difundido, y no sólo en publicaciones y material divulgativo orientado a geólogos, sino también a un público general o especializado en otras disciplinas (Carcavilla *et al.*, 2007).

En este contexto se ha desarrollado una nueva iniciativa divulgativa llamada *Geoberenars* en el ámbito territorial de las Islas Baleares.



Figura 1. Instantáneas correspondientes a diferentes momentos de algunas convocatorias de *Geoberenars*.

CONCEPTO

Los *Geoberenars* (geomeriendas, en castellano) son una actividad que se inicia en septiembre de 2011 por iniciativa propia, con la colaboración de la Asociación de Geólogos de las Islas Baleares (AGEIB) y la Sociedad Geocientífica de las Islas Baleares (GEOilles).

Se trata de encuentros informales, más o menos periódicos, abiertos a personas interesadas en las geociencias y el patrimonio geológico. Estos encuentros consisten en una merienda e intercambio de experiencias entre expertos y no expertos, incluyendo a la vez breves visitas de mañana a algunos afloramientos geológicos significativos (LIG - Lugares de Interés Geológico) cercanos al lugar de reunión.



Figura 2. Carteles correspondientes a la difusión de algunas de las convocatorias de *Geoberenars*.

Para la selección de los lugares objeto de las diferentes convocatorias se han tenido en cuenta la confluencia de los siguientes factores:

- La existencia de un LIG, inventariado o no, mínimamente atractivo por su espectacularidad, clara representatividad y facilidad de interpretación de los procesos geológicos.
- La baja vulnerabilidad, especialmente en relación a la capacidad de carga recreativa del LIG.
- La existencia de un establecimiento cercano adecuado para la intendencia.
- La accesibilidad, tanto en vehículo como a pie.

La difusión se realiza principalmente mediante listas de distribución de correo electrónico, elaboradas a partir de datos proporcionados por asociaciones interesadas, participantes inscritos en actividades anteriores, personas demandantes de información, etc.

Documentación proporcionada:

- Dossier informativo sobre la geología del LIG (estudios, antecedentes, artículos publicados, informe introductorio, glosario, etc.).
- Información sobre otros ámbitos de interés asociados al lugar de realización (culturales, históricos, etnológicos, gastronómicos, etc.).
- Plano y croquis para facilitar la localización del punto de encuentro.

RESULTADOS

Hasta la fecha se han celebrado, en las Islas Baleares, un total de 11 convocatorias, 10 en la isla Mallorca y 1 en la isla de Menorca, con un total de 231 participantes (Tabla 1).

Convocatoria	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**∑**	**%**
Fecha	03/09/2011	22/10/2011	10/12/2011	24/03/2012	08/09/2012	01/12/2012	26/01/2013	23/02/2013	20/04/2013	17/10/2013	10/10/2016		
Isla	Mallorca	Mallorca	Mallorca	Mallorca	Menorca	Mallorca	Mallorca	Mallorca	Mallorca	Mallorca	Mallorca		
Intendencia	Restaurante	Restaurante	Bodegas	Bar	Bar	Bar	Masía	Bar	Bar	Restaurante	Merendero		
LIGs	**Canteras arenisca sa Mola Canteras arcilla son Colom**	**Messiniense y Plioceno de Llubí**	**Canteras arenisca sa Sínia Nova Variante Manacor**	**Canteras arenisca Son Grau**	**Acantilados de Pont den Gil**	**Canteras y litoral de Manresa y Tacáritx**	**Cueva vieja de Son Lluís**	**Colina de Consolació**	**Colina de Sta. Eugènia y falla de Sencelles**	**Punta de ses Taronges y es Bancals**	**Salinas de Levante-es Trenc**		
Procesos	Discordancia turbiditas-calizas bioclásticas	Crisis de Salinidad Messiniense y transgresión del Plioceno	Sedimentación continental (eólica y lagunar)	Transgresión y regresión del Plioceno	Contacto discordante Mesozoico-Mioceno Icnofósiles	Procesos eólicos, aluviales y coluviales	Transgresión marina y playas del Plioceno	Nummulítico y cabalgamientos dolomías Retiense	Crisis salinidad Messiniense Plioceno Falla direccional	Arrecifes coralinos Mioceno y Eolianitas Paleosuelos Pleistoceno	Evaporitas Formación y producción de sal marina		
TOTAL PARTICIPANTES	**13**	**16**	**17**	**52**	**13**	**9**	**40**	**17**	**22**	**14**	**18**	**231**	100,00
Geología	7	8	8	13	7	3	7	6	7	3	5	74	**32,03**
Cultural			2	23	3	2	17		7	4	6	64	**27,01**
Medio ambiente	4	2	3	3	1	2	5	9	5	4	2	40	**17,32**
Educación			1	5		1	3	2	2	1	3	18	**7,79**
Geografía	1	1	1	2	1	1	2			2		11	**4,76**
Arquitectura	1	3	1	2			2					9	**3,90**
Construcción		2	1	3			2				2	10	**4,33**
Medios comunicación				1	1		2		1			5	**2,16**

Tabla 1. Resultados correspondientes a los distintos *Geoberenars* realizados entre 2011 y 2016.

A partir de los datos de inscripción y del conocimiento mutuo de los participantes durante los eventos, la tipología de personas asistentes ha sido agrupada en 8 categorías en base a su formación académica-profesional y áreas principales de interés (Tabla 1): geología (profesionales de la geología, paleontología, etc.), medio ambiente (ambientalistas, ecologistas, excursionistas, espeleología, etc.), geografía (física y humana), educación (profesorado de primaria, secundaria, universidad), arquitectura (arquitectura, arquitectura técnica, ingeniería, restauración, etc.), construcción (profesionales maestros de obra, albañilería, oficios tradicionales etc.), medios de comunicación (periodismo), general (cultura general, curiosos, etc.).

En la convocatoria 4 del año 2012 existe un alto grado de participación y un notable aumento de los colectivos cultural y docente, debido a que la convocatoria se organizó conjuntamente con una agrupación cultural local. En la convocatoria 5, la única realizada fuera de Mallorca, existió poca participación debido a la coincidencia de fechas con celebraciones populares importantes en la isla. Cabe destacar que la mitad de participantes eran mallorquines asiduos de las convocatorias de Mallorca desplazados expresamente a Menorca para esta convocatoria. La baja participación en la convocatoria 6 fue debida al mal tiempo anunciado.


El Discreto Encanto del Verano

Caprichos geológicos

Expertos y aventureros se citan en el primer 'GEO-berenar' que organiza la asociación de geólogos en Menorca

Huellas fósiles que hablan de antiguos organismos marinos

Quinto encuentro de los 'Geo-berenars' en la zona de Alcúdia

Figura 3. Recortes de prensa ejemplo de la repercusión mediática de algunas de las convocatorias de *Geoberenars*.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En la experiencia ha habido un doble nivel de transferencia de conocimientos: i) experto-experto (discusión enriquecedora entre especialistas en campos diferentes); ii) experto-público (divulgación propiamente dicha).

La interpretación realizada a partir de un buen conocimiento científico del lugar (LIG), por parte de participantes expertos, seleccionando los aspectos más significativos y adaptándolos a un lenguaje que pueda ser entendido por el resto de los participantes, ha sido fundamental. La organización por parte de expertos en el campo de las geociencias, así como su presencia durante todo el tiempo de desarrollo, permite minimizar casi toda posibilidad de que

la vulnerabilidad sea transgredida, aprovechándose la ocasión para introducir a los participantes en los conceptos de patrimonio geológico y geoconservación.

La interpretación no se ha focalizado exclusivamente en el origen y evolución de las morfologías o afloramientos presentes concretos, sino que también se ha procurado desarrollar los procesos geológicos generales que éstos pueden ilustrar. Los LIG con más éxito entre el público asistente han sido las cavidades y los perfiles geológicos en las canteras.

La inclusión de una actividad gastronómica constituye un valor añadido que actúa de reclamo a la hora de organizar eventos divulgativos y aumenta el interés por participar en estos eventos, al mismo tiempo que proporciona una ayuda al desarrollo local (gastos para la intendencia en pequeños lugares de tapas, restaurantes, bodegas, etc.).

La diversidad y el interés por parte de otros colectivos diferentes a los directamente relacionados con las geociencias, ha aumentado con las nuevas convocatorias. Es importante poder contar con la implicación de otras organizaciones de carácter naturalístico y/o cultural.

Las últimas convocatorias han tenido repercusión mediática, lo que supone un triple mecanismo difusor: i) por el efecto multiplicador en la posible participación en futuras convocatorias, ii) el propio mensaje transmitido por la misma noticia y iii) el reconocimiento público de la iniciativa que le ha llevado hasta ser objeto de nominación y reconocimiento de la conservación del patrimonio en las Islas Baleares (premios ARCA *patrimoni* 2013).

Si unimos elementos propios de la divulgación, como son la difusión (entendida como publicitación) e interpretación, haciendo entroncar todo ello junto con un importante componente recreativo-gastronómico, todo ello unido a la posibilidad de desarrollo local, podríamos considerar que esta iniciativa enlaza con el geoturismo, aunque sea a pequeña escala.

REFERENCIAS

Carcavilla, L. 2012. *Geoconservación*. Instituto Geológico y Minero de España. Los Libros de la Catarata. Colección Planeta Tierra, 1, 126 pp.

Carcavilla, L., López-Martínez, J. y Durán-Valsero, J. J. 2007. *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos.* Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Cuadernos del Museo Geominero, 7, 360 pp.

Gonggrijp, G.P. 1997. UnKnown, unloved. Education, the basin for protection. En: Marinos, P.G., Koukis, G.C., Tsiambaos, G.C. y Stounaras, G.C. (eds.), *Engineering geology and the environment*. Balkema, Roltendam. Brookfield, 3, 2945-2948.

Gonggrijp, G.P. 2000. Planificación y gestión para la geoconservación. En: Barettino, D., Wimbledon, W.A.P. y Gallego, E. (eds.), *Patrimonio Geológico: conservación y gestión*. ITGME. Madrid, 31-49.

Guillén, F. 2008. La Geología y el patrimonio geológico en España: cultura social para la ordenación del territorio. En: Restrepo, C. y Mata, J.M. (eds.), *Actas del I Congreso Internacional sobre Geología y Minería en la Ordenación del Territorio y en el Desarrollo*. Universidad Politécnica de Cataluña, Dpto. de Ingeniería Minera y Recursos Naturales, 15-37.

Stewart, I.S. and Nield, T. 2013. Earth stories: context and narrative in the communication of popular geoscience. *Proceedings of the Geologists Association*, 124: 699-712.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

DIFUSIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO EN ARAGÓN: EJEMPLOS DE BUENAS PRÁCTICAS.

DISSEMINATION OF THE GEOLOGICAL HERITAGE IN ARAGÓN: EXAMPLES OF GOOD PRACTICES.

M. Tomás, A. Núñez, G. Melendez y P. Infante.

Departamento Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza, España.
575621@unizar.es, alizia_zgz12@hotmail.com, gmelende@unizar.es y pinfante@aragon.es

Resumen: La protección y difusión del patrimonio paleontológico, al igual que el patrimonio geológico, ha ocupado un lugar preferente en la literatura científica en los últimos años. Este hecho queda patente en los congresos sobre patrimonio geológico y paleontológico, tanto en el ámbito de la Sociedad Geológica de España (SGE), como de la Sociedad Española de Paleontología (SEP). La finalidad de este artículo es valorar el patrimonio geológico de Aragón y su gestión, presentando medidas que podrían aplicarse a los espacios geológicos y paleontológicos en el marco de la Comunidad Autónoma de Aragón. Esta discusión permite asimismo evaluar y analizar positivamente sus valores patrimoniales y requerimientos de protección. Es fundamental la aportación de nuevas ideas y la participación de toda la comunidad científica en mejorar la situación del patrimonio geológico. Y comparar los proyectos y actuaciones que se realizan en los diferentes puntos y comunidades para el enriquecimiento de ideas y puntos de vista.

Palabras clave: Aragón, divulgación, geoparques, museos, patrimonio geológico.

Abstract: *The protection and social spread of the heritage values of both the geological and palaeontological heritage has become progressively more important in recent years. This fact is apparent and clear, as it can be seen in the progressively more relevant role that it is playing in both the Geological Society (SGE) and Palaeontological Society (SEP) meetings. The purpose of this paper is both to value and analyze the main heritage values of the most relevant geological and palaeontological points in the region (Authonomous Community) of Aragón (Spain). The valuing process should also help quantify the main protection requirements and their heritage values. A further fundamental point is the supply of new ideas and the collaboration (or participation) of the whole scientific community in order to improve the social status of the geological and palaeontological heritage. Similarly, a further important point is to compare the protection measures taken in the Community of Aragón with the measures taken in other communities of Spain. This comparison has revealed sort of fruitful in order to contribute to the progress of new ideas and different points of view.*

Key words*: Aragón, dissemination, geological heritage, geoparks, museums.*

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se ha querido analizar en profundidad la difusión del patrimonio geológico en Aragón. Se resaltan los aspectos positivos de cara a que las buenas prácticas puedan ser aplicadas en otras comunidades autónomas. Se analizan los lugares donde se llevan a cabo las actividades de divulgación de la geología y se aportan sugerencias para la mejora de éstos. También se exponen algunas de las actividades culturales que se realizan desde el ámbito de Aragón.

ANÁLISIS DAFO DE LA DIFUSIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO EN ARAGÓN

ANÁLISIS INTERNO	
FORTALEZAS	**DEBILIDADES**
- Riqueza y diversidad geológica en el entorno de Aragón. - LIG clasificados en el Boletín Oficial de Aragón. - Fácil accesibilidad a los puntos más relevantes. - Geoparque Mundial de la UNESCO de Sobrarbe-Pirineos. - Parque Geológico de Aliaga. - Dinópolis.	- Insuficiente publicidad y promoción del patrimonio geológico de Aragón y de algunos de los centros y lugares donde se divulga. - Estado de conservación de algunas infraestructuras de divulgación. - La geología está en desventaja en comparación con la información presente de otros aspectos en los lugares turísticos de divulgación como son la fauna y la flora y la arqueología.
ANÁLISIS EXTERNO	
OPORTUNIDADES	**AMENAZAS**
- Creciente preocupación por el patrimonio natural. - Aumento de la concienciación para la protección del patrimonio geológico. - Potencial del Parque Cultural del Río Martín como parque geológico. - Reintegración del Parque Cultural del Maestrazgo en la Red Europea de Geoparques de la UNESCO.	- Falta de presupuesto para llevar a cabo todas las mejoras deseables. - Vulnerabilidad de algunos afloramientos y yacimientos. - Desconocimiento y falta de interés por parte de la población.

Tabla 1. Herramienta de diagnóstico, análisis y planificación estratégica que busca identificar las **D**ebilidades, **A**menazas, **F**ortalezas y **O**portunidades para establecer la base de un buen plan de marketing estratégico. El objetivo es identificar las líneas de acción y planes estratégicos que son necesarios para difundir el patrimonio geológico en Aragón.

PATRIMONIO GEOLÓGICO A TRAVÉS DE MUSEOS Y CENTROS DE INTERPRETACIÓN

Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza

Este museo ubicado en el centro de Zaragoza es una exposición que guía a los visitantes por el camino de la evolución desde el origen del universo hasta la aparición del *Homo sapiens* a través de más de cien mil fósiles y material didáctico. Está formada por la fusión de dos colecciones, la de Paleontología de la Universidad de Zaragoza y la "Longinos Navás", depositada por la Compañía de Jesús en 1988. Buenas prácticas y posibles mejoras (Tabla 2).

Territorio Dinópolis, Teruel

Formado por un gran parque temático en la ciudad de Teruel y por siete centros distribuidos alrededor de la provincia. Los centros son: Valcaria (Ariño), Bosque Pétreo (Castellote), Inhóspitak (Peñarroya de Tastavins), Legendark (Galve), Mar Nummus (Albarracín), Dinópolis (Teruel), Región Ambarina (Rubielos de Mora) y Titania (Riodeva). Se combina ciencia y ocio. Dedicado a la paleontología, destacando, sobretodo, a los dinosaurios. Buenas prácticas y posibles mejoras (Tabla 3).

BUENAS PRÁCTICAS	POSIBLES MEJORAS
- Lugar físico de depósito de los ejemplares estudiados en la Universidad. - Herramienta de difusión y acercamiento a la sociedad del trabajo científico realizado en la Universidad. - Ubicado en un edificio emblemático del centro de la ciudad, Antigua Facultad de Medicina (Paraninfo). - Excelente organización, dirección y diseño. - Visitas guiadas diarias.	- Ampliación del espacio expositivo para poder mostrar una colección más amplia y todo tipo de material didáctico, como, por ejemplo, réplicas a tamaño real de los grandes vertebrados del Mesozoico. - Ampliación del material expuesto en cuanto a su diversidad, por ejemplo, una **colección mineralógica.** - Juegos didácticos para niños y más material audiovisual. Por lo que se requeriría un mayor presupuesto para el museo. - Apertura los domingos para mayor afluencia del turismo de fin de semana.

Tabla 2. Análisis del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza.

BUENAS PRÁCTICAS	POSIBLES MEJORAS
- Atracción masiva de turistas, mediante una activa promoción del parque. - Buena combinación de ocio y ciencia. - Gran calidad de instalaciones, merchandising y material didáctico. - Amplia variedad de material expuesto. - Visita dinámica y entretenida.	- Posibilidad de consulta bibliográfica y ampliación de conocimientos en los museos. - Más guías especializados en la medida de lo posible. - Museo de Ariño, aumento de muestras que se exponen representativas de la zona. - Museo de Dinópolis, enfocado a divulgación para un público infantil y podría buscar ampliar su rango de público. - Posible rebaja de los precios.

Tabla 3. Análisis de Territorio Dinópolis, Teruel.

GEOLOGÍA EN ESPACIOS HABILITADOS PARA LA DIVULGACIÓN.

Parque Geológico de Aliaga

El Parque Geológico de Aliaga es el primero que se creó en España, en el año 1993. Está integrado en el que era el Geoparque del Maestrazgo, perteneciente a la "Red Europea de Geoparques" desde el año 2000. Permite descubrir la evolución del planeta a través de las capas y formaciones rocosas. Se trata de un lugar único que contiene algunas formaciones de gran interés científico a nivel internacional. Se puede recorrer a través de 9 rutas señalizadas con paneles informativos y con la posibilidad de hacer visitas guiadas (Tabla 5).

BUENAS PRÁCTICAS	POSIBLES MEJORAS
- Centro de interpretación muy completo y con gran cantidad de material didáctico. - Guía disponible para enseñar el parque a lo largo de un recorrido donde se explican los principales conceptos geológicos que se visualizan en los afloramientos.	- Aumento de la promoción del parque. - Consolidación de un Comité Científico multidisciplinar. - Estado de conservación del material didáctico de exteriores. - Analizar las causas de la salida del Geoparque del Maestrazgo de la Red Europea para subsanar los posibles fallos y reintegrar este Geoparque en la Red, del que el Parque Geológico de Aliaga formaba parte.

Tabla 5. Análisis del Parque Geológico de Aliaga.

Parque Cultural de Río Martín

El territorio donde se encuentra el Parque Cultural del río Martín, cuenta con un potencial y unos recursos naturales y geológicos únicos dentro del ámbito de las ciencias naturales y más concretamente de las ciencias geológicas. Sería interesante para el parque la inclusión de mayor cantidad de información geológica y paleontológica en los centros de interpretación, paneles explicativos y demás infraestructuras, para poner en valor estos recursos, ofrecer a la sociedad una oferta cultural más amplia y asegurar la protección de los afloramientos existentes, de cara al desarrollo de la región (Tabla 6).

BUENAS PRÁCTICAS	POSIBLES MEJORAS
- Buena señalización y difusión de los demás aspectos del Parque no relacionados con la geología.	- Aumento de la publicidad para dar a conocer el parque. - Mayor inclusión de contenido geológico en los textos divulgativos, ya sea en paneles explicativos, guías…

Tabla 6. Análisis del Parque Cultural del Río Martín.

Alcance social del Parque Geológico de Aliaga y Parque Cultural del Río Martín

Los estudios expuestos en otros artículos, referentes al alcance social que presentan tanto el Parque Geológico de Aliaga como el Parque Cultural del Río Martín, en la Comunidad Autónoma de Aragón (Tomás *et al.*, 2016 y Núñez *et al.,* 2016) apuntan a que existe un desconocimiento generalizado en la población de la existencia de estos parques. Este hecho, hace aumentar la gravedad de la situación, puesto que la población no conoce, en la mayoría de los casos, el patrimonio natural y cultural presente en el territorio donde ellos mismos habitan.

Este tipo de situaciones, motivadas en primera instancia por el desconocimiento, suele derivar en la depreciación del patrimonio, surgiendo problemas añadidos como el empobrecimiento de la cultura, la dificultad para realizar investigaciones científicas en este ámbito y, en casos más extremos, la destrucción de bienes tanto muebles como inmuebles, a través de acciones de expolio a yacimientos, labores de construcción y/o minería en las que no ha existido un trabajo de seguimiento a pie de obra por parte de un técnico.

Estos sucesos ocurren por la falta de sensibilidad de la población hacia el patrimonio, motivada por el desconocimiento de su importancia. Por ello, urge tomar una serie de medidas tanto mitigadoras como correctoras, las cuales muchas veces, deberían comenzar a aplicarse a tempranas edades dentro del ciclo educativo.

Ambos parques, reúnen las condiciones idóneas por los enclaves que contienen estos territorios para ser tomados como referentes en la divulgación del patrimonio y su importancia y sensibilizar nuevamente a la población en respetar, valorar, conservar y aprender del patrimonio cultural y natural.

Geoparque Mundial de la UNESCO Sobrarbe-Pirineos

Situado en la vertiente sur de los Pirineos, comprende todo el territorio de la comarca de Sobrarbe. Se encuentra en el norte de la provincia de Huesca (Aragón), (Tabla 7).

BUENAS PRÁCTICAS	POSIBLES MEJORAS
- Gran calidad del museo y sede del geoparque en Aínsa. - Realización de numerosas actividades culturales de divulgación geológica. - Señalización de rutas y puntos de interés geológico y LIG. - Realización de numerosas actividades culturales. - Presencia en web (www.geoparquepirineos.com) y redes sociales.	- Aumento de información geológica en todo el geoparque, especialmente en los lugares más visitados como el Valle de Ordesa y el Cañón de Añisclo en los cuales son más frecuentes los paneles informativos de la flora y fauna del lugar. La competencia en cuanto a la instalación de estos paneles es competencia exclusiva del Estado ya que el área está integrada en el Parque Nacional de Ordesa.

Tabla 7. Análisis del Geoparque Mundial de la UNESCO de Sobrarbe-Pirineos.

PATRIMONIO GEOLÓGICO A TRAVÉS DE ACTIVIDADES CULTURALES Y NUEVAS TECNOLOGÍAS

La divulgación de contenido cultural mediante nuevas tecnologías es una herramienta muy potente que cuenta con un elevado grado de aceptación en la sociedad actual. Un ejemplo clásico sobre estos mecanismos de divulgación son los audiovisuales, entre los que cabe destacar los documentales. En estos últimos años se han generado una serie de documentales sobre el patrimonio natural aragonés de gran éxito. Algunos ejemplos:

- "*Historia geológica de Pirineos-Monte Perdido*", realizado por la Comarca del Sobrarbe y el Parque Nacional de los Pirineos (colaboración entre Francia y España).

-"*Valle de Ordesa*", del Proyecto Terrarum producido por Paola Infante, el cual se centra un recorrido didáctico por el Valle de Ordesa.

- "*Pyrene, mito y ciencia*", por la Unidad de Cultura Científica y de la Innovación (UCC+I) de la Universidad de Zaragoza a través de su Taller de Guión y Producción de Documental Científico.

Otras nuevas tecnologías que continúan desarrollándose a gran velocidad y con gran éxito en el campo de la divulgación patrimonial son las APP. Una de estas nuevas aplicaciones para móviles y tabletas que ha generado gran impacto en las labores de divulgación del patrimonio natural enfocado para niños, ha sido la titulada "Las aventuras de Diana y Jonás" creada especialmente para la Comarca de la Hoya de Huesca. Una buena práctica sería la creación de una **app de patrimonio geológico de Aragón** con la localización de los LIG y sus correspondientes explicaciones que podría llevar a cabo el Gobierno de Aragón.

Es importante divulgar el patrimonio natural (cuando sea posible) acercando al público a los entornos naturales que se explican para que los visitantes puedan apreciar en persona el conjunto en su marco real. El Geolodía es una iniciativa reciente de mucho éxito, cuyo objetivo es acercar la geología a la sociedad mediante diversas actividades al aire libre, que dirigidas por científicos y profesionales de esta disciplina, se realizan para todo el público que desee participar.

En muchas localidades rurales, se llevan realizando desde hace unos años jornadas culturales, estas abarcan un amplio espectro de temáticas. Una buena práctica para acercarse a la población local sería que los centros culturales de dichos pueblos se involucraran y realizaran en esas mismas jornadas su aportación de temática geológica o paleontológica, empleando la iniciativa del pueblo como mecanismo de acercamiento a la gente, difusión y concienciación sobre el patrimonio natural y cultural. En este caso, un ejemplo de buenas prácticas sería la charla desinteresada "*La geología de Urrea de Gaén y sus entornos*", que impartieron Alizia Núñez y Daniel Barasoaín en el año 2015 durante las jornadas culturales que se celebran anualmente en la localidad de Urrea de Gaén (Teruel).

A continuación, en la *Tabla 8*, se muestran las buenas prácticas y posibles mejoras.

BUENAS PRÁCTICAS	POSIBLES MEJORAS
- Realización del Geolodía. - Creación de documentales sobre el patrimonio geológico y natural de carácter divulgativo. - Realización de actividades culturales en el medio rural para la concienciación de la importancia de preservar el patrimonio natural.	- Aumento de actividades de sensibilización y concienciación del patrimonio geológico en el medio rural. - Creación de una aplicación sobre patrimonio geológico en Aragón.

Tabla 8. Análisis del patrimonio geológico a través de actividades culturales y nuevas tecnologías.

CONCLUSIONES

La protección del patrimonio cultural que hemos heredado y, en concreto, el patrimonio geológico, es, entre otros factores, la consecuencia de su divulgación, conocimiento y puesta en valor. Para ello se debe analizar la situación actual en la que nos encontramos. Proyectar las buenas prácticas que se realizan en Aragón a otras comunidades y hacer una recopilación de los aspectos que se podrían mejorar aportando ideas y propuestas. Se han recopilado los lugares, centros y plataformas tecnológicas más relevantes donde se desarrolla esta actividad de divulgación geológica y se han analizado dando lugar a una selección de buenas prácticas y aspectos de mejora.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto de la DGA E-17: *Patrimonio y Museo Paleontológico*.

REFERENCIAS

Núñez, A. 2015. *Estudio comparativo de las asociaciones de ammonites del Jurásico Superior de la Plataforma Ibérica (Sierra de Arcos) y del norte de Chile (Pacífico Oriental). Tafonomía, biogeografía y taxonomía. Aplicación a las técnicas de replicado de ejemplares fósiles.* Informe inédito. (Trabajo Fin de Grado) Servicio de Publicaciones, Universidad de Zaragoza, 25 pp, 9 anexos.

Núñez, A., Tomás, M., Arruda, K., Meléndez, G. y Infante, P. 2016. Patrimonio geológico y paleontológico del Parque Cultural del Río Martín. *Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. IGME. Cuadernos del museo geominero*, 20, 245-250.

Tomás, M. 2015. *Valoración patrimonial y de infraestructuras de áreas de interés geológico en Aragón y alrededores, con vistas al desarrollo de su potencial didáctico y geoturístico*. Informe inédito (TFG). Servicio de Publicaciones, Universidad de Zaragoza. 25 pp, 6 anexos.

Tomás, M., Núñez, A., Arruda, K., Meléndez, G. y Infante, P. 2016. Patrimonio geológico y paleontológico del Parque Geológico de Aliaga. *Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. IGME. Cuadernos del museo geominero*, 20, 287- 292.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO Y USOS TRADICIONALES DE LA GEODIVERSIDAD EN LA COMARCA DE HUÉSCAR (GRANADA), COMO BASE PARA NUEVAS PROPUESTAS DE ESPACIOS NATURALES PROTEGIDOS Y GEOPARQUES

PLACES WITH GEOLOGICAL INTEREST AND TRADITIONAL USES OF GEODIVERSITY IN THE REGION OF HUÉSCAR (GRANADA) AS A BASIS FOR NEW PROPOSALS OF PROTECTED NATURAL SPACES AND GEOPARKS

J. F. Rosillo[1], F. Guillén-Mondéjar[1], M.A. Alias[1], L. Arrufat[1] y A. Sánchez[2]

[1] Grupo de investigación de Geología

[2] Grupo de investigación Ciencia y Tecnología de Suelos. Departamento de Química Agrícola, Geología y Edafología. Facultad de Química. Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. 30100 Murcia (España).
josefidel.rosillo@um.es, mondejar@um.es, aalias@um.es, larrufat@um.es, antsanav@um.es

Resumen: La Comarca de Huéscar es una zona de creciente desempleo y de emigración por la escasez de recursos, pero cuenta con un territorio donde la diversidad geológica es uno de los valores naturales más significativos. Por ello, hemos comenzado un estudio de detalle para conocer su patrimonio geológico y su potencialidad de uso. A los inventarios previos del IGME y de la Junta de Andalucía, les sumamos ahora veinte nuevos lugares de interés geológico y seis lugares de interés por su uso tradicional de la geodiversidad. Los resultados preliminares de este estudio, que aquí se describen, han mostrado que esta comarca contiene un rico patrimonio geológico que puede sentar las bases para la declaración de nuevos Espacios Naturales Protegidos, o la ampliación de los ya existentes, o que además justifica la inclusión de sus municipios en un futuro Geoparque de la UNESCO.

Palabras clave: Comarca de Huéscar, geodiversidad, geoparque, inventario, patrimonio geológico.

Abstract: *The region of Huéscar is a territory with important problems such us unemployment, increasing emigration and shortage of resources. However, geological diversity is one of the most significant values in this area. For this reason, we are developing a detailed study in order to know this region's geodiversity and its potential uses. We propose to add twenty new places with geological interest and seven places with interest due to traditional use of geodiversity to the previous inventory that both IGME and the Junta de Andalucia have established. Preliminary results of this study are described in this work to show that this region has a very important geological heritage that could be used to propose new Protected Natural Spaces. These geosites could even be proposed to be included in a future UNESCO Geopark.*

Key words: geodiversity, geological heritage, geopark, inventory, Region of Huéscar.

ANTECEDENTES SOBRE EL PATRIMONO GEOLÓGICO Y OBJETIVOS

Según los diferentes estudios y mapas geológicos realizados en la zona, en la comarca de Huéscar aparece bien representada la confluencia de los dominios Subbético y Prebético de las Zonas Externas de la Cordillera Bética, incluso la Unidad Intermedia o Complejo Frontal. También las cuencas neógeno-cuaternarias, sobre todo en el suroeste y este, donde hay grandes extensiones de materiales neógenos de la depresión de Guadix-Baza.

Esta rica geodiversidad e historia geológica ha hecho que la comarca de Huéscar cuente con importantes lugares de interés geológico (LIG), muchos de los cuales han sido nombrados con sinónimos como georrecursos culturales por la Junta de Andalucía y puntos de interés geológico (PIG) por el IGME. En el año 2004 se publicó el Inventario Andaluz de Georrecursos que se revisó en 2011, con el fin de diagnosticar el estado del patrimonio geológico y proponer medidas para su protección, puesta en valor y utilización geoturística. Entre los objetivos actuales de este inventario está el establecimiento de un catálogo abierto de LIG. Además, Andalucía es pionera en realizar la Estrategia de Gestión Integrada de la Geodiversidad que fue aprobada en el año 2010, incorporando la geodiversidad a sus labores de conservación y gestión de la naturaleza, promoviendo el patrimonio geológico como activo socioeconómico.

En el anexo VIII de la Ley 33/2015 de 21 de septiembre, por la que se modifica la Ley 42/2007 de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, se establecen las unidades geológicas más representativas y los 21 contextos geológicos de España de relevancia internacional, definidos en el proyecto "Global Geosites" (García Cortés, 2008). En el contexto "Yacimientos de vertebrados del Plioceno y Pleistoceno español" aparecen varios lugares de la comarca de Huéscar (Venta Micena, Barranco León-5 y Fuente Nueva-3 en Orce y Huéscar-1). Otros contextos de relevancia internacional están bien representados en esta comarca, como las "Series Mesozoicas de las Cordilleras Bética e Ibérica", las "Unidades Olistostrómicas del Antepaís Bético" o los "Sistemas kársticos en carbonatos y evaporitas de la Península Ibérica y Baleares".

Para complementar estos inventarios ya existentes, se está realizando una prospección detallada de la Comarca de Huéscar. Esta investigación ha permitido identificar nuevos LIG así como los lugares de interés por sus conocimientos y usos tradicionales de la geodiversidad (LICUTG), definidos éstos últimos en el artículo 4.b del Real Decreto 556/2011, de 20 de abril, para el desarrollo del Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad (BOE nº 112, 11 de mayo de 2011) como: *"Conocimientos tradicionales, así como sus elementos o restos culturales asociados, relativos a: La geodiversidad o al aprovechamiento de los recursos minerales (lugares geológicos utilizados para fiestas, tradiciones populares, u origen de leyendas, así como minas y canteras artesanales, con sus construcciones anexas, como hornos, establecimientos de beneficio, almacenes, etc)".* Este trabajo se ha efectuado en el marco de la tesis doctoral que el primer firmante está realizando en la Universidad de Murcia, siendo el objetivo principal, conocer el patrimonio geológico y los conocimientos y usos tradicionales de la geodiversidad de esta comarca, confeccionando un inventario completo de LIG y LICUTG. La metodología utilizada para la realización de fichas de los LIG, es la propuesta por Arana *et al.* (2009). Para aquellos lugares de relevancia regional, nacional o internacional susceptibles de ser integrados en el IELIG, se aplicará el documento metodológico del IELIG (García Cortés *et al*., 2014). Todo con el fin de contribuir al desarrollo de esta comarca y la posibilidad de su inclusión en un futuro Geoparque de la UNESCO o la declaración de nuevos Espacios Naturales Protegidos (ENP).

En febrero de 2017 se ha presentado el proyecto de Geoparque del Cuaternario "Valles del norte de Granada", que afectará a municipios de las comarcas de Guadix, Montes Orientales, Baza y Huéscar. Ante esta iniciativa impulsada por la Diputación de Granada, se presenta una oportunidad única para potenciar el patrimonio geológico de la comarca de Huéscar.

NUEVOS LUGARES DE INTERÉS GEOLÓGICO Y USOS DE LA GEODIVERSIDAD

Se han inventariado hasta el momento, veinte nuevos LIG y siete LICUTG (Tabla 1).

DENOMINACIÓN DEL LUGAR	MUNICIPIO	TIPO	INTERÉS PRINCIPAL	IMPORTANCIA
Glacis del Campo Rey	CASTILLEJAR	LIG	Geomorfológico	Regional
Cuevas de la Morería	CASTILLEJAR	LICUTG	Usos Tradicionales	Comarcal
Terrazas del Río Guardal	CASTILLEJAR	LIG	Geomorfológico	Comarcal
Yesos y hornos de los Evangelistas	CASTILLEJAR	LICUTG	Usos Tradicionales	Comarcal
Cerrada de la Magdalena	CASTRIL	LIG	Tectónico	Comarcal
Laguna de Sierra Seca	CASTRIL	LIG	Geomorfológico	Regional
Cueva de la arena. Vidriera de Castril	CASTRIL	LICUTG	Usos Tradicionales	Internacional
Barranco del Yeso	GALERA	LIG	Mineralógico	Comarcal
Fuente de la Hedionda	GALERA	LIG	Hidrogeológico	Comarcal
Paleosismitas de la Rambla de los Pilares	GALERA	LIG	Tectónico	Internacional
Paleosismitas del Barranco de Huarte	GALERA	LIG	Tectónico	Internacional
Fuencaliente de Huéscar	HUÉSCAR	LIG	Hidrogeológico	Comarcal
Calizas nodulosas Virgen de la Cabeza	HUÉSCAR	LIG	Paleontológico	Comarcal
Pliegues p.k. 10.5. Ctra. Huéscar-Santiago	HUÉSCAR	LIG	Tectónico	Comarcal
Cueva del Agua	HUÉSCAR	LIG	Hidrogeológico	Comarcal
La Vidriera del Pinar	HUÉSCAR	LICUTG	Usos Tradicionales	Internacional
Cañada del Salar	ORCE	LIG	Geomorfológico	Comarcal
Mina de Sílex de la Venta	ORCE	LICUTG	Usos Tradicionales	Comarcal
Fuencaliente de Orce	ORCE	LIG	Hidrogeológico	Comarcal
Rocas subvolcánicas de la Puebla	PUEBLA D.FADRIQUE	LIG	Petrológico	Comarcal
Manantial de Bugéjar	PUEBLA D.FADRIQUE	LIG	Hidrogeológico	Comarcal
Cuenca endorreica de Bugéjar	PUEBLA D.FADRIQUE	LIG	Geomorfológico	Regional
Canteras de los Yesares	PUEBLA D.FADRIQUE	LICUTG	Usos Tradicionales	Comarcal
Piedra de la Rendija	PUEBLA D.FADRIQUE	LICUTG	Usos Tradicionales	Comarcal
Polje de Nablanca	PUEBLA D.FADRIQUE	LIG	Geomorfológico	Comarcal
Fuente de Montilla	PUEBLA D.FADRIQUE	LIG	Hidrogeológico	Comarcal
Karst y Suelos de Guillimona	PUEBLA D.FADRIQUE	LIG	Geomorfológico	Regional

Tabla 1. Nuevos LIG y LICUTG inventariados en la comarca de Huéscar (Granada)

De entre los nuevos LIG, destacan los siguientes (Figura 1):

- **Glacis del Campo Rey**: de notable interés por su contenido geomorfológico y por ser uno de los mejores lugares donde es posible observar los vestigios de la ya inexistente cuenca endorreica de Guadix-Baza.

- **Laguna de Sierra Seca**: de gran interés geomorfológico, es el lugar más representativo del karst de Sierra Seca. Está situada junto al LIG - AND654, Karst de los Prados del Conde, pero no ha sido incluida en el mismo.
- **Paleosismitas de la rambla de los pilares y barranco de Huarte**: de gran interés tectónico y sedimentológico, son estructuras de deformación de origen sísmico en sedimentos no consolidados. Por la continuidad lateral de los estratos deformados y la exposición tridimensional de las sismitas, se trata de uno de los registros de paleosismitas más importantes del mundo, según el especialista en tectónica P. Alfaro de la Universidad de Alicante (Comunicación personal. Seis de abril, 2017).
- **Cuenca endorreica de Bugéjar**: de notable interés geomorfológico, es una cuenca endorreica activa, que será capturada en el futuro por erosión remontante por los afluentes del Guadiana Menor en la parte oriental de las cuencas de Baza-Huéscar.
- **Karst y suelos de Guillimona**: de gran interés geomorfológico y edafológico, es uno de los exokarst más importantes del norte de Granada y del sureste ibérico.



A) Paleosismitas del barranco de Huarte



B) Glacis del Campo Rey



C) Laguna de Sierra Seca



D) Cuenca endorreica de Bugéjar



E) Karst y suelos de Guillimona	F) Piedra de la Rendija

Figura 1. Nuevos LIG y LICUTG de la comarca de Huéscar. A) Paleosismitas del barranco de Huarte (Galera). B) Glacis del Campo Rey (Castillejar). C) Laguna de Sierra Seca (Castril). D) Cuenca endorreica de Bugéjar (Puebla de Don Fadrique). E) Karst y suelos de Guillimona (Huéscar y Puebla de Don Fadrique). F) LICUTG de la Piedra de la Rendija (Puebla de Don Fadrique).

Los siete LICUTG inventariados (Tabla 1) reúnen los requisitos incluidos en el punto 4.b del Real Decreto 556/2011, de 20 de abril, para el desarrollo del Inventario Español del Patrimonio Natural y la Biodiversidad. Son los primeros identificados en la zona en relación con los conocimientos y usos tradicionales de la geodiversidad, e incluyen entre otros, diferentes yacimientos y canteras de arenas silíceas de Castril, Pinar de la Vidriera (Huéscar) y Puebla de Don Fadrique, utilizadas para la fabricación de piezas de vidrio en hornos de la comarca de Huéscar. Muchas de estas piezas se encuentran actualmente en importantes colecciones y museos de España, Inglaterra, Rusia o EEUU entre otros países, (Rosillo *et al*., 2017). Otro ejemplo LICUTG, es la Piedra de la Rendija (Figura 1.F), icono ancestral de las tradiciones populares del municipio de Puebla de Don Fadrique.

PROPUESTAS PARA LA GEOCONSERVACIÓN Y EL GEOTURISMO

Con este trabajo se amplía el número de lugares de interés geológico y usos tradicionales de la geodiversidad de la comarca de Huéscar. Los estudios que continúan realizándose, darán lugar a la incorporación de algunos de ellos en el IELIG, y lo que es más importante, ayudarán a promocionar esta deprimida comarca con iniciativas basadas en el geoturismo; un ejemplo es la reciente Guía Turística de la Puebla de Don Fadrique, que incluye un capítulo sobre su patrimonio geológico (Rosillo, 2015).

Esta investigación también permitirá la conservación de la naturaleza de forma integral con la declaración de nuevos ENP o la ampliación de los ya existentes. Ya existe un monumento natural de carácter geológico "la Peña de Castril", declarado en el año 2003. Esta figura de protección se podría aplicar a otros lugares como la laguna de Sierra Seca o las paleosismitas.

En 2017 se han iniciado los trámites por parte del Parlamento andaluz para la ampliación del parque natural de Castril hacia la sierra de La Sagra (Huéscar-Puebla de Don Fadrique). Para la justificación de esta iniciativa, el Ayuntamiento de Puebla de Don Fadrique nos pidió información sobre el patrimonio geológico

y en particular sobre la sierra de La Sagra. Cabe recordar que el Parque Natural de Castril está junto al Parque Natural de Cazorla, siendo éste con sus 210.000 hectáreas, el más extenso de España. Para este gran ENP han surgido incluso iniciativas para declararlo parque nacional. Si éstas se retomaran y llegaran a buen término serviría para completar mejor en la Red de Parques Nacionales el sistema natural denominado en la Ley 30/2014 de Parques Nacionales "Formas de relieve y elementos geológicos singulares de las cordilleras Alpinas" (ver trabajo de Guillén-Mondéjar *et al., 2017,* sobre el Plan director de la Red de Parques Nacionales, en este mismo volumen).

Desde 2013, los grupos de investigación de Geología y Ciencia y Tecnología de Suelos de la Universidad de Murcia venimos realizando estudios sobre patrimonio geológico en la comarca de Huéscar. El primer firmante de este trabajo ha colaborado con el Ayuntamiento de la Puebla de Don Fadrique y con el Grupo de Desarrollo Rural (GDR) del Altiplano de Granada para la puesta en valor del patrimonio geológico de esta comarca. En el momento de la redacción de este trabajo se presentó el proyecto de Geoparque Mundial de UNESCO del Cuaternario "Valles del norte de Granada". Inicialmente se discutió sobre el alcance del mismo y la idoneidad de incluir además de la comarca de Guadix, a otras como la de Huéscar.

No hace muchos años, la comunidad geocientífica se sentía afligida al ver que la conservación de la naturaleza se ceñía exclusivamente a los paisajes y a la biodiversidad y que a las administraciones competentes y a la sociedad en general no sólo no les interesaba el patrimonio geológico, sino que desconocían incluso en qué consistía la geología y para qué servía el geólogo. Afortunadamente hoy en día, gracias al esfuerzo de divulgación realizada por la comunidad geológica, se ha invertido la situación, un ejemplo es el enorme interés de muchos municipios del norte del Granada por aunar esfuerzos a favor de la puesta en valor de su Gea. Los profesionales de la geología que hemos suscitado estas expectativas a las gentes de estos territorios tenemos ahora la obligación de no defraudarlas, es una gran responsabilidad por parte de todos, porque cualquier error puede acarrear incluso el olvido y pérdida del patrimonio geológico.

Bajo estas premisas, hemos asistido a reuniones con alcaldes y técnicos de los GDR de la zona, donde hemos ofrecido nuestra ayuda y conocimientos al respecto, sentimos una gran satisfacción por la ampliación del proyecto de Geoparque y por la inclusión de la comarca de Huéscar, pero vemos con perplejidad como en ningún momento se nos ha solicitado opinión técnica sobre qué lugares geológicos de los que estamos estudiando con detalle, podrían formar parte del listado de LIG y de la delimitación territorial del proyecto. Tras la consulta del mismo y su delimitación durante el periodo de información pública (Diputación de Granada. B.O.P nº 58, de 27 de marzo de 2017), hemos constatado que quedan fuera de los límites del futuro Geoparque gran parte de los cauces de los ríos Castril, Guardal, Raigadas y Bravatas (valles cuaternarios más relevantes del norte de Granada), donde en sus cabeceras existen destacados LIG como los depósitos de ladera periglaciares plio-cuaternarios de la sierra de La Sagra o las formas kársticas y suelos plio-cuaternarios de los Prados del Conde y de la sierra de Guillimona. Tampoco entendemos la no inclusión de forma integral de la singular e importante cuenca endorreica cuaternaria de Bugéjar, por lo que hemos considerado realizar las alegaciones oportunas.

Con otros valores naturales y culturales como los primeros pobladores de Europa, el cielo más limpio de Europa, la Sagra y su observatorio astronómico, yacimientos arqueológicos y museos, el cordero segureño y su rica gastronomía, tradiciones y fiestas de gran interés, monumentos históricos, un entorno natural rico en flora, fauna y endemismos, etc., la comarca de Huéscar potenciará la candidatura de Geoparque ante la UNESCO y su oferta geoturística, y lo que es más importante, ayudará a conservar la geodiversidad y su patrimonio geológico, hecho este que es la principal razón de ser de la comunidad geoconservacionista.

REFERENCIAS

Arana, R., Guillén-Mondéjar, F., Mancheño, M. A., Manteca, J. I., del Ramo, A., Rodríguez Estrella, T., de Santisteban, C. y Romero, G. 2009. *Actualización del inventario de lugares de interés geológico en la Región de Murcia*. Informe inédito. Consejería de Agricultura y Agua, 254 pp.

García-Cortés, A. (Coord.). 2008. *Contextos geológicos españoles: una aproximación al patrimonio geológico español de relevancia internacional.* Instituto Geológico y Minero de España. Madrid 235 pp.

García-Cortés, A., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E. y Vegas, J. 2014. Documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG). Instituto Geológico y Minero de España, 64 pp. 02/02/17, http://www.igme.es/patrimonio/novedades/METODOLOGIA%20IELIG%20V16%20Web.pdf.

Junta de Andalucía. 2011. Inventario Andaluz de Georrecursos. Consejería de Medioambiente y Ordenación del Territorio. 02/02/17, http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente.

Rosillo Martínez, J. F., 2015. *Guía turística de Puebla de Don Fadrique*. Diputación de Granada. Excmo. Ayuntamiento de Puebla de D. Fadrique (ed.), 194 pp.

Rosillo Martínez J. F., Alias Linares M. A., Guillen Mondejar, F., Sánchez Navarro, A. y Arrufat Milán L. 2017. Los centros vidrieros de Castril, Pinar de la Vidriera, Puebla de Don Fadrique (Granada) y María (Almería), ejemplos de Uso Tradicional de la Geodiversidad y de Patrimonio Minero. XVI *Congreso Internacional sobre Patrimonio Geológico y Minero. XIX sesión científica de la SEDPGYM*. Belmez/Peñarroya- Pueblonuevo (Córdoba), 1 – 4 de octubre del 2015. Minería del pasado: proyecto del futuro. Libro de Actas, Madrid 2017, 189 – 208.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

LA RED IBÉRICA DE ESPACIOS GEOLÓGICOS / A REDE IBÉRICA DE ESPAÇOS GEOLÓGICOS

THE IBERIAN NETWORK OF GEOLOGICAL SPACES

J.M. Mata-Perelló[1], G. Barceló[2], A. Cendrero[3], C. de Santisteban[4], J. Escorihuela[5], G. Gutiérrez[3], F. Llobera[6], L. Moreno[7] y J. Royo[8]

[1] Sigmadot, Urgell 19, 08241 Manresa (Barcelona). mata@emrn.upc.edu, sigmadot1@gmail.com

[2] Museu de les Mines de Bellmunt del Priorat, crta. de la mina s/n, 43738 Bellmunt del Priorat (Tarragona). museu@minesbellmunt.cat

[3] Parque geológico de Costa Quebrada, pereda 62, 39110 Sancibrian (Cantabria). antonio.cendrero@unican.es, gustavo@costaquebrada.com

[4] Parque geológico de Chera, San Isidro, 46350 Chera (Valencia). carlos.santisteban@uv.es

[5] Parque geológico de Aliaga, San Antonio s/n, 44150 Aliaga (Teruel). jumidosiv@gmail.com

[6] Parque geológico de la Sierra Norte de Madrid, Valoja, Luís Fernández Urosa 9, 28751, la Cabrera (Madrid). francollob@gmail.com

[7] Projecte del parc geològic i miner del Solsones, crta. Bassella 1, 25280 Solsona (Lérida). lmoreno@colgeocat.org

[8] Parque cultural del Río Martín, Tiro del bolo s/n, 44547 Ariño (Teruel). jroyo@parqueriomartin.com

Resumen: La Red Ibérica de Espacios Geológicos, ha surgido recientemente, con la idea propiciada por SIGMADOT de establecer una coordinación entre diferentes Parques Geológicos, Parques Geológicos y Mineros y Museos Mineros, existentes en España y en Portugal. Esta coordinación se ha hecho extensible a los territorios similares insulares que existan en ambos países y quieran adherirse a esta red. La idea de esta red surge tras constatarse la necesidad de una coordinación, tras la primera reunión realizada en Molina de Aragón, durante el III Congreso de Geología y Minería Ambiental, organizado en el Geoparque de la Comarca de Molina de Aragón y del Alto Tajo. Tras la realización del evento, se han adherido a la red siete espacios geológicos: parques geológicos, parques culturales, museos mineros, así como diversos proyectos. El objetivo principal es el de poder constituir un grupo de trabajo aglutinando todos los miembros iniciales y a los que se unan en un futuro, para dar a conocer y trabajar en equipo las figuras existentes para el estudio, conservación y desarrollo rural, de distintos espacios geológicos, que no sean geoparque.

Palabras clave: Geodiversidad, Parques Geológicos, Patrimonio Geológico, Patrimonio Minero, Red Ibérica.

Abstract: *The Iberian Network of Geological Spaces, has emerged recently, with the idea to establish a coordination between different geological parks, geological and miner parks and mining museums. This coordination has become applicable to similar territories including island Territories that exist in Portugal and want to join this network. The idea of this network appears after finding the need to coordination, following the first meeting held in Molina de Aragón during the III Congress of geology and mining environmental, organized in the Geopark of the Molina region of Aragón and the Alto Tajo, by SIGMADOT. After the event, seven geological areas have joined to the network: geological parks, cultural parks, mining museums, as well*

as, various projects. The main objective is to establish a working group comprised of members of the network, and those who join in in the future, to present and work on the existing figures of study, conservation and rural development, of different geological spaces, which are not Geopark.

Keywords: *Geodiversity, Geologic Parks, Geological Heritage, Iberian Network, Mining Heritage.*

INTRODUCCIÓN

En el territorio español (y también en el portugués), fruto de su geodiversidad y de las iniciativas de diversas instituciones, han ido surgiendo en los últimos años propuestas para la conservación del patrimonio geológico y para su aprovechamiento social, cultural, científico y turístico. La primera iniciativa surgió a finales de los años 1970, en la comarca de La Garrotxa (Girona), con una movilización para la protección de su zona volcánica que consiguió en 1982 la declaración de la Zona Volcánica de la Garrotxa como Paraje Natural de Interés Nacional. Posteriormente se crea en 1993, el Parque Geológico de Aliaga, localizado en la comarca turolense de las Cuencas Mineras y en pleno Sistema Ibérico.

Algunos años después, en 1996 se constituyó el Parque Geológico de Chera, situado en la comarca valenciana *dels Serrans*/los Serranos. Como el anterior, se halla situado en el Sistema Ibérico. En el presente siglo han surgido otras propuestas de parques similares y de entornos geológicos protegidos. El más reciente, en el año 2015, es el Parque Geológico de Costa Quebrada, localizado en Cantabria, en las cercanías de Santander, en pleno Sistema Cantábrico.

Durante todo este tiempo, y especialmente en los últimos años han ido surgiendo también iniciativas para la creación de parques Geológicos y Mineros, tales como el proyecto de Parque Geológico y Minero del Solsonés o el Museu de les Mines de Cercs, entre muchos otros.

Asimismo, en otros lugares y formando parte de diversas iniciativas, se ha ido valorando y aprovechando el Patrimonio Geológico, con objetivos similares a los de los Parques Geológicos, como ha ocurrido en algunos Parques Culturales de Aragón, como es el caso del Parque Cultural del Río Martín, en Ariño, provincia de Teruel.

Y también en otros lugares como en las Reservas de la Biosfera y en los museos mineros, se ha ido valorando cada vez más el Patrimonio Geológico y Minero, como es el caso del Museu de les Mines de Bellmunt del Priorat, en Tarragona.

Actualmente los entornos que gozan el reconocimiento de la UNESCO como Geoparque Mundial disponen de una red de coordinación. De forma similar y debido a la necesidad de relacionar y vincular el resto de entidades que afectan a entornos geológicos y mineros, se ha puesto en marcha la Red Ibérica de Espacios Geológicos, que de momento acoge a diversos centros españoles y portugueses peninsulares. El interés de esta red es el de agrupar y complementar los recursos de estos territorios.

OBJETIVOS DE LA RED IBÉRICA DE ESPACIOS GEOLÓGICOS

Los objetivos fundamentales de la Red Ibérica de Espaços Geológicos / Red ibérica de Espacios Geológicos, se centran en los siguientes aspectos

A) Establecer una red de coordinación abierta a todos los territorios que trabajen para la conservación

del Patrimonio Geológico (y del Patrimonio Minero) y su aprovechamiento social, para el desarrollo rural, independientemente de sus características organizativas.

B) Pueden formar parte de la red los Parques Geológicos, Parques Geológicos y Mineros, Museos Mineros, Parques Mineros y distintos lugares, con diferentes denominaciones, en donde se valore el Patrimonio Geológico, el Patrimonio Minero. Exceptuando a los territorios que formen parte de alguno de los Geoparques de la Red Global de la UNESCO.
C) Profundizar en la colaboración, sabiendo que existe una realidad de territorios estructurados bajo diferentes denominaciones, que no solo no se conocen suficientemente entre ellos, sino que la mayoría no se sustentan bajo una normativa homogénea y/o desarrollada.
D) Intercambiar experiencias entre los distintos territorios integrados en la red, creando un foro abierto a otros territorios que estén interesados en esta iniciativa.
E) Efectuar reuniones periódicas en cada uno de los territorios de red. La primera se efectuará en Ariño (Aragón, España), recogiendo la invitación del Parque Cultural del Río Martín. La idea y la propuesta es realizarla durante la próxima primavera
F) Profundizar en la realidad constatada de que no todos los territorios que quieran trabajar en el ámbito del estudio, conservación y desarrollo rural basado en los recursos naturales (y en concreto en los valores del Patrimonio Geológicos y del Patrimonio Minero) tienen la necesidad de desarrollar un proyecto de Geoparque
G) Establecer contactos con las sociedades españolas y portuguesas dedicadas a la defensa del patrimonio geológico y del patrimonio minero. En España, concretamente con la Comisión de Patrimonio de la Sociedad Geológica de España (CPG-SGE), la Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM) y la Societat Internacional de Geologia y Mineria Ambiental per el Desenvalupament i l´Ordenament del Territorio (SIGMADOT).
H) Asimismo, establecer contactos de colaboración con la red española y con la red portuguesa de geoparques de la UNESCO
I) Adoptar un logo para la red (Figura 1).



Figura 1. Logo de la Red Ibérica de Espacios Geológicos

TERRITORIOS INTEGRANTES DE LA RED

En estos momentos, la Red Ibérica de Espacios Geológicos está integrada por los siguientes territorios:

Parque geológico de Aliaga (Teruel)

Fue el primero en crearse en el territorio peninsular, concretamente en 1993. Se sitúa en la comarca de las Cuencas Mineras, (en donde hay otros espacios geológicos no integrados en esta red, como los Museos

Mineros de Escucha y de Utrillas). Se sitúa dentro el Geoparque del Maestrazgo, que hasta hace poco pertenecía a la red de geoparques de la UNESCO. En el Parque Geológico de Aliaga se reúnen numerosos LIG de gran interés (ver Figura 2A).

Parque geológico de Chera (Valéncia)

Fue el segundo parque geológico en crearse, en 1996. Se halla en la Comunidad Valenciana, concretamente en la comarca de Los Serranos. Tiene como objetivo el mostrar, divulgar y educar en el conocimiento de los rasgos geológicos de una fosa tectónica, desarrollada en una banda de cizalla transversal a las estructuras alpinas compresivas de la Rama Castellano-Valenciana del Sistema Ibérico (ver Figura 2B).

Parque geológico de Costa Quebrada (Cantabria)

Es un parque geológico muy joven, puesto que se constituyó en 2015. Se sitúa en la costa de Cantabria, cerca de Santander. Permite la observación de la sucesión Cretácico-Eoceno y destaca su valor para ilustrar procesos y rasgos geomorfológicos litorales, así como su gran belleza paisajística (ver Figura 3A).

Parque geológico de la sierra norte de Madrid, Valoja (valles del Lozoya y del Jarama) (Madrid)

Se trata de un parque geológico surgido desde la iniciativa de una asociación vecinal comarcal, que incluye materiales de las cuatro edades geológicas. El proyecto de Parque se está construyendo a través de paseos-taller mensuales en diferentes pueblos que se iniciaron en marzo de 2016. Se halla situado en la Comunidad de Madrid, en el contacto entre las sierras de Guadarrama y la sierra de Ayllon. Entre sus atractivos cabe mencionar el modelado erosivo sobre las rocas graníticas y sobre pizarras silúricas, la presencia de sistemas karsticos en dolomías cretácicas y complejos en yesos oligocenos y cárcavas pliocuaternarias, así como un rico Patrimonio Geológico y Minero (ver Figura 3B).

Parque cultural del río Martín (Teruel)

No se trata de un parque geológico, sino de un Parque Cultural en el que se valora en sumo grado el Patrimonio Geológico, junto al resto del Patrimonio Natural y del Patrimonio Cultural. Fue creado en 1995, regulado y reconocido en 1997 en base a la Ley de Parques Culturales y declarado y desde entonces ha apostado por todo el patrimonio en su contorno rural. Se halla en el Sistema Ibérico, distribuyéndose por tres comarcas aragonesas: Cuencas Mineras, Andorra – Sierra de Arcos y Bajo Martín (ver Figura 4A).

Museu de les Mines de Bellmunt del Priorat (Tarragona)

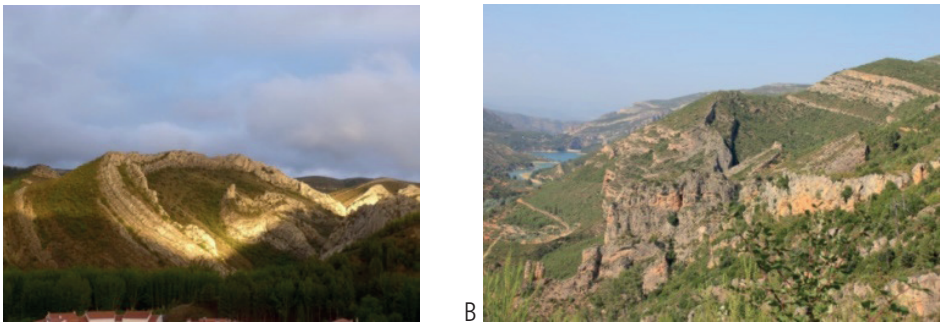
En este caso se trata de una zona eminentemente minera, relacionado con las antiguas explotaciones mineras de la Cuenca del Priorat, dedicadas al beneficio de las menas de plomo y de zinc. Ahí se centra un importante patrimonio minero y también un importante patrimonio geológico y cultural. Por lo que concierne al Patrimonio Minero, cabe mencionar las antiguas explotaciones mineras de Bellmunt del Priorat, en donde se sitúa el *Museu de les Mines de Bellmunt del Priorat*, relacionado con las mineralizaciones filonianas, encajadas en el Carbonífero de las Cadenas Costeras Catalanas. El Museo se halla abierto desde el año 2002 y forma parte del Sistema Territorial del Museu de la Ciència i la Tècnica de Catalunya (ver Figura 4B).

Parc Geològic i Miner del Solsonès, proyecto (Lleida)

Consiste en el proyecto de un parque geológico (y minero) que va avanzando poco a poco. Se halla situado en la comarca del Solsonès, de la Catalunya Central y a la vez de la Catalunya Pirenaica. Se ubica junto al Geoparc de la Catalunya Central (con el que limita) y del Proyecto del futuro Geoparc de la Conca de Tremp i del Montsec. En su seno se hallan multitud de LIG de gran importancia, como el que sirvió de base al Dr. Oriol Riba para definir el concepto de Discordancia Progresiva (ver Figura 4C).

CONCLUSIÓN Y PASOS FUTUROS

Los siete espacios geológicos iniciales de la red, van a trabajar en equipo para la defensa del Patrimonio Geológico y Minero en todos sus territorios, englobando esta defensa dentro del pleno desarrollo rural. La idea es llevar esta coordinación a otros espacios geológicos ibéricos (peninsulares e insulares), con el fin de ir incrementando estos objetivos. Va a ser una red abierta a las distintas iniciativas que vayan llegando, concordantes con nuestros objetivos. Precisamente, durante la confección y revisión de este escrito han mostrado su interés en entrar dentro de la Red, tres espacios más: *El Museu de les Mines de Cercs*, el *Parque Paleozoico de Valongo* y el *Museo Histórico-Minero Francisco Pablo Holgado, de Almadén.*



A B

Figura 2. A) La Olla, del Parque Geológico de Aliaga (Teruel); B) Coluvión mioceno, con parte de sus rasgos fisiográficos originales preservados, fosilizando la falla oriental de la fosa tectónica de Chera (Valencia).



A B

Figura 3. A) Canto del Diablo, Parque geológico de Costa Quebrada (Cantabria); B) Inmediaciones de La Cabrera. Parque geológico de la sierra norte de Madrid (Madrid).

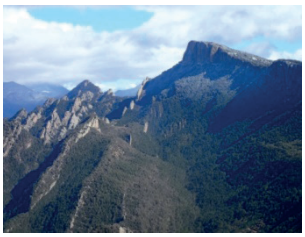
A  B  C 

Figura 4. A) Afloramiento del Bundsanstein, en el Parque Cultural del Río Martin (Teruel); B) Interior de las minas de Bellmunt del Priorat: C) Discordança progressiva de Busa-Bastets (Lleida).

AGRADECIMIENTOS

A los representantes de todos los espacios geológicos integrantes de la red y a los revisores de este trabajo.

REFERENCIAS

Aliaga. El primer parque geológico de España. Maestrazgo, asociación desarrollo, 8/2/2017, http://www.parquegeologicoaliaga.com

Asociación Va.Lo.Ja. Asociación vecinal y comarcal para el desarrollo de los valles de Lozoya y Jarama, 10/02/2017, http://www.asvaloja.wordpress.com

Bruschi, V., Gutiérrez, G., *et al.* 2016. "Costa Quebrada, Parque Geológico"; una iniciativa de la sociedad civil para la protección, promoción y utilización del patrimonio geológico. *Librillo de Actas, IV Congreso Inter. de Geología y Minería Ambiental para el Orden. Territor. y el Desarrollo.* Molina de Aragón, 103-104.

Costa Quebrada, ruta de la geodiversidad. Grupo de recuperación de Costa Quebrada, 21/02/2017, http://www.costaquebrada.com y www.facebook.com/costaquebrada

Escorihuela, J. 2016. El método de geodidáctica desarrollado en el Parque Geológico de Aliaga (Teruel): incorporación de edades más tempranas en la enseñanza de las ciencias de la tierra. *Publicaciones Didacticas,* 17: 46-52.

Mata-Perelló, J. M., Font, J., *et al.* 2000. Los Castilletes Mineros de la Comarca del Priorat (Región de Reus, Catalunya). *Actas del Primer Simposio sobre la Minería y la Metalúrgia Antigua en el SW Europeo*, Serós 2000, 6.10.479-484.

Mata-Perelló, J. M., Mata Lleonard, R., *et al.* 2010. Comarca del Bajo Martín. Datos para el conocimiento del Patrimonio Geológico de Aragón (Teruel). *Una visión interdisciplinar del Patrimonio Geológico y Minero. Cuardernos del Museo Geominero (IGME), 12, 125 - 128* .

Mata-Perelló, J.M., Restrepo, C., *et al.* 2003. La restauración del Salí de Cambrils. Su papel en la ruta de la sal y en el Parc Geològic i Miner del Solsonès – Alt Urgell (Pirineos, Catalunya). *Actas del Primer Congreso Internacional de Patrimonio Geominero, Geología y Minería Ambiental de Bolivia.* Potosí, 259 – 270.

Mata-Perelló, J. M., Bravo, F., *et al.* 2016. Recorrido geológico y minero el futuro *geoparque del Norte de Madrid*: *Valoja* desde Robregordo y desde la Acebeda a Horcajo de la Sierra y la mina de plata de bustarviejo. *En prensa. Revista Terra Endins, UPC. 14 pp.*

Museu de les mines de Bellmunt del Priorat. Ajuntament de Bellmunt del Priorat y Museu de la ciencia i la técnica de Catalunya. Xarxa de turisme industrial de Catalunya, Departament d'Innovació, Universitats i Empresa de la Generalitat de Catalunya y Ministerio de Indústria, Turismo y Comercio del Gobierno de España, 10/02/2017, http://www.minesbellmunt.cat /

Parque Cultural del Río Martin. Diputacion de Teruel, Parque cultural del Río Martin y Gobierno de Aragón, 23/02/2017, http://www.parqueriomartin.com

Parque Geológico de Chera. Ayuntamiento de Chera y Encherate, 22/02/2017, http://www.encherate.com/chera/parque_geologico.php

Santisteban, C. (2011). La estructura conceptual del Parque Geológico de Chera. *Avances y retos en la conservación del Patrimonio Geológico de España. Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España), León, 14-18 de junio de 2011,* 44 - 48.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

GUÍA GEOLÓGICA DEL PARQUE NACIONAL DE GARAJONAY E ISLA DE LA GOMERA

GEOLOGICAL GUIDE OF THE GARAJONAY PARK NATIONAL AND LA GOMERA ISLAND

Jose Luis Barrera[1], Ricardo García-Moral[2], Roberto Rodríguez-Fernández[3] y Raúl Mohedas-Guayerbas[2]

[1] Consultor, Madrid. barreramorate@gmail.com

[2] BIOSFERA XXI, calle Maratón, 6, 28037 Madrid. rgmoral@biosferaxxi.com, rmohedas@biosferaxxi.com

[3] IGME, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. lr.rodriguez@igme.es

Resumen: La guía geológica del Parque Nacional de Garajonay e isla de La Gomera, pertenece al programa de Guías Geológicas de los Parques Nacionales que el IGME y el Organismo Autónomo Parques Nacionales comenzaron hace quince años. Se estructura es como las tres guías anteriores (Teide, Timanfaya y Caldera de Taburiente), aunque en la de Garajonay se ha incluido toda la isla de La Gomera, debido a la pequeña superficie y escasa geodiversidad del parque nacional. Cinco capítulos principales, profusamente ilustrados con mapas, esquemas y fotografías, explican detalladamente los aspectos geológicos más relevantes de la isla, así como las nuevas hipótesis sobre el origen de Laguna Grande y el significado del pico de Garajonay.

Palabras clave: Guía geológica, islas Canarias, La Gomera**,** patrimonio geológico, Parque Nacional de Garajonay.

Abstract: *The Geologic Guide of National Park of Garajonay and La Gomera Island belongs to the program "Geological Guides of National Parks" launched fifteen years ago by the Geological and Mining Institute (IGME) and the Autonomous Organisation for National Parks of Spain. It is structured like the previous ones (Teide, Timanfaya, and Caldera de Taburiente) with the addition of the complete geology of the island, due to the scarce outcrops in the surface of the Park. The five main chapters are illustrated with maps, schemes, and pictures, explaining in detail the more relevant geological aspects of the island. It also incorporates the new hypothesis of the origin of "Laguna Grande" and the geological origin of the Garajonay Peak.*

Key words: Canary islands, geological guide, geological heritage, Nacional Park of Garajonay, La Gomera.

INTRODUCCIÓN

Desde el año 2002, el IGME y el Organismo Autónomo Parques Nacionales, están editando una colección de guías geológicas, denominada genéricamente "Guías Geológicas de Parques Nacionales" (Rodríguez Fernández, 2004). Estas guías cubren un vacío divulgativo en la difusión de los aspectos geológicos relevantes

para la ciudadanía no especializada. Es un aspecto que ha tardado en introducirse en la divulgación geológica española.

Hasta hace pocos años, la diversidad de la naturaleza se entendió preferentemente hacia la biodiversidad, quedándose los aspectos geológicos muy relegados en la difusión. La elaboración de estas guías está concebida como un manual de campo para la visita autoguiada de cada parque. Las guías van acompañadas de una serie de materiales recogidos en una exposición itinerante. Se trata así de fomentar el conocimiento de los aspectos geológicos más relevantes de los parques nacionales españoles. Con esta iniciativa se pretende convertir a los visitantes en geoturistas, de forma que después de la visita valoren y entiendan la importancia de los procesos geológicos en la vida cotidiana. Todo ello forma parte de una estrategia de geoconservación, orientada a la conservación del patrimonio geológico y la geodiversidad (Rodríguez Fernández y Díaz Martínez, 2012).

La primera guía editada fue la guía del Parque Nacional del Teide (hoy con una segunda edición en español y la primera en inglés), y la última la del Parque Nacional de Garajonay e isla de La Gomera. Un primer aspecto diferencial de esta guía es que no sólo se circunscribe al territorio del parque nacional sino que incluye toda la isla de La Gomera. Esto es así porque en la mayor parte de la superficie del parque nacional son muy escasos los afloramientos rocosos (Fernández, 2010); por ello, limitar el alcance de la guía al territorio estricto del parque, daba una visión incompleta del contexto geológico de la isla de La Gomera. Ante esta circunstancia, se decidió incluir el resto de la isla pues dada la situación geográfica del Parque Nacional de Garajonay, en él está representada únicamente la parte final o culminante del vulcanismo isleño que son los relieves más elevados de la isla, el pico Garajonay.

ESTRUCTURA Y CONTENIDOS DE LA GUÍA

La guía de Garajonay (Figura 1) se divide en cinco capítulos principales y dos pequeños apéndices (glosario y unas referencias bibliográficas). Un mapa exento con la geología completa de la isla, en una cara, y del parque nacional, en la otra, completan la información.

La guía tiene un primer capítulo dedicado a los conceptos generales del vulcanismo con muchas fotos, esquemas y dibujos ilustrativos. En él se explican el fenómeno el volcánico, los tipos de volcanes que hay y el funcionamiento de un volcán con sus materiales.

En el segundo capítulo se exponen las características geográficas y geológicas del archipiélago canario, explicando con profusión de fotos, mapas y dibujos, cómo fueron surgiendo las islas del fondo oceánico, a 4.000 m de profundidad, y elevándose a los 3.718 m de la cumbre del Teide. También dentro de este capítulo se describen las características geográficas generales de La Gomera destacando lo abrupto de su relieve.

El capítulo tercero se adentra ya en la geología específica de La Gomera y su proceso constructivo. Mapas en colores y sobre los modelos digitales de sombras (Figura 2), explican la distribución de las formaciones y unidades volcánicas que componen la isla. Siguiendo la escala estratigráfica general, se describen cada uno de los ciclos volcánicos que se dieron en la isla, junto a los correspondientes mapas de distribución espacial de cada uno de ellos.

La estratigrafía volcánica de La Gomera comprende tres grandes grupos: un primer conjunto de rocas plutónicas básicas y ¿submarinas? que se ha definido históricamente como un Complejo Basal. Sin duda, es la parte más antigua de la isla. Posteriormente, y sobre los materiales anteriores, se emiten en varios episodios, los primeros materiales subaéreos de la isla (el primer ciclo volcánico) que se disponen periclinalmente sobre el Complejo Basal marcando ya la geometría circular de La Gomera. Hace 5 Ma en el centro de la isla,

el régimen de emisiones cambio y desde la zona del pico de Garajonay comenzaron a emitirse coladas basálticas (2º ciclo volcánico) que, en la parte central, adoptaron una disposición horizontal, mientras que en las zonas periféricas se adaptaron a las pendientes primarias de las coladas del primer ciclo. La isla agrando su perímetro, pero siguió conservando su forma redondeada que la caracteriza. Una vez cesado el vulcanismo en el plioceno, la isla sufrió un intenso proceso erosivo continental y marino que modelo el relieve tan abrupto que se contempla hoy.

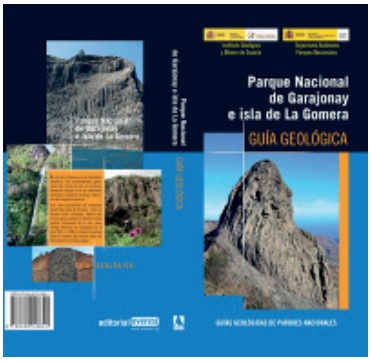


Figura 1. Portada de la Guía Geológica del Parque Nacional de Garajonay e isla de La Gomera.

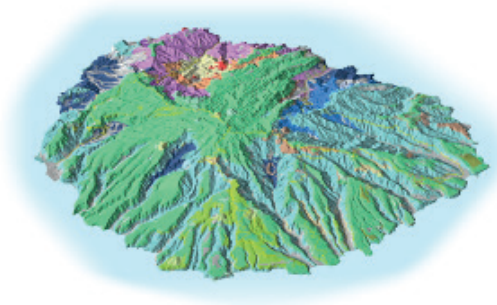


Figura 2. Mapa geológico de la isla de La Gomera.

Igualmente, en el segundo capítulo de la guía, se incluye un pequeño apartado histórico sobre los vulcanólogos pioneros que fueron descubriendo la geología de la isla, desde el siglo XIX hasta la actualidad. Entre otros se menciona al primer vulcanólogo español, Lucas Fernández Navarro. De suma importancia fue la labor del geólogo tinerfeño Telesforo Bravo que realizó el primer mapa geológico de la isla, en el año 1964. Como era obligado, se ha destacado también el trabajo y la figura de Carmen Rosa Cubas Padilla, la primera geóloga gomera, y también del archipiélago, que realizó su tesis doctoral sobre los materiales sálicos de la isla (Cubas, 1978a y 1978b).

En el capítulo cuarto, se describen las características geográficas y geológicas del parque nacional, señalando la procedencia del topónimo Garajonay y relatando la leyenda de los amantes Gara y Jonay. Entre las características geológicas principales destacan los grandes roques que simbolizan la imagen del parque.

Los itinerarios

El capítulo quinto incluye todos los itinerarios propuestos para el conocimiento de la geología de la isla. Son 12 itinerarios que cubren todos los aspectos geológicos relevantes del parque y de la isla. Hay algunos que son para caminar, otros en coche, otros mixtos y, como novedad, hay uno en barco. Aquellos itinerarios que están dentro del parque respetan los senderos oficiales que hay señalados.

El itinerario 1 se realiza en barco desde Valle Gran Rey al roque de Los Órganos. En este caso, el itinerario comprende una panorámica geológica de toda la costa (Figura 3), en la que se puede observar, entre otras cosas, el retroceso tan importante del litoral y los abundantes desprendimientos existentes. La llegada al roque sálico de Los Órganos es un auténtico espectáculo (Figura 4).

Del resto de itinerarios habría que destacar el número 4 del barranco de La Laja, donde afloran grandes diques basálticos de dimensiones kilométricas: las "taparuchas".

El itinerario 6 comprende el Monumento Natural de Los Roques, los cuatro roques sálicos más emblemáticos del parque (Figura 5) entre los que se encuentra el roque de Agando, verdadero símbolo del Parque Nacional de Garajonay.

En el itinerario 10, se baja por la cascada de El Chorro de 170 metros de desnivel desde el límite del parque hasta el valle de Hermigua.

Por último, hay que señalar las nuevas hipótesis sobre Laguna Grande y el Pico de Garajonay que se tratan en el itinerario 11. Ya en 1862, el geólogo alemán von Frisch, decía de Laguna Grande: "En la alta meseta central y en medio del bosque de El Cedro, está también lo que queda de un antiguo cráter, con un diámetro de 250 pasos, rodeado por una baja pared rocosa y que presenta un suelo llano y desprovisto de vegetación". También el geólogo Fernandez Navarro, en 1918, lo interpretó como el centro explosivo más importante de la isla. Ninguno de los dos llegó a decir que su origen se debía a una gran explosión hidromagmática.

Por su parte, el Pico de Garajonay y su entorno forman parte de la zona más elevada de toda la superficie que ocupan los basaltos horizontales. Es, por tanto, un área de emisiones, aunque la vegetación del bosque de laurisilva impide ver la estructura de los materiales. Sin embargo, la visión que ofrece el modelo digital de sombras se ve que el Pico de Garajonay forma parte de una arista curva del tipo borde de caldera. Es, simplemente, el punto más alto de un borde de caldera volcánica del que debieron salir importantes cantidades de lava basáltica.



Figura 3. Perfil geológico de la costa oeste de la isla de La Gomera, entre Valle Gran Rey y el Roque de Los Órganos (Itinerario 1 en barco).



Figura 4. Disyunción columnar del Roque de Los Órganos.



Figura 5. Panorámica del Monumento Natural de Los Roques.

CONCLUSIONES

La edición de la Guía Geológica del Parque Nacional de Garajonay e isla de La Gomera supone una contribución al conocimiento geológico del Parque Nacional, y está dirigida a todos los públicos que se interesen por la Geología, en especial por la Vulcanología.

Se han aportado dos nuevos mapas geológicos, uno del territorio del parque nacional y otro de toda la isla, simplificados y con afán divulgativo, para la mejor comprensión de las formaciones geológicas y el modelo evolutivo del relieve (Barrera Morate y García Moral, 2011). Para facilitar la comprensión por un público no especializado, se ha sustituido el clásico mapa topográfico, de difícil comprensión, por un modelo de sombras elaborado a partir de datos LIDAR. Los itinerarios propuestos mantienen la red de itinerarios oficial del parque con el objetivo de contribuir a la conservación de este espacio natural.

La pertenencia de la isla de La Gomera a la Red Española de Reservas de la Biosfera, hace que esta guía pueda servir como contribución a una futura integración del patrimonio geológico en la gestión de la misma.

En un momento en que en las islas Canarias se están produciendo fenómenos que parecen querer despertar la inactividad de sus volcanes, una guía como ésta es muy bien recibida, pues da la claves para entender en La Gomera, cómo se disponen espacial y temporalmente las erupciones volcánicas desde hace unos 4 Ma hasta la actualidad.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la dirección y al personal del Parque Nacional su apoyo para la realización de esta guía, especialmente a su director Ángel Fernández y al subdirector Antonio Zamorano.

REFERENCIAS

Barrera Morate J. L. y R. García Moral. 2011. Mapa Geológico de Canarias. *Grafcan.* Santa Cruz de Tenerife.

Cubas, C. R. 1978a. Estudio de los domos sálicos de la isla de La Gomera. Islas Canarias. I. Vulcanología. *Estudios Geológicos*, 34, 53-70.

Cubas, C. R. 1978b. Estudio de los domos sálicos de la isla de Gomera. Islas Canarias. II. Geoquímica. *Estudios Geológicos*, 34, 107-128.

Fernández, A. 2010. Parque Nacional de Garajonay. Patrimonio Mundial. *Organismo Autónomo de Parques Nacionales.* Madrid, 710 pp.

Rodríguez Fernández, L. R. 2004. Las Guías Geológicas de Parques Nacionales. Objetivos, contenidos y metodología. *Geo-Temas*. 6 (4), 45-47.

Rodríguez Fernández, L. R. y Díaz Martínez, E. 2012. Estrategias y actuaciones para la divulgación del patrimonio geológico en la Red de Parques Nacionales. *Geo-Temas*, 13, 400.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

GUÍA GEOLÓGICA DEL PARQUE NACIONAL DE SIERRA NEVADA: UN RECURSO DIDÁCTICO Y DIVULGATIVO PARA EL VISITANTE

GEOLOGICAL GUIDE OF THE SIERRA NEVADA NATIONAL PARK: AN EDUCATIONAL AND INFORMATIVE RESOURCE AT THE SERVICE OF VISITORS

Ana B. Pérez-Muñoz[1], Roberto Rodríguez-Fernández[2], Miguel Villalobos-Megía[1], Antonio Pedrera [2] y Juan C. RubioCampos[3]

[1] NUBIA CONSULTORES, Pedro Antonio de Alarcón 34, 1º-10, 18002 Granada.
anabelenperez@nubiaconsultores.es, miguelvillalobos@nubiaconsultores.es

[2] IGME, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. lr.rodriguez@igme.es, a.pedrera@igme.es

[3] IGME, Urb. Alcázar del Genil, 4-Edif. Zulema, Bajo. 18006, Granada. jc.rubio@igme.es

Resumen: El Instituto Geológico y Minero de España y el Organismo Autónomo Parques Nacionales, iniciaron en el año 2002 una colección de Guías Geológicas de Parques Nacionales de carácter didáctico y divulgativo. El objetivo de esta actuación atender la creciente demanda social de información geológica, pedagógicamente accesible para un público general, sobre los paisajes y elementos geológicos destacados de los excepcionales escenarios naturales que ofrecen estos espacios protegidos. Sierra Nevada es el noveno volumen de la serie y contiene una descripción de las principales unidades involucradas en la estructuración del macizo, en el contexto de la formación y evolución de la Cordillera Bética, así como de los procesos recientes y actuales que intervienen en su modelado, especialmente del glaciarismo cuaternario. El Parque Nacional cuenta con una nueva herramienta para la divulgación de su geología y para la inclusión de estas actividades en el resto de las iniciativas de puesta en valor del medio natural.

Palabras clave: Geodiversidad, geoturismo, Parque Nacional de Sierra Nevada, patrimonio geológico.

Abstract: *The Geological Survey of Spain and the Autonomous National Parks Agency, started a geological guide collection focused on the Spanish National Parks in 2002 year. The main objective is to satisfy a growing social demand of geological information about landscapes and other geological elements that configure these outstanding protected areas. Sierra Nevada is the ninth volume of the series and contains a didactic description of the geology and the processes involved in the development of the massif in the context of geological evolution of the Betic Cordillera. Several geomorphological processes sculpted the landforms particularly during Quaternary glacial events. The National Park has a new tool for the dissemination of its geological heritage that contributes to a sustainable development of this valuable space.*

Key words: *geodiversity, geological heritage, geoturism, Sierra Nevada National Park.*

INTRODUCCIÓN

Aunque en la mayor parte de los Parques Nacionales españoles no se ha considerado el patrimonio geológico como tal en su declaración, muchos de ellos incluyen una buena representación de la geodiversidad española (Ley 5/2007 de la Red de Parques Nacionales y 30/2014 que la modifica). Este patrimonio es un recurso para el visitante, pero para su aprovechamiento y disfrute, requiere de material divulgativo de índole geológica, pedagógicamente asequible para el público general. En este trabajo se presenta una nueva guía geológica, la del Parque Nacional de Sierra Nevada, situado en el corazón de la Cordillera Bética. La publicación se enmarca dentro de una actuación conjunta del Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y del Organismo Autónomo Parques Nacionales (OAPN) para la elaboración una colección de guías geológicas, denominada genéricamente ¨Guías Geológicas de Parques Nacionales¨ (Rodríguez Fernández, 2004), con señas de identidad propias, tanto en contenidos como en maquetación y edición. Esta iniciativa se produce en unos momentos en el que la preocupación por la protección y divulgación del patrimonio geológico ha aumentado notablemente; asimismo se ha detectado una creciente demanda de guías y mapas (Salas Martin, *et al*, 2002; Gómez Ortíz, *et al*, 2002; Villalobos Megía, *et al*, 2006; Braga Alarcón, *et al*, 2008) que sirvan para un mejor conocimiento del paisaje natural. La función divulgativa y de difusión del conocimiento que pretenden estas guías geológicas, aprovecha la espectacularidad de estos espacios naturales protegidos con la marca de calidad que aportan, que sirve como foco de atracción para un público numeroso y variado.

La elaboración de estas guías está concebida como un manual de campo para la visita autoguiada de cada parque. Las guías geológicas van acompañadas de una serie de materiales divulgativos acompañantes recogidos en una exposición itinerante, o en paneles en campo. Se trata así de fomentar el conocimiento del patrimonio geológico de los parques nacionales españoles, así como de su geodiversidad (Rodríguez Fernández, 2011). Con esta iniciativa se pretende convertir a los más de 700.000 visitantes del parque de simples turistas amantes de la naturaleza, en geoturistas, de forma que después de la visita valoren y entiendan la importancia de los procesos geológicos en la vida cotidiana y aprendan a observar al Planeta Tierra como un planeta vivo y en constante cambio. Todo ello forma parte de una estrategia de geoconservación, entendiendo por tal la planificación de acciones orientadas a la conservación del patrimonio geológico y la geodiversidad (Rodríguez Fernández y Díaz Martínez, 2012).

El objetivo fundamental de la Guía Geológica del Parque Nacional Sierra Nevada es dar a conocer a un público con diferente grado de formación la geología de este espacio natural protegido e ilustrarle de forma didáctica sobre la evolución geológica de la Cordillera Bética en su conjunto. La guía incorpora dos mapas a todo color, impresos en las solapas: el mapa geológico (Figura 1) representado sobre un modelo digital del terreno y un mapa de itinerarios geológicos sobre la misma base.

Esta guía puede adquirirse en los servicios de publicaciones del IGME y OAPN, en los Centros de Visitantes del propio parque y en las librerías de la zona, así como en las webs de librerías especializadas en naturaleza, que la envían al usuario a su domicilio. Con el fin de divulgar de una forma más adecuada esta iniciativa, se ha construido un sitio web en el que se pueden visualizar en formato de libro electrónico todos los contenidos de esta guía y de las del resto de la colección: http://www.igme.es/LibrosE/GuiasGeo/libros.htm. Esta página web y sus contenidos ha recibido una Mención de Honor en la convocatoria de los premios Ciencia en Acción de 2014 de la Caixa, en la categoría de: ¨Materiales didácticos en soporte no interactivo.

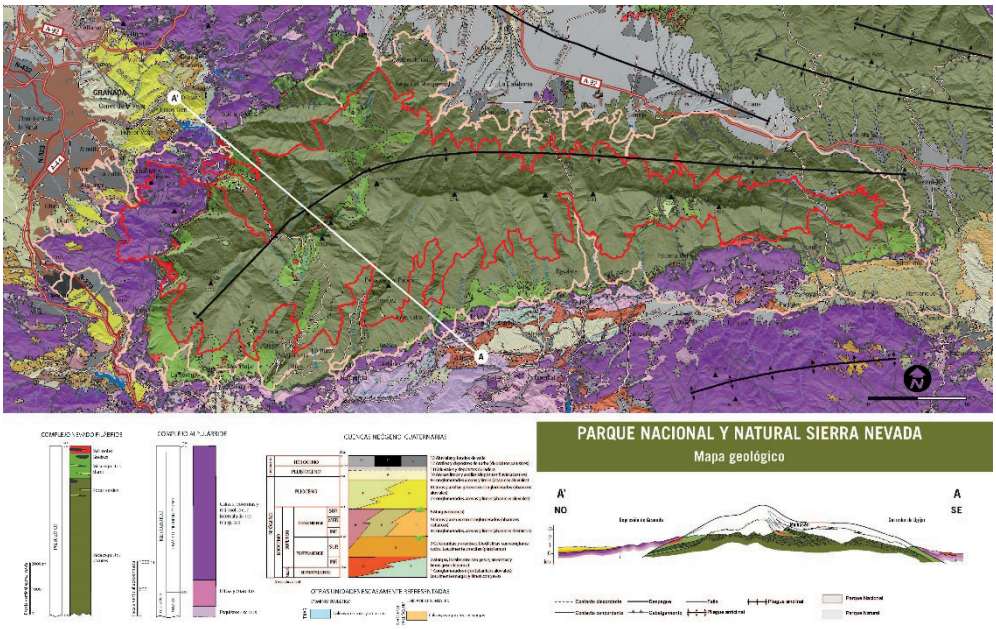


Figura 1. Mapa geológico del Parque Nacional y Natural de Sierra Nevada.

ESTRUCTURA Y CONTENIDOS DE LA GUÍA GEOLÓGICA DEL PARQUE NACIONAL DE SIERRA NEVADA

La Guía Geológica del Parque Nacional de Sierra Nevada, mantiene la estructura de la colección. La primera parte adentra al lector en determinados conceptos básicos de Geología. Se intenta con ello facilitar la comprensión del contexto geológico mediante la introducción de conceptos geológicos generales, tratando así de aproximar más los contenidos a la observación directa del visitante, e intentar alejarlos del efecto "libro de texto" que puede provocar rechazo en algunos de los potenciales lectores. Además de una aproximación a la escala del tiempo geológico, se describe el ciclo de las rocas, su relación con los fenómenos de tectónica global que dan origen a los continentes y los mecanismos de deformación que han dado lugar al levantamiento de la Cordillera Bética, como resultado de la colisión de la placa tectónica de Alborán y la europea. Este apartado concluye con un análisis del paisaje actual como reflejo del sustrato geológico; de este modo se aprovecha la clara expresión de la constitución geológica del parque en el paisaje para introducir el concepto de mapa geológico. Se presta especial hincapié a la explicación de los procesos de glaciarismo y periglaciarismo, cuyas formas son también presentadas en el mapa geomorfológico que acompaña a la guía.

La segunda parte introduce la Cordillera Bética. El Parque Nacional de Sierra Nevada constituye el corazón geológico de la Cordillera Bética, donde afloran las rocas más antiguas. El macizo de Sierra Nevada conforma el núcleo de las Zonas Internas Béticas. Es imposible abarcar el significado geológico del relieve de Sierra Nevada si no se contextualiza en la formación y evolución del orógeno bético. Se abordan así los rasgos más sobresalientes de la cordillera, la descripción y el significado paleogeográfico de sus grandes unidades geológicas, su origen y su evolución.

La tercera parte se centra definitivamente en el macizo de Sierra Nevada y aborda con una escala de mayor detalle la descripción de sus características geológicas. Sierra Nevada, además de la belleza de sus paisajes, brinda la oportunidad de observar varios aspectos geológicos muy interesantes, no sólo las sucesiones de rocas y sus deformaciones tectónicas para construir las montañas (Figura 2) o los fenómenos más recientes que las han afectado, como el glaciarismo, la relación entre el macizo y las cuencas neógenas marinas periféricas contribuyen a interpretar la evolución paleogeográfica del mediterráneo en los últimos 8 millones de años (Figura 3). Se describe así en primer lugar la sucesión estratigráfica y el registro de los eventos geológicos registrados, con bastante énfasis en el origen tectónico del macizo y su evolución. Se incluye un capítulo dedicado a la descripción del amplísimo espectro litológico de Sierra Nevada y otro al registro fósil, de interés en la fauna de los sedimentos neógenos que orlan el macizo. La parte final de este bloque está dedicada a los procesos más recientes que han conformado el paisaje actual. Se aborda la descripción de los procesos glaciares, que modelaron las cumbres del parque durante el Cuaternario (Figura 4), y periglaciares, de gran intensidad en la actualidad. El capítulo dedicado al karst aborda los peculiares procesos de karstificación sobre la orla de dolomías alpujárrides que produce el cierre occidental del macizo. La minería histórica de Sierra Nevada, de la que queda un interesante legado arqueo-industrial, tiene también un capítulo específico.

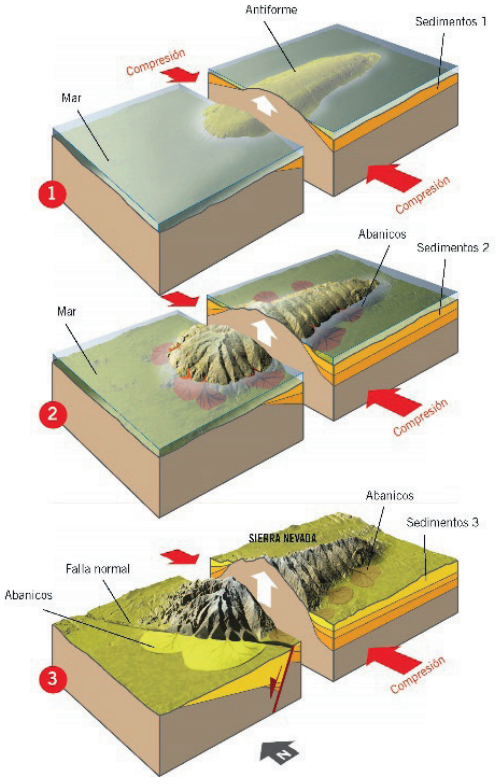


Figura 2. Esquema simplificado de elevación de Sierra Nevada y posterior desmantelamiento.

La cuarta parte está formada por los itinerarios que recorren el parque nacional (Figura 5). Se han escogido diez, tomando como criterio principal la facilidad de acceso y su popularidad, así como la calidad de las observaciones geológicas. Cada uno está identificado con un color, tanto en el mapa como en la descripción del itinerario. Cada itinerario se inicia con iconos que informan sobre la tipología del elemento de observación, tipo de acceso (a pie, bicicleta o coche) y su dificultad, un resumen y una breve descripción. Otro símbolo representado por un martillo que, con su color, nos indica el grado de dificultad para la comprensión del término o del itinerario. En cada itinerario se sigue la misma estructura, con una introducción acompañada de un bloque diagrama del mapa geológico y de la ortoimagen, e información sobre su longitud, dificultad y tiempo de recorrido. Tras esta introducción se describen las diferentes paradas, etiquetadas según su temática de interés y grado de dificultad del concepto expuesto. Por último, se ha elaborado un glosario de los términos geológicos más comunes utilizados en la guía, una lista con la bibliografía básica para profundizar más y un listado de direcciones de interés para el visitante a las que se accede mediante códigos QR.

La edición impresa, a todo color, tiene el formato estándar de una guía turística (12 x 23 cm) y contiene una gran cantidad de ilustraciones, entre fotografías y esquemas geológicos. También se incluyen diversos cuadros de texto en donde se explican aspectos singulares relacionados con el macizo de Sierra Nevada.

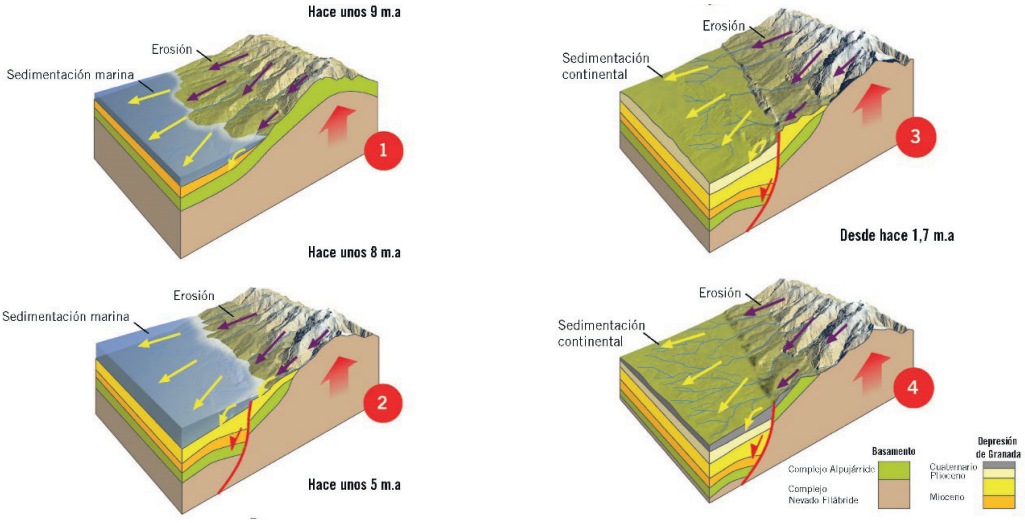


Figura 3. Esquema del desmantelamiento de Sierra Nevada y las unidades conglomeráticas asociadas.

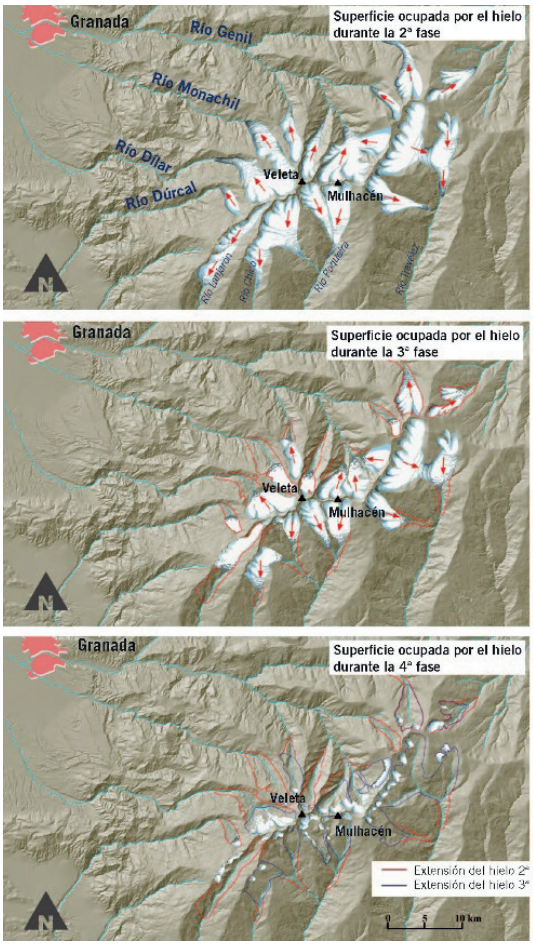


Figura 4. Evolución de los glaciares de Sierra Nevada.

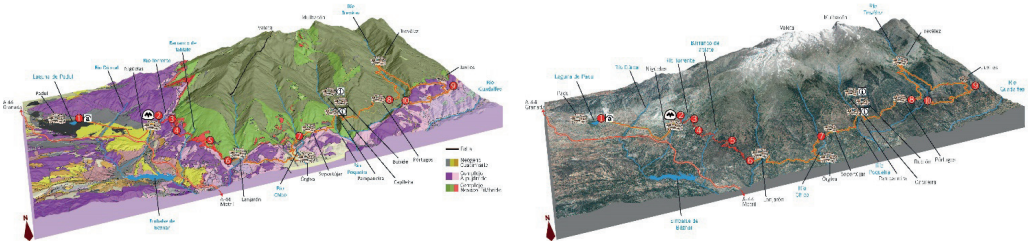


Figura 5. Bloque diagrama del recorrido del itinerario 4 sobre el mapa geológico y sobre la ortoimagen.

CONCLUSIONES

La edición de la Guía Geológica del Parque Nacional de Sierra Nevada, supone una contribución didáctica y divulgativa al conocimiento geológico del parque nacional y está dirigida a todos los públicos que se interesen por la Geología, y que no posean formación especializada sobre estas temáticas.

Se han aportado dos nuevos mapas, geológico de todo el territorio del parque nacional y geomorfológico de las altas cumbres, simplificados con afán divulgativo, para la mejor comprensión de las formaciones geológicas y el modelo evolutivo del relieve.

Los itinerarios propuestos mantienen la red de itinerarios oficial del parque nacional con el objetivo de contribuir a la conservación de este espacio natural de tanta relevancia geológica.

AGRADECIMIENTOS

Al director del Parque Nacional de Sierra Nevada, así como al personal del parque por su inestimable ayuda. A los sucesivos directores y subdirectores del OAPN por apoyar esta iniciativa para hacerla realidad.

REFERENCIAS

Braga Alarcón, J. C.; Gómez Pugnaire, M. T., y Martín Martín, J. M. 2008. *Itinerarios Geológicos por Sierra Nevada: Guía de campo por el Parque Nacional y Parque Natural de Sierra Nevada*. Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, 267 pp.

Galindo Zaldívar, J.; Jabaloy Sánchez, A., y Sanz De Galdeano, C. 2008. *Guía Geológica* Diputación de Granada, Universidad de Granada, Granada, 189 pp.

Gómez Ortiz, A.; Shulte, L; Salvador Franch, F.; Sánchez-Gómez, S. y Simón Torres, M., 2002. *Mapa Geomorfológico de Sierra Nevada. Morfología glaciar y periglaciar Sierra Nevada, Parque Nacional*. Junta de Andalucía – Universitat de Barcelona, 86 pp.

Rodríguez Fernández, L.R. (2004): Las Guías Geológicas de Parques Nacionales: objetivos, contenidos y metodología. *Geo-Temas*, 6(4): 45-47.

Rodríguez Fernández, L.R. (2011): Las guías geológicas de Parques Nacionales: un ejemplo de divulgación del patrimonio geológico. En: Avances y retos en la conservación del Patrimonio. Geológico en España. (E. Fernández-Martínez y R. Castaño de Luis, Eds.) *Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España).* León: 235-238.

Rodríguez Fernández, L.R. y Díaz Martínez, E. (2012): Estrategias y actuaciones para la divulgación del patrimonio geológico en la Red de Parques Nacionales. *Geo-Temas*, 13: 400.

Salas Martín, R; Cañete Pérez, J.A.; Jiménez Terrón, I. y Villalobos Megía, M., 2002 Guía de Visita del Parque Nacional de Sierra Nevada. Organismo Autónomo de Parques Nacionales, 280 pp.

Villalobos Megía, M.; Pérez Muñoz Ana B. y Braga Alarcón, Juan C., 2006. Sierra Nevada y entorno. En: *Geodiversidad y Patrimonio Geológico de Andalucía. Itinerario Geológico por Andalucía. Guía didáctica de campo.* Consejería de Medio Ambiente. Junta de Andalucía, 115-136 pp.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

PROYECTO TERRARUM: UNA INICIATIVA DIDÁCTICA Y DIVULGATIVA EN EL VALLE DE ORDESA

TERRARUM PROJECT: A TEACHING AND INFORMATIVE INICIATIVE IN ORDESA VALLEY

P. Infante[1], G. Meléndez[2], M.P. Julián[1], A. Núñez[2] y M. Tomás[2]

[1] Gobierno de Aragón. Paseo Mª Agustín 36, 50003 Zaragoza. pinfante@aragon.es, mpjuliana@aragon.es

[2] Depto Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza. C./ Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza.
gmelende@unizar.es, alizia_zgz12@hotmail.com, marta_zgz10@hotmail.com

Resumen: Los medios audiovisuales tienen una clara influencia en la forma en la que se asimilan los conocimientos hoy en día, resultando indudablemente más accesibles que los métodos tradicionales de impresión escrita. El Proyecto Terrarum pretende aumentar el interés por la geología del público que no está familiarizado con ella; descubriendo, a través de documentales de corta duración, una visión sencilla y global de distintos ecosistemas y de la influencia de la geología en cada uno de ellos. El documental que aquí se presenta muestra un recorrido por el interior del Valle de Ordesa, en el Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido, donde se interpreta el paisaje a través de las formaciones, el relieve y las especies que actualmente viven allí. Además del espectacular modelado glaciar, se presta especial atención a la información geológica y paleontológica que revela detalles sobre la evolución de la Cordillera Pirenaica, constituyendo una evidencia clara de los complejos procesos geológicos que han tenido lugar hasta alcanzar la forma actual de la cadena montañosa.

Palabras clave: Divulgación científica, Documental, Geología, Ordesa, Patrimonio geológico.

Abstract: *Video media have a solid impact on the way people acquire the knowledge nowadays, being more accessible than traditional written strategies. The Terrarum Project, comes out as a teaching spreading way to show some key geological aspects of the Earth in a simple accessible way. The main purpose of the project is to create a series of documentaries to show the geology to the population, which is usually not familiar with geology or geological problems, discovering an overall and simple vision of the different ecosystems where geology takes an active part. The present documentary shows a geological fieldtrip around a part of the central Pyrenees (NE Spain) in the area of the National Park of Ordesa-Monte Perdido. Besides the impressive beauty of the glacial relief, special attention is paid to those geological and palaeontological processes that supply detailed information about the geological evolution of the Pyrenean range, which constitute clear evidence of the complex geological processes that have led to the present day structure of this mountain range.*

Key words: *Documentary, Geological heritage, Geology, Ordesa, Scientific teaching.*

INTRODUCCIÓN

Acercar la ciencia a la sociedad y hacer interesante el conocimiento científico al público en general, especialmente en materias que requieren de conceptos técnicos para su comprensión conlleva una gran dificultad. En este punto es donde la geología tiene una manifiesta desventaja, no sólo porque requiere tiempo de asimilación de conceptos sino porque éstos suelen ser difíciles de inferir sin una visita de campo, sin unos conocimientos previos o sin una explicación que haga sencilla su comprensión.

Los medios audiovisuales están sufriendo un llamativo desarrollo especialmente en canales online como Youtube o Vimeo. Se han convertido en una de las principales fuentes de información y en uno de los métodos de aprendizaje de materias muy diversas, con el valor añadido de que generalmente son gratuitos y producidos de manera sencilla y fácilmente comprensible. Es por esto por lo que su utilización como vía de divulgación científica tiene cada vez más éxito, pudiendo encontrarse en Internet vídeos casi sobre cualquier disciplina.

Terrarum nace como un proyecto de divulgación que desea aunar en un mismo documental información de distintos campos de las Ciencias, aunque con un intencionado carácter geológico como base para explicar la historia que ha vivido una parte de la Tierra, la configuración de su paisaje y su influencia sobre el ecosistema actual. En definitiva, integrar el patrimonio geológico con otros elementos del patrimonio natural e histórico.

ANTECEDENTES

Existen diversos audiovisuales que hacen referencia a los Pirineos, al Parque Nacional o a alguna parte en concreto del mismo. La duración media ronda los 15 minutos y suelen incluir imágenes espectaculares, tomadas desde medios aéreos. Habitualmente son grabados con voz en off, es decir, usando un narrador o locutor. En el caso de que aparezca alguna persona físicamente en el vídeo, no suele dirigirse directamente a la cámara, sino al entrevistador o a su acompañante, si lo hay.

Se pueden destacar trabajos como los desarrollados en los últimos años por RTVE en su programa Comando Actualidad "Patrimonio de la Humanidad. Parque Nacional de Ordesa"; por la Comarca del Sobrarbe y el Parque Nacional de los Pirineos (colaboración entre Francia y España) "Historia geológica de Pirineos-Monte Perdido"; o por la Unidad de Cultura Científica y de la Innovación (UCC+I) de la Universidad de Zaragoza a través de su Taller de Guión y Producción de Documental Científico "Pyrene, mito y ciencia".

Además de éstos, en particular en la plataforma Youtube existen innumerables vídeos sobre el Parque Nacional o el Valle de Ordesa de distinta complejidad aunque casi siempre recurriendo al uso de un narrador.

OBJETIVOS

El Proyecto Terrarum nace con la intención de producir audiovisuales de corta duración que incluyan información compleja expuesta de manera sencilla, tratando de seguir los principios propuestos por Tilden (1957; en castellano 2006) en lo que se refiere a relacionar la información que se ofrece, revelándola y mostrándola como un todo. Además, pese a tener una clara intención didáctica, el Proyecto busca provocar la curiosidad, que la información presentada no ofrezca todas las respuestas y deje espacio para que el espectador se formule más preguntas.

Además, esta interpretación debe ser amena, pertinente, ordenada y temática (Ham, 1992). Partiendo de estos principios, los principales objetivos de este proyecto incluyen:

- Favorecer el interés por la geología.
- Mostrar el papel de los procesos geológicos en la existencia de un espacio determinado.
- Ayudar a percibir las relaciones que existen entre los diferentes factores del medio natural.
- Promover el respeto por el patrimonio natural.

METODOLOGÍA

Criterios para la selección de la zona, las rutas y el formato

Para promover el interés por la geología entre quien tal vez nunca ha estado en contacto con ella, se elige un entorno conocido y atractivo, como es el valle de Ordesa, y en él se plantea un recorrido en clave de descubrimiento por el sector más visitado del mismo.

Aunque inicialmente se pensó en un guión con un formato diferente, a modo de pequeñas intervenciones en ubicaciones concretas del Valle donde se explicaran conceptos geológicos o botánicos determinados, finalmente se optó por un guión más dinámico con un principio y un final en la Pradera y un destino claro en la Cola de Caballo, es decir, una ruta circular. Se plantea el ascenso por la Faja Pelay y la bajada por el interior del Cañón, el sendero más conocido y transitado. De este modo, se favorece mantener la atención del espectador que, si ha visitado anteriormente el parque, conoce y espera la siguiente parada en el camino. Y si no es así, se desplaza con la persona que realmente está haciendo esa ruta descubriendo con ella el entorno. Todo esto para transmitirle que es partícipe del recorrido mientras se le revela el paisaje desde un punto de vista interpretativo, con datos específicos sobre geología, botánica o historia.

La ruta elegida muestra dos visiones diferentes del Valle: la subida por la senda de los cazadores permite mostrar, al llegar al mirador de Calcilarruego, las formaciones geológicas más representativas; el recorrido por la Faja Pelay ofrece una buena perspectiva del valle en su conjunto; y desde el paso de clavijas se puede reconocer el perfil característico de los valles glaciares. De otra parte, el regreso por el interior del cañón muestra detalles concretos de la vegetación, la fauna, las rocas y el río; se observa la acción fluvial y las condiciones ambientales que de ella se derivan. Así, la ruta escogida favorece la sucesión de acontecimientos, especialmente a la hora de describir un modelado glaciar seguido de uno fluvial.

Algunas de las zonas donde se rodaron las intervenciones para cada uno de los temas seleccionados habían sido escogidas con anterioridad en visitas previas al Valle. Así, estaban previstas tomas en el Mirador de Calcilarruego, en la Faja Pelay, en el paso de clavijas o en el afloramiento de restos fósiles de rudistas. Otras localizaciones se eligieron durante el rodaje en función de la disposición de buenos ejemplares de flora rupícola. También las cascadas fueron lugares imprescindibles de rodaje, así como los bosques.

Duración

Para lograr los objetivos planteados se consideró suficiente una duración de 15 minutos. No obstante, como se priorizó mantener el contenido y conservar el ritmo, finalmente se han alcanzado los 17 minutos y medio, que se distribuyen primero en una presentación del Parque Nacional, seguida de una breve explicación de la historia geológica del Valle tras la cual comienza la ruta con destino a la Cola de Caballo que finaliza de nuevo en la Pradera, con una reflexión de despedida.

Se incluyeron ciertos recursos, como transiciones o planos de detalle que estuvieran carentes de contenido literal, a modo de abstracción entre una intervención y otra. Así, el espectador tendría tiempo para asimilar los conceptos expuestos y disfrutar del entorno que ofrece el Valle.

Selección de temas

Para redactar el guión era necesario establecer el contenido, la forma de introducirlo y el lugar de grabación. También era preciso mantener un orden para que el vídeo resultara didáctico y dinámico. Además, el audiovisual no debía dejar de resultar atractivo ni tampoco perder el ritmo.

No sólo se deseaba hablar de conceptos geológicos o biológicos, sino de la relación que existe entre los distintos factores que condicionan un ecosistema, pero sin citar específicamente los objetivos. Así se favorecía que el recorrido fuera, como se ha dicho anteriormente, en clave de descubrimiento.

Se decidió que los contenidos fueran, al menos:

- Figuras de protección del PNOMP.
- Introducción a la evolución tectónica de la cordillera
- Principales rasgos geomorfológicos del espacio.
- Mención y descripción somera de los rudistas
- La relación entre:
  - la geoquímica del suelo y el desarrollo de determinadas especies vegetales
  - la disposición de las formaciones geológicas y el relieve actual
  - la situación geográfica y el clima
  - las condiciones climáticas, el relieve y la vegetación
- Ejemplos de vegetación rupícola.
- Datos históricos relativos a la figura de Ramond de Carbonnières.
- Origen de algunos de los topónimos más relevantes.
- Evidencias de los cambios climáticos acontecidos.
- Buenas prácticas dentro del Parque; la conservación del patrimonio natural.

Lenguaje y público destinatario

Como ya se ha avanzado, el Proyecto Terrarum desea llegar a todo tipo de público, esencialmente a aquel que no está demasiado familiarizado con la geología o no se encuentra atraído por ella. No obstante, dado que tiene un marcado carácter didáctico, se optó por utilizar terminología que pudiera ser comprendida por alumnos de Educación Secundaria Obligatoria (E.S.O).

Fundamentalmente las explicaciones son sencillas y concretas. Se recurre a comparaciones con objetos conocidos pues la información que tiene una relevancia personal puede ser recordada con mayor facilidad (Morales, 2001). De esta manera, se favorece la abstracción del concepto que se está describiendo y se hace utilizando, además, un lenguaje familiar y cercano.

Para ello era fundamental que quien apareciera en el vídeo hablara a la cámara directamente dirigiéndose al espectador en segunda persona durante las intervenciones para favorecer la conexión entre éste y la persona que presenta el vídeo, así como su participación.

En ciertas ocasiones se recurre a la voz narrador o voz en *off*. En particular, en la introducción y en la reflexión final, así como para alguna intervención sencilla. Esta alternancia entre presentador y narrador, junto

con las transiciones antes citadas, contribuyen a generar un ritmo que favorece que el espectador pueda, en cierto modo, descansar y asimilar la información que está recibiendo.

Difusión del audiovisual

Escoger un nivel de lenguaje apto para alumnos de E.S.O. permitió valorar la posibilidad de proyectar el documental en Institutos y Colegios para, así, conocer el alcance y el grado de asimilación de los conceptos que el vídeo contiene. Dos centros educativos han mostrado interés por el documental y prevén proyectarlo para sus alumnos.

El vídeo ya está disponible con libre acceso a través del Canal de YouTube "Terrarum" (https://youtu.be/gf9OfUhF4mA). Es difícil prever el número de espectadores totales, no obstante, en sus primeras 72 horas en la red recibió más de 500 visitas. Además, ha sido expuesto públicamente en diversas ocasiones, en Centros Cívicos del Ayuntamiento de Zaragoza, Clubs de Montaña o la propia Sede del Gobierno de Aragón en Zaragoza, con una asistencia media de 50 personas.

Las diferentes entidades que de una manera u otra han colaborado o apoyado esta iniciativa van a recibir una copia del vídeo en formato DVD y está previsto que en el Centro de Interpretación de Torla exista una copia a disposición de los visitantes que deseen verlo.

Recursos y medios técnicos

Prácticamente todas las imágenes han sido tomadas a pie de sendero o desde el mirador de Ciarracils (accesible desde la pista que parte del núcleo de Nerín), sin recurrir a imágenes aéreas, ni grafismos ni animaciones. De este modo, si el espectador decide visitar el lugar, no hallará diferentes perspectivas como tampoco extrañará ningún esquema o mapa. En el vídeo sólo se recurre a las manos para señalar lo que pueda precisar cierta explicación.

El rodaje directamente en exteriores era necesario para poder observar tanto la vegetación como los relieves y modelados (Fotografía 1). Se deseaba que el vídeo fuera grabado en HD (1080 x 1920 píxeles) y se rodó con formato 16:9 y compresión de vídeo H264. También se deseaba incluir unos planos en time-lapse que fueron recogidos en formato jpg y convertidos posteriormente a vídeo H264.



Fotografía 1. Momento del rodaje en un afloramiento de la Fm. Areniscas de Marboré en el Circo de Soaso (PNOMP).

Para ello se contó con un equipo profesional de rodaje y postproducción. El material técnico necesario para la grabación consistió en una cámara réflex digital (DSLR Canon EOS 7D) con objetivos zoom Nikon (24-70 mm y 70-200 mm), un trípode ligero (Manfrotto), un pequeño slider de un metro, un micrófono de ambiente o de cañón y otro de solapa (ambos Sennheiser), un grabador externo (Tascam) para el sonido y unos auriculares. Además, para la grabación de las voces en off se utilizó un micrófono de estudio (Neumann) y una sala de grabación en el Art Lab de Huesca (Espacio de Arte Joven del Ayuntamiento de Huesca).

Tanto el montaje de la secuencia de vídeo como la corrección de color (etalonaje) se realizaron en estudio privado con el programa de edición Adobe Premiere.

El rodaje se efectuó con un equipo mínimo de personas: Director de fotografía/cámara y narradora/directora, además de la ayuda puntual de los guardas del Parque Nacional para algunos desplazamientos. La postproducción se llevó a cabo entre tres personas: el anterior equipo de rodaje y la responsable de la edición.

CONCLUSIÓN

Este documental es la carta de presentación del Proyecto Terrarum y pretende un acercamiento a la interpretación del patrimonio natural e histórico a través de un medio que combine el entretenimiento con un contenido interesante.

Se está llevando a cabo la difusión del vídeo tanto en público como a través de Internet, con una buena acogida hasta el momento. No obstante, serán los espectadores los que deberán valorar el éxito de esta propuesta y, en consecuencia, la continuación del Proyecto Terrarum.

AGRADECIMIENTOS

Se desea dar las gracias a la dirección del Parque Nacional de Ordesa y Monte Perdido y, en particular, a la Guardería del Parque, por la ayuda prestada para facilitar los desplazamientos durante el rodaje; a la productora Pyrene P.V., a Eugenio Monesma, a Sebastián Vanneuville y a Leticia Martí por su inestimable colaboración y ayuda en la realización del documental.

REFERENCIAS

Ham, Sam H. 1992. *Interpretación Ambiental, Una Guía Práctica*. North American Press, Colorado, 240 pp.

Morales, J. 2001. *Guía práctica para la interpretación del patrimonio: el arte de acercar el legado natural y cultural al público visitante*. Consejería de Cultura de Andalucía, Sevilla, 315 pp.

Tilden, F. 1957. *Interpreting our Heritage.* Chapel Hill, NC: The University of North Carolina Press, Chapel Hill, North Carolina, U.S.A., 176 pp.

Tilden, F. 2006. *La interpretación de nuestro patrimonio*. Asociación para la Interpretación del Patrimonio, Sevilla, 176 pp.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

MONOLITOS DE SUELO EN EL TERRITORIO DEL PROYECTO GEOPARQUE *CONCA DE TREMP-MONTSEC*. CIENCIA PARA LA EDUCACIÓN

SOIL MONOLITHS IN THE AREA OF THE CONCA DE TREMP-MONTSEC GEOPARK PROJECT. SCIENCE FOR EDUCATION

A. Lladós[1], J. Adell[1], G. Puras[2] y G. Rivas[1,2]

[1] Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (CST Pirineus). Passeig Pompeu Fabra, 21 25620 Tremp.

[2] Associació Geoparc Conca de Tremp-Montsec. Passeig Pompeu Fabra, 21 25620. Gonzalo.Rivas@icgc.cat

Resumen: La preservación de monolitos de suelos naturales (MSN) y su exposición facilita el estudio y comparación de un patrimonio no renovable y esencial para la sostenibilidad del hábitat humano. Esta herramienta ayuda a entender los procesos formadores de suelos, sus propiedades agronómicas y aspectos medioambientales relacionados. Adquirir el conocimiento y divulgar la importancia de la geodiversidad de los suelos en las áreas de montaña dentro del territorio del proyecto Geoparque *Conca de Tremp-Montsec*, es uno de los objetivos del *Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya* a través de su Centro de Soporte Territorial del Pirineo (CSTP). Disponer de una variedad representativa de secciones naturales de suelos, en un espacio expositivo interior que reúna las condiciones necesarias para su conservación, permite el avance del conocimiento científico por medio de estudios comparativos y la utilidad como un gran recurso educativo y divulgativo; no sólo por su capacidad portable y de producción de exposiciones temporales i/o temáticas, sino también para promover la cooperación con otras instituciones dando a conocer la geodiversidad de los suelos de otras áreas del Planeta y por lo tanto, también interrelacionar su valor social, cultural y medioambiental.

Palabras clave: educación, geoparque, monolito, patrimonio, suelo.

Abstract: *The preservation of natural soil monoliths and their exhibition facilitates the study and comparison of a non-renewable heritage, essential for the sustainability of the human habitat. This tool helps to understand their respective forming processes, their agronomic properties and other related environmental aspects. Acquiring knowledge and disseminating the importance of soil geodiversity in mountain areas within the territory of the Geopark Conca de Tremp-Montsec project is one of the objectives of the Cartographic and Geological Institute of Catalonia through its Territorial Support Pyrenees Centre (CSTP). Holding a representative variety of natural soil sections, in an indoor exhibition space that meets the necessary conditions for its conservation, allows the advance of scientific knowledge through comparative studies and utility as a great educational and informative resource;; not only due to its portable capacity and the production of temporary and/or thematic exhibitions, but also to promote cooperation with other institutions by publicizing the geodiversity of soils in other areas of the Planet and therefore, interrelating their social, cultural and environmental value.*

Key words: *education, geopark, heritage, monolith, soil.*

INTRODUCCIÓN

Los suelos son un recurso natural no renovable que constituyen la piel del planeta y explican la historia geológica reciente de la Tierra. Son cruciales para solventar los cinco grandes problemas actuales: inseguridad alimentaria, cambio climático, degradación ambiental, escasez de agua y amenazas a la biodiversidad (FAO, 2015). En la edafogénesis interaccionan, con el tiempo, varios factores: roca madre, relieve y clima, condicionados por factores geológicos y por organismos vivos. Los suelos sostienen la producción alimentaria, la biomasa, los combustibles y resultan esenciales para los ecosistemas. Realizan un papel fundamental en el ciclo del carbono, tanto como reserva genética como mejorando la resiliencia frente a inundaciones y sequías, almacenando y filtrando agua.

Un objetivo del *Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya* (ICGC) es estudiar, analizar y adquirir el conocimiento necesario para divulgar la importancia de la geodiversidad de los suelos de montaña y procurar su protección. El proyecto Geoparque *Conca de Tremp-Montsec* representa un instrumento esencial para la divulgación de este patrimonio y ponerlo al alcance de diferentes públicos. Los monolitos de suelo natural (MSN) son una porción representativa de suelo que se extrae de su ubicación natural y representan una herramienta muy útil para alcanzar el objetivo de esa divulgación.

Los MSN son apropiados para la divulgación y educación sobre el suelo, su uso y la interacción del medio ambiente, clima y el hombre sobre este. De la observación directa de los MSN se obtienen detalles de las propiedades morfológicas del suelo, tales como color, textura, granulometría, estructura, actividad biológica, tipos de horizontes y capas (espesor y disposición), profundidad de la actividad de las raíces, acción de la fauna del suelo, presencia de inclusiones y otras propiedades (Stalin, *et al*. 2007).

Una colección de MSN ofrece muchas ventajas en comparación con otros elementos o actividades (Lawrie, y Enman, 2010), cabe destacar que: a) son transportables, b) se pueden reutilizar infinidad de veces, c) permiten comparar fácilmente perfiles de suelos o agruparlos para explicar algún proceso o característica concreta, d) se pueden observar en espacios cerrados, e) son muy adecuados para el trabajo en grupo, f) se pueden exponer durante largos periodos, g) permiten hacer exposiciones temporales y temáticas, y h) son intercambiables entre instituciones, para mostrar la diversidad de suelos en diferentes áreas.

ANTECEDENTES

El ICGC realiza actividades relacionadas con el conocimiento de los suelos de Cataluña, con el fin de asesorar y prestar asistencia técnica al Gobierno de Cataluña. Para ello, elaboran trabajos edafológicos, cartografías de suelos, estudios y evaluaciones del riesgo de erosión de los suelos. Con el objetivo de ser referente en el estudio y divulgación del patrimonio edafológico de montaña, el Centro de Soporte Territorial del Pirineo (CSTP) del ICGC lidera proyectos relacionados con la divulgación de la geología y, en especial, la edafología, como el proyecto divulgativo "Monolitos de Suelo del Pirineo" iniciado en el 2014. Este proyecto se ha consolidado con la inauguración del Centro de Interpretación de Suelos de los Pirineos (CISP) en diciembre de 2016. Para la realización del proyecto se ha visitado el *World Soil Information* (ISRIC, Wagenningen), que dispone de una colección de casi mil MSN, y ha consolidado una metodología para su elaboración, que el ICGC ha adaptado para el proyecto.

MARCO GEOLÓGICO

El proyecto Monolitos de Suelos de los Pirineos se desarrolla en parte en el área del Geoparque *Conca de Tremp-Montsec*. Territorio con grandes contrastes de relieve, formado por un conjunto de sierras y cuencas con orientación E-W, determinados por la disposición de diversos mantos de corrimiento que configuran el Pirineo y, que contienen un registro geológico de los últimos 550 Ma (Figura 1). Al norte se encuentra la Zona Axial Pirenaica con las rocas más antiguas de la cordillera. Su configuración estructural actual es el resultado del apilamiento antiforme de mantos de corrimiento (Orri, Rialp y Nogueres) asociados a la orogenia Alpina. Los materiales, que afloran en la zona septentrional (Vall Fosca), pertenecen al Paleozoico. Al sur de la Zona Axial se encuentra el Prepirineo, con estructuras tectónicas conocidas como "mantos superiores surpirenaicos" (Bóixols, Montsec y Sierras Marginales), formados básicamente por rocas del Mesozoico y Paleógeno. La mayor parte de los suelos de esta zona se han formado durante el Holoceno.

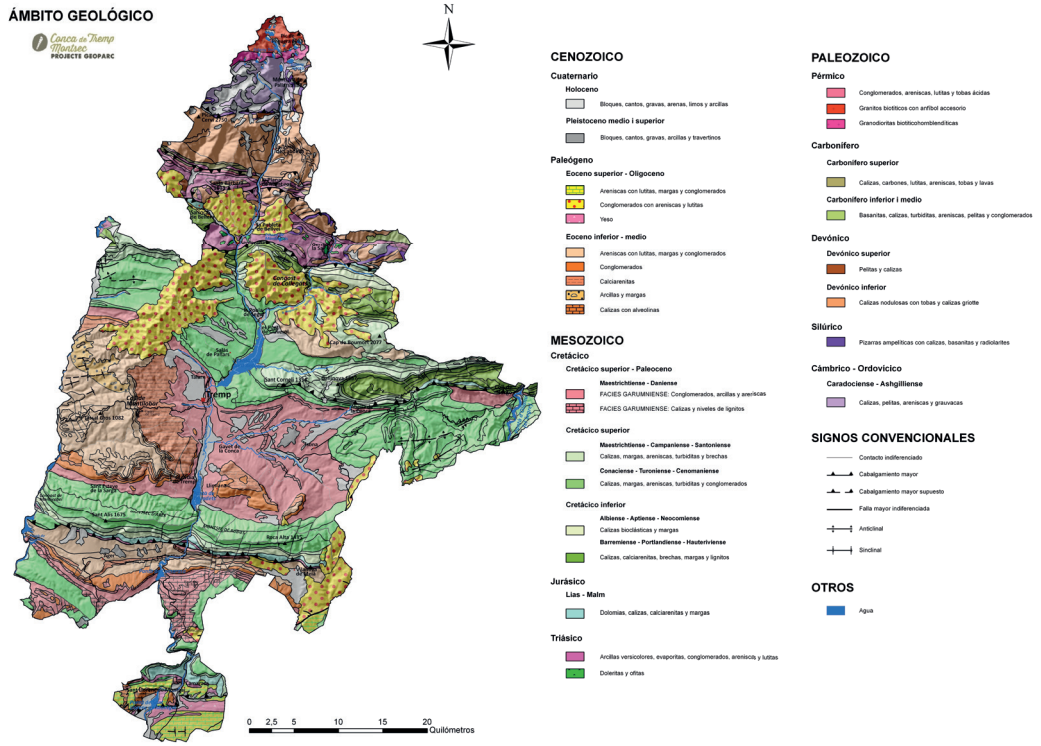


Figura 1. Mapa Geológico del proyecto de Geoparque Conca de Tremp-Montsec. Escala 1:250.000.

PRESENTACIÓN RESUMIDA DE DATOS Y RESULTADOS

La colección de MSN se inició eligiendo suelos, en la zona del proyecto Geoparque *Conca de Tremp-Montsec,* que permitieran explicar el mayor número posible de procesos edáficos de diferentes registros geológicos.

En 2015 se realizan los primeros 4 MSN, en 2016 la colección se amplía a 9 ejemplares representativos de suelos de montaña (Tabla 1), que permiten analizar y relacionar diferentes procesos edafológicos, geológicos y de usos del suelo.

Monolito	SSS	WRB
SOLS001	Calcixerept típico, franca fina, mezclada, mésica	Calcisuelo háplico
SOLS002	Haploxeralf cálcico, arenosa, mezclada, mésica	Lluvisuelo cálcico
SOLS003	Cromic Calcixerets	Vertisuelo haplico
SOLS004	Calcixerept típico, limosa fina, carbonática, mésica	Calcisuelo Háplico
SOLS005	Calcixerept Petrocálcico, esquelética-franca, carbonática, mésica	Calcisuelo Petrocálcico
SOLS006	Ustifluvent típico, arenosa, mezclada, mésica	Fluvisuelo Háplico
SOLS007	Humicryept oxiácuico, franca gruesa, mezclada	Haplic Umbrisuelo
SOLS008	Haplofibrist fluvacuentico, dísica, frígida	Fibric Histosuelo
SOLS009	Haplohumod típico, arenosa, mezclada, frígida	Albic Podzol

Tabla1. Clasificación taxonómica de los monolitos realizados según el sistema de clasificación USDA o Soil Taxonomy (SSS, 2014) y el sistema de clasificación de la FAO/UNESCO, World Reference Base for Soil Resources (FAO, 2014).

La experiencia obtenida en la elaboración de los primeros MSN y el análisis de fuentes bibliográficas (Haddad *et al.* 2009; Van Baren, y Bomer, 1979) ha permitido precisar una metodología para la obtención de MSN en relación a cada tipo de suelo. Se trata de varios procesos, englobados en dos fases principales: a) extracción de la muestra y b) consolidación (Figura 2).



Figura 2. Imagen que ilustra y describe los procesos de extracción y consolidación de los monolitos.

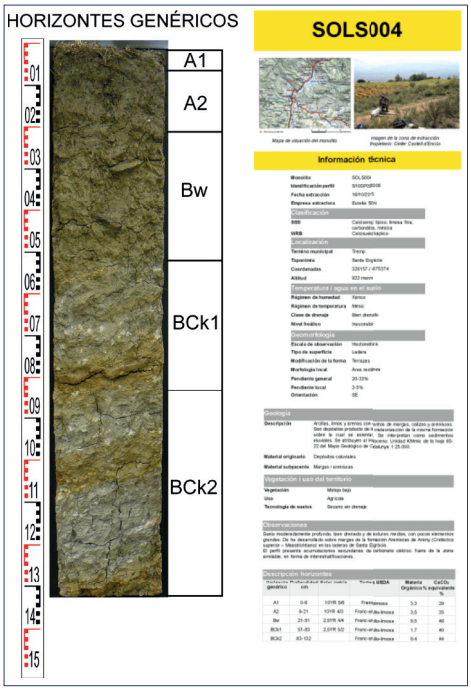
Previo a la extracción de la muestra es necesario elegir el tipo de suelo y encontrar una ubicación, que permita, en la medida de lo posible, la acción de una pala retroexcavadora que realice la apertura de la cata, sobre la que se escoge la superficie de extracción. Se hace una primera descripción del suelo, se toman muestras para análisis físicos y químicos permitiendo una descripción detallada y su posterior clasificación. En este momento se empiezan a abrir los laterales de la muestra para ajustarla dentro de una caja de madera de 25 cm de ancho, 10 cm de fondo y como máximo 150 cm de largo (dependiendo de la profundidad del suelo). Cuando la caja está introducida totalmente en el suelo se inicia la apertura por la parte trasera de la cata. A medida que se va abriendo por detrás, la muestra se va asegurando mediante un film plástico hasta que se separa totalmente del suelo. Después de la extracción se elimina en lo posible el volumen que sobresale de la caja y se prepara para el transporte. La fase de consolidación y secado, se inicia en el laboratorio y puede durar de dos a cinco meses, dependiendo del tipo de suelo. En esta fase se aplica una solución adhesiva, al principio muy diluida, y después más concentrada, hasta que la muestra quede consistente y totalmente seca. A la vez se elimina volumen sobrante de material para que la muestra sólida no tenga un sobrepeso innecesario. El proceso concluye cuando el grado de consistencia es adecuado para poder exponer el MSN de manera permanente sin haber modificado sus condiciones de color, estructura y apariencia general. Finalmente se prepara para su exposición, adhiriendo el MSN a una tabla de madera para manejarlo y exponerlo (ligeramente inclinado, 80º para que su peso se reparta sobre la madera de soporte). Concluido el MSN se elige el sistema de exposición y elementos informativos más adecuados a la finalidad propuesta.

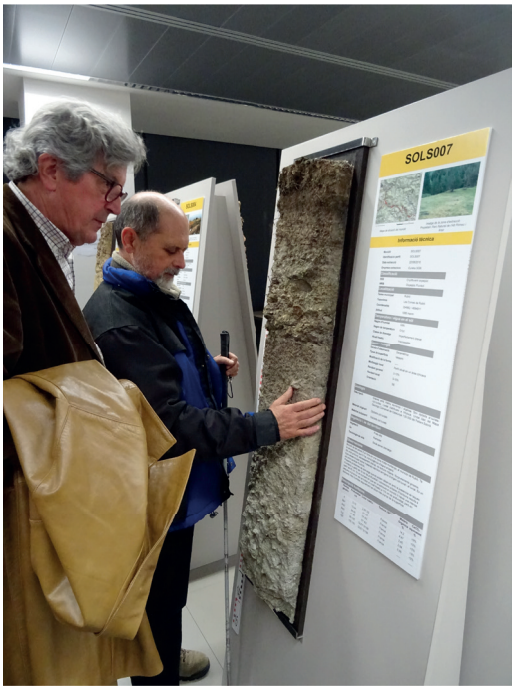
Los MSN actualmente se exhiben en una exposición permanente en el CISP, junto con fotografías a tamaño real y paneles informativos de perfiles de suelos, el proyecto y los suelos del Pirineo con material de apoyo como bibliografía y videos divulgativos (Figura 3).



Figura 3. Vista parcial de la distribución actual del CISP en el CSTP.

La exposición actual está diseñada de forma que los MSN se exponen en un panel junto a la descripción del perfil y a una escala graduada (Figura 4). Los paneles informativos se adaptan al tipo de visitante; científico (universidades, investigadores), profesional (edafólogos, agricultores), escolar o familiar (Figura 5). Están previstos talleres complementarios así como completar las visitas con la observación de las zonas de extracción.





De izquierda a derecha: Figura 4. Ejemplo de monolito con los horizontes genéricos y el poster informativo. Figura 5. Observación de un monolito por una persona invidente durante una visita al CISP.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los suelos son un recurso no renovable y un soporte medioambiental de gran valor para incrementar la resiliencia frente a fluctuaciones climáticas. Siendo necesario su estudio para establecer su geoconservación. Los MSN son una herramienta muy útil para la divulgación y educación sobre el suelo y sus funciones.

La ubicación del CISP en una zona rural, como es el proyecto Geoparque *Conca de Tremp-Montsec*, donde el sector primario es muy importante, hace que la exposición de MSN tenga interés como apoyo a actividades de concienciación para buenas prácticas agrícolas que permitan proteger los suelos tanto antrópicos como naturales. Por este motivo se han realizado algunos monolitos en suelos agrícolas para analizar influencias antrópicas y condicionantes climáticos; cumpliendo el objetivo de acercar la ciencia a la sociedad.

La metodología descrita para la obtención de los MSN, resuelve algunas dificultades que se suelen presentar como: a) la disposición de elementos gruesos, b) la diferencia de texturas entre horizontes con la aparición de grietas, c) el grado de humedad de la muestra, d) la baja consolidación de los componentes edáficos que provocan el colapso de la muestra, etc.

La exposición de los MSN es un instrumento eficaz para el estudio y divulgación de los suelos y, así incidir en su protección. Además, son un apoyo para estudios edafológicos y medio ambientales en zonas de montaña, una herramienta didáctica para diferentes niveles educativos y un soporte divulgativo accesible a todos los públicos, ya que el resultado final de los MSN se asemeja a una obra de arte.

Gracias a los MSN se observa un suelo sin necesidad de una cata en el campo (no se altera el medio con repetidas actuaciones) manteniendo la información de una observación directa.

Debido al gran potencial que presentan los MSN, está prevista la ampliación continuada de la exposición con nuevos ejemplares. Durante este año 2017 se realizarán 5 nuevos MSN y está previsto aumentar anualmente la colección hasta llegar al centenar, con el objetivo de tener la máxima variedad de suelos del Pirineo y Prepirineo. También está previsto prestar MSN a entidades interesadas en la divulgación de aspectos edafológicos y medioambientales.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos toda la información facilitada por *Stephan Mantel* de ISRIC (*World Soil Information*) sobre la elaboración y exposición de MSN, a la empresa Eureka SGN por su dedicación y conocimiento sobre el proceso de elaboración de los MSN y a Rosa Maria Poch y Jose Ramón Olarieta del Departamento de Medio Ambiente y Ciencias del Suelo de la Universitat de Lleida por su apoyo científico en la elección de los suelos a muestrear.

REFERENCIAS

FAO. 2014. *World reference base for soil resources 2014*. Roma, Italia, 203 pp.

FAO y ITPS. 2015. *Status of the World's Soil Resources (SWSR).* Food and Agriculture Organisation of the United Nations and Intergovernmental Technical Panel of Soils, Roma, Italia.

Haddad, N.I., Lawrie, R.A. y Eldridge, S.M. 2009. Improved method of making soil monoliths using an acrylic bonding agent and proline auger. *Geoderma*, 151, 395-400.

Lawrie, R. y Enman, B. 2010. Using monoliths to communicate soil information. En: *Proceedings of the 19th World Congress of Soil Science: Soil solutions for a changing world, Brisbane, Australia, 1-6 August 2010. Symposium 4.4. 1 Delivering soils information to non-agriculture users*, 30-33.

Soil Survey Staff. 2014. *Claves para la Taxonomía de Suelos. Décimo segunda edición*. U. S. Departament of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, Washington, D. C. (1999), 372 pp.

Stalin, J., Torres, P. Leandro A. y Madero, S. 2007. El recurso suelo y los centros de información y referencia de suelos. *Venesuelos*, 15, 33-42.

Van Baren, J. H. V. y Bomer, W. 1979. *Procedures for the collection and preservation of soil profiles. International Soil Museum*. Wagenningen, Holanda.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

LA INTERPRETACIÓN DEL PATRIMONIO: LA CONEXIÓN ENTRE GEOLOGÍA Y TURISMO

HERITAGE INTERPRETATION: A LINK BETWEEN GEOLOGY AND TOURISM

O. López y J. Lorente

Qeteo Patrimonio Cultural y Natural. Calle Coso, 67-75 5ºG, 50001 Zaragoza. hola@qeteo.es.

Resumen: Las instituciones públicas competentes en geoconservación han conseguido grandes logos, como han sido modificar la legislación sobre Patrimonio Natural y Biodiversidad española, o proponer una legislación específica sobre Patrimonio Geológico. Pero, compatibilizar geología y turismo sigue siendo un gran reto, ¿cómo conseguirla? El sector turístico es dinámico y cambiante con un sinfín de interacciones que hay que conocer para interpretar sus consecuencias. Pero la escasa formación y la necesidad de forjar alianzas con profesionales de diferentes procedencias hace imprescindible tomar iniciativas para ofertar servicios acordes con las demandas turísticas emergentes. Qeteo desarrolla servicios y proyectos de dinamización del patrimonio natural y cultural bajo las premisas de la Interpretación del Patrimonio. Su metodología permite establecer puentes sólidos entre los elementos paisajísticos y patrimoniales y la demanda turística. En esta comunicación se valora la Interpretación del Patrimonio como "herramienta" idónea y eficaz para la dinamización turística del patrimonio geológico.

Palabras Clave: Interpretación del patrimonio, Patrimonio geológico, recursos turísticos, turismo de naturaleza.

***Abstract**: One of the greatest achievements reached by the Public Institution (in charge of the defence and valuation of Spanish geological heritage and biodiversity) has been proposing specific legislation in order to protect them. But, it has also been a challenge to introduce geology into the tourist area; how to achieve it? Tourism is a dynamic and changing sector because it is ruled by an endless number of interactions, which we must know to measure and interpret. We need to be aware of the lack of specific training and the need to build up alliances with other professionals to satisfy the current demand. Qeteo, develops services and projects of natural and cultural heritage under the premise of heritage interpretation. Given that, heritage interpretation works as a connection between the landscape elements and the visitor. In this communication the heritage interpretation is valued as a key tool to revitalize tourist actions.*

***Key words**: Geological heritage, heritage interpretation, nature tourism, tourist sources.*

DÉCADAS DE PATRIMONIO GEOLÓGICO EN EL SECTOR TURÍSTICO

Durante las últimas décadas, diversas instituciones científicas españolas han llevado a cabo acciones destinadas a proteger y evaluar el patrimonio geológico que han fructificado, modificando las leyes antiguas y elaborando otras nuevas. Paradigmática es la modificación de la Ley del Patrimonio Natural y Biodiversidad donde reconoce al patrimonio geológico y a la Geodiversidad como parte integrante del medio natural. Incluso, en algunas Comunidades Autónomas, como Aragón, existe una legislación más específica. En la Ley de Parques Culturales de Aragón se hace alusión a los elementos geológicos del paisaje y un decreto por el que se crea el Catálogo de Lugares de Interés Geológico de Aragón estableciendo su régimen de geoprotección.

El marco legal es la mejor herramienta para justificar cualquier iniciativa, privada o pública, viable y sostenible que sirva para difundir, conservar e interpretar los elementos geológicos del paisaje. Contribuyendo, en definitiva, a complementar y mejorar la calidad de los servicios turísticos en los diferentes destinos de turismo de naturaleza.

Actualmente, los elementos geológicos del paisaje se están posicionando, lentamente pero con contundencia, como recursos turísticos innovadores en España. Ya son muchos los destinos que cuentan con rutas, centros de interpretación, o folletos, entre otros muchos recursos turísticos, a través de los cuales se intenta acercar la Geología a la sociedad.

La creciente demanda de productos con marcado carácter geoexperiencial, no se debe obviar a la hora de dinamizar los elementos geológicos como auténticos recursos turísticos.

Esto requiere conocer cómo generar experiencias únicas, para todos los públicos, teniendo siempre en cuenta en la comunicación que, por una parte los visitantes están en su tiempo de ocio y por otra lo limitado que suelen ser sus conocimientos geológicos. Solo así se puede conseguir transformar las acciones de dinamización en experiencias turísticas plenas.

La comunicación eficaz de las acciones de dinamización de los elementos del patrimonio geológico es, todavía, una asignatura pendiente para acercar la Geología a la sociedad en el mercado turístico. Se reconocen tres grandes grupos de factores que condicionan, favorecen o bien limitan, el desarrollo del geoturismo (Moreira, 2009): (1) Los de carácter científico, propios de la comunidad geológica; (2) Los de carácter político, propios del Gobierno (la Administración); (3) Los de carácter social y turístico, i.e. los integrantes del denominado *"Trade turístico"*.

Cabe citar algunos ejemplos de factores que actúan como barrera para la comprensión de la información ofrecida al turista o visitante:

- El desconocimiento geológico derivado de su deficiente implantación en los currículos de la enseñanza tanto formal, informal como no formal.
- La escasez de profesionales, en el sector turístico, con capacidad para acercar debidamente la Geología a la sociedad, dado el desconocimiento general en la interpretación del patrimonio geológico.
- La tendencia de muchos geólogos a generar discursos con demasiado rigor científico, utilizando tecnicismos que los hace, muchas veces, incomprensibles para el público general.
- La falta de integración de los inventarios de puntos de interés geológico, o similares, en los planes de desarrollo y estrategia turística.
- La heterogeneidad de los grupos de turistas o visitantes, con diferentes preferencias y conocimientos, dificulta la elaboración de mensajes que interesen y comprendan todos.

Para superar esta barrera es necesario convertir la Interpretación del Patrimonio en un proceso creativo de comunicación estratégica, que produzca conexiones intelectuales y emocionales entre el visitante y el

recurso geológico, generando significados propios, para que lo aprecie y disfrute (Ham, 2015; Morales, s.f.). La metodología de la Interpretación del Patrimonio se comenzó a usar en los Parques Nacionales de los EEUU en la primera mitad del siglo pasado. Freeman Tilden en su libro "Interpreting Our Heritage" (Freeman, 2006) dejó constancia de los principios que rigen el acto de comunicación en un contexto de ocio. Desde entonces se ha seguido investigando sobre cómo mejorarlo.

APLICACIÓN DE LA INTERPRETACIÓN DEL PATRIMONIO PARA CREAR EXPERIENCIAS TURÍSTICAS

Los principios, objetivos y fundamentos de la Interpretación del Patrimonio, le confieren un enorme potencial para generar experiencias en el sector turístico, dando respuesta a las necesidades actuales.

La dinamización de contenidos de patrimonio geológico, para ser satisfactoria, ha de seguir necesariamente una planificación interpretativa. Esto conlleva una serie de acciones, a continuación se describen de forma somera:

Metodología propuesta para generar una buena experiencia turística

- Selección de los rasgos interpretativos objeto de ser utilizados como recursos turísticos por medio del índice de potencial interpretativo (Morales, 2001): de esta manera se escogen, objetivamente, aquellos elementos geológicos del paisaje y/o infraestructuras que se adecuan a las necesidades y expectativas de los turistas o visitantes.
- Análisis de los turistas y visitantes que llegan hasta la ubicación de los rasgos interpretativos: es necesario conocer las características de los segmentos poblacionales predominantes (proveniencia, edad, objetivos del viaje, etc.), para generar contenidos adecuados.
- Búsqueda de documentación rigurosa sobre los rasgos seleccionados: el rigor, en comunicación, es algo incuestionable, por eso la labor de estudio y conocimiento en profundidad de los rasgos es indispensable para generar contenidos de calidad.
- Elección de un tema (More, 1983 y Ham, 1992) para cada rasgo, que transmita solamente una única idea: el tema debe de resultar relevante y fácil de procesar para el receptor, de forma que le haga reflexionar y le provoque pensamientos al respecto que le ayuden a construir el significado de cada rasgo desde sus conocimientos y experiencias, valorándolo y conservándolo.
- Elaboración de los contenidos a través de las técnicas de comunicación de la Interpretación del Patrimonio: los métodos utilizados para desarrollar el mensaje en un entorno educativo, probablemente fracasen si se aplican en un entorno tan diferente como es el de ocio y tiempo libre. Si se pretende mantener la atención de éstos y transmitirles bien una idea, la comunicación debe tener un tema, estar organizada para ser fácilmente procesada, ser relevante y amena para los visitantes (Ham, 2013). Además, se considera importante huir de tecnicismos innecesarios y del lenguaje académico y no tener miedo a la simplificación e incluso a dotar de una pequeña dosis de fantasía a las explicaciones (Carcavilla, 2011).
- Selección de medios e instalaciones interpretativas a través de los cuales se muestran los contenidos: es indispensable saber elegir el soporte de información en función de una serie de variables que se deben de tener en cuenta (tiempo, tema, público receptor, etc.) ayudando así a los destinatarios a descubrir el significado de los rasgos.

– Evaluación de la efectividad en la entrega del mensaje (Morales, 1983): el análisis de las impresiones que los destinatarios manifiestan tras desarrollar la experiencia es una forma idónea para conocer el grado de cumplimiento de los objetivos planificados y analizar resultados. Este es el modo de mejorar y evolucionar el servicio turístico.

LA INTERPRETACIÓN DEL PATRIMONIO COMO MODELO DE COMUNICACIÓN PARA CONECTAR CON LOS TURISTAS Y VISITANTES EN SU TIEMPO DE OCIO: ALGUNOS EJEMPLOS.

En este apartado se muestran cuatro fichas con diferentes acciones que resumen el modo en que, desde Qeteo Patrimonio Cultural y Natural, utilizamos la Interpretación del Patrimonio para generar contenidos que trascienden la información científica sumergiendo a los turistas y visitantes en un mar de sensaciones y reflexiones con el objetivo de crear una verdadera experiencia de destino turístico.

RASGO INTERPRETATIVO	UBICACIÓN
La Gruta de las Maravillas, galería izquierda	Ibdes, Zaragoza
DESARROLLO DEL TEMA **Tópico general** La Gruta de las Maravillas de Ibdes **Tópico específico** Formación de las galerías de la Gruta de las Maravillas **Atributos tangibles** Tipo de roca, procesos químicos, factores externos, características en la cueva y de la cueva **Atributos intangibles** Tiempo (en su más amplio contexto), claustrofobia, contraste con el paisaje del exterior, tranquilidad, protección **Conceptos universales** Tiempo	
TEMA El agua construyó, lentamente, una red de caminos en el interior de la Tierra mucho tiempo antes de la colonización de este lugar por los seres humanos.	
RECURSO Archivo de audio en la App "Mappache Ibdes" para Android e iOS *http://www.qeteo.es/audios/gruta-de-las-maravillas-galeria-izquierda.mp3*	

Tabla 1. Cuadro resumen de la aplicación de Interpretación del Patrimonio en La Gruta de las Maravillas de Ibdes, Zaragoza.

RASGO INTERPRETATIVO	UBICACIÓN
Mina de sal	Valtierra, Navarra
DESARROLLO DEL TEMA **Tópico general** La sal **Tópico específico** La sal como moneda de intercambio **Atributos tangibles** Mineral de Sal (Halita), Mina, Galerías, Trabajadores, Roca, construcción, galerías **Atributos intangibles** Trabajo, Resistencia, supervivencia, importancia, conservación **Conceptos universales** Supervivencia	
TEMA Los habitantes de Valtierra descubrieron en la sal un valioso recurso para sobrevivir	
RECURSO Archivo de audio en la App "Mappache: Villa de Valtierra" para Android e iOS *http://www.qeteo.es/audios/mina-de-sal-valtierra.mp3*	

Tabla 2. Cuadro resumen de la aplicación de la Interpretación del Patrimonio en La ruta de las Salinas de Valtierra, Navarra.

RASGO INTERPRETATIVO	UBICACIÓN
Río Ebro	Remolinos, Zaragoza
DESARROLLO DEL TEMA **Tópico general** El Ebro como modelador de la superficie terrestre **Tópico específico** La fuerza del agua como elemento generador de este modelado **Atributos tangibles** Materiales, Rocas, Minerales, estructuras, estratigrafía, Caudal de agua **Atributos intangibles** cambio, movimiento, sucesión, resistencia, fuerza, poder **Conceptos universales** Cambio	
TEMA El agua libra una batalla interminable contra la resistencia de las rocas produciendo un cambio continuo en el paisaje	
RECURSO Archivo de audio en la App "Mappache: Ribera Alta del Ebro" para Android e iOS *http://www.qeteo.es/audios/rio-ebro-remolinos.mp3*	

Tabla 3. Cuadro resumen de la aplicación de la Interpretación del Patrimonio en la ruta del Ebro de la comarca Ribera Alta del Ebro, Zaragoza.

RASGO INTERPRETATIVO	UBICACIÓN
Escarpe con rocas del Keuper	Ariño, Teruel
DESARROLLO DEL TEMA **Tópico general** Las rocas del Keuper **Tópico específico** El paisaje que representan las rocas del Keuper **Atributos tangibles** edad, minerales, tipo de roca, dureza, clima **Atributos intangibles** antigüedad, paleoambiente, sorpresa, naturaleza, resistencia, colores, vejez, veteranía, madurez **Conceptos universales** Sorpresa	
TEMA Las rocas del Keuper te desvelan un paisaje sorprendente de un momento preciso de la historia de la Tierra	
RECURSO Guión de la parada de una ruta interpretativa en los alrededores del Balneario de Ariño, Teruel	

Tabla 4. Cuadro resumen de la aplicación de la Interpretación del Patrimonio en la visita guiada al entorno del balneario de Ariño, Teruel.

CONCLUSIONES

Este artículo ha tratado de mostrar el escenario actual en el que convergen el patrimonio geológico y el sector turístico. Si bien es cierto que las instituciones llevan realizando, desde hace décadas, acciones para difundir la geología y su conocimiento en la sociedad así como para proteger el patrimonio geológico, el desconocimiento de esta ciencia en la sociedad sigue siendo un hecho palpable.

Por eso mejorar la conexión entre geología y sociedad es una necesidad y, por lo tanto, trabajar en comunicación es una tarea ineludible. La Interpretación del Patrimonio es la herramienta óptima para dicho fin. Sus objetivos, principios y pilares son claves para diseñar experiencias turísticas que dinamicen el patrimonio geológico en el sector turístico. Todo esto forma parte, desde hace un lustro, del ideario que Qeteo utiliza a la hora de ofrecer sus servicios y proyectos, representado una propuesta innovadora.

REFERENCIAS

Carcavilla, L., Belmonte, A., Durán, J. J. y Hilario, A. 2011. Geoturismo: Concepto y perspectivas en España. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (19.1). Experiencias e ideas para el campo*, 81-94.

Freeman, T. 2006. *La Interpretación de nuestro patrimonio.* Asociación para la Interpretación del Patrimonio (AIP), 175 pp.

Ham, Sam H. 2015. *Interpretación: para marcar la diferencia intencionadamente*. Asociación para la Interpretación del Patrimonio (AIP), 295 pp.

Ham, Sam H. 1992. *Interpretación Ambiental: una guía práctica para gente con grandes ideas y presupuestos pequeños*. North American Press, 437 pp.

Morales, J. 2001. *Guía práctica para la interpretación del Patrimonio: el arte de acercar el legado natural y cultural al público visitante*. Junta de Andalucía, Consejería de Cultura, 315 pp.

Morales, J. (s.f.). *La planificación interpretativa asegura la excelencia en interpretación,* 15 pp.

More, Muriel E., 1983. *A Guide to Effective Interpretation – What the Forest Service can Learn from Marketing Research*. USDA Forest Service, Interpretive Services.

Moreira, J., Meléndez, G., Soria, M. 2009. Geoturismo: ¿Explicación de la Geología al público o la Geología como foco de atracción turística? Ejemplos del desarrollo del Geoturismo en Brasil (Estado de Paraná) y España (Comunidad Autónoma de Aragón). *EPHTUR Encontro Paranaense de pesquisadores em Hostelaria e Turismo*, Irati (Brasil).

Experiencias para la integración de la gestión del patrimonio geológico y de la geodiversidad con la de otros elementos del patrimonio natural y/o cultural

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

ELEMENTOS CLAVE DE LA GEODIVERSIDAD QUE INFLUYEN SOBRE LA BIODIVERSIDAD. UNA PROPUESTA DE MODIFICACIÓN DE LA DIRECTIVA HÁBITATS (92/43/CEE)

KEY-ELEMENTS OF THE GEODIVERSITY THAT INFLUENCE UPON THE BIODIVERSITY. A PROPOSAL FOR THE MODIFICATION OF THE HABITATS DIRECTIVE (92/43/CEE)

M. Monge-Ganuzas[1]

[1] Servicio de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai. Gobierno Vasco. Madariaga dorretxea. Gernika-Bermeo errepidea z/g. San Bartolome auzoa. 48350 BUSTURIA (Bizkaia, País Vasco). manu-monge@euskadi.eus

Resumen: La Directiva 92/43/CEE se establece para la conservación, protección o mejora del medio ambiente de la Unión Europea (UE). Se centra en ciertos hábitats y especies a fin de garantizar su estado de conservación favorable. De su lectura parece interpretarse que la geodiversidad debe ser objeto de medidas de gestión para estos hábitats y especies, sin embargo, en la práctica, esto no ocurre tal y como queda de manifiesto en los casos estudiados: las ZECs ES2130006 (Red Fluvial de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai), ES2130007 (Estuario/Litoral de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai) y ES2130008 (Encinar Cantábrico de la Reserva de la Biosfera de Urdaibai). Existen elementos de la geodiversidad tales como los sustratos geológicos y los suelos derivados, los procesos geológicos activos y las formas del relieve que influyen de forma determinante en su estado de conservación que no están siendo tenidos en cuenta en los Planes de Gestión. En consecuencia, se propone que la Directiva sea modificada con el objetivo de incluir explícitamente la obligatoriedad de conservar, proteger y mejorar estos elementos de la geodiversidad.

Palabras clave: Biodiversidad, Directiva 92/43/CEE, Geodiversidad, Natura 2000, Urdaibai.

Abstract: *92/43/EEC Directive is established for the conservation, protection or improvement of the environment of the European Union. It focuses on certain habitats and species in order to ensure their favorable conservation status. Although from its reading it seems that it will possible to interpret that geodiversity may be subject to conservation measures for those habitats and species, in practice this fact does not occur as it is evident in the case studied: SACs ES2130006 (Inland Waters of Urdaibai Biosphere Reserve), ES2130007 (Estuary/Littoral of Urdaibai Biosphere Reserve) and ES2130008 (Oak Forest of Urdaibai Biosphere Reserve). There are elements of geodiversity such as geological substrates and derived soils, active geological processes and relief forms that decisively influence this conservation status that are not being taken into account in the Management Plans. Consequently, it is proposed that the Directive be amended with the objective of explicitly, including the obligation to conserve, protect and improve these elements of geodiversity.*

Key words: *Biodiversity, Directive 92/43/EEC, Geodiversity, Natura 2000, Urdaibai.*

INTRODUCCIÓN

La Directiva 92/43/CEE se establece para la conservación, protección y mejora del medio ambiente de la Unión Europea (UE). Se centra en ciertos hábitats y especies que a fin de garantizar su estado de conservación favorable son designados Zonas Especiales de Conservación (ZEC) para constituir una red ecológica coherente: la Red europea Natura 2000. Se considera por tanto, que tomando medidas en relación a estos hábitats y especies se puede alcanzar el objetivo de protección, mantenimiento y restauración del patrimonio natural de interés comunitario de la UE. Sin embargo, algunos autores estiman necesaria una aproximación integral de las políticas de protección, conservación y restauración del patrimonio natural (Matthews (2014); Peña *et al.*, (2016), proponen un método para identificar los elementos de gestión en las áreas protegidas que tiene en cuenta la biodiversidad de interés y el patrimonio geológico existente. No obstante, en ocasiones no solamente el patrimonio geológico debe ser objeto de gestión, ya que existen grupos de elementos de la geodiversidad que sin ser necesariamente patrimoniales pueden determinar y/o condicionar el estado de conservación favorable de los hábitats y especies contemplados en la Directiva. Se trata de: 1. Los sustratos geológicos y los suelos derivados; 2. Los procesos geológicos activos; 3. Las formas del relieve. Este trabajo toma como ámbito de estudio tres ZECs situadas en la RB Urdaibai (Figura 1A) y analiza las relaciones entre éstos y los elementos objeto de conservación del Plan de Gestión de estos espacios Natura 2000.

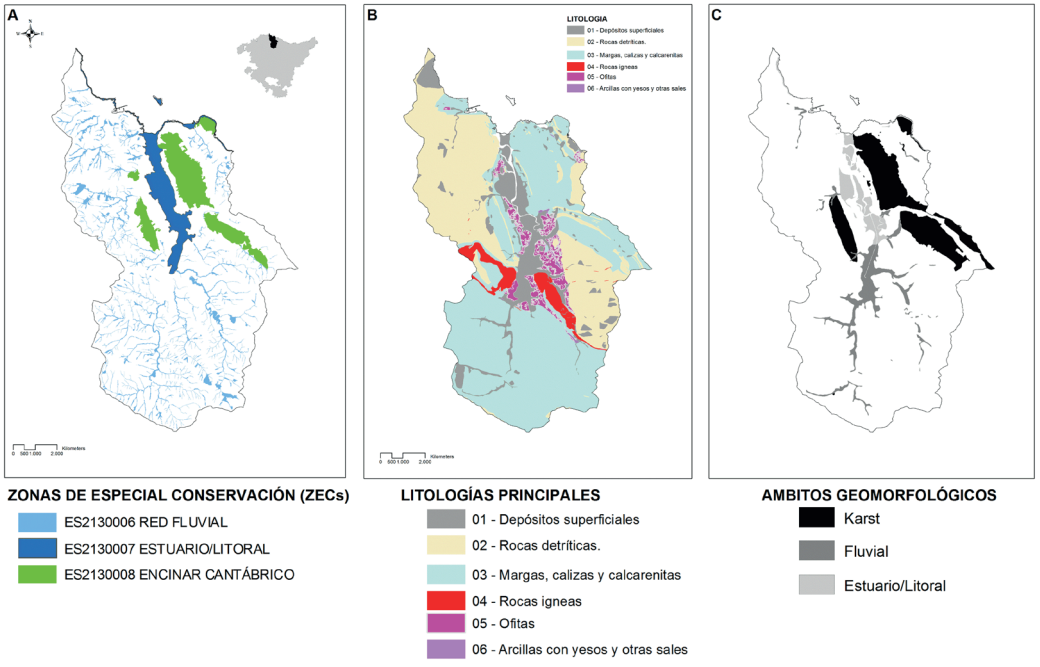


Figura 1. Mapa de localización de la RB Urdaibai en el ámbito de la Comunidad Autónoma del País Vasco (CAPV) y mapas simplificados relativos a: A: ZECs de la RB Urdaibai; B: Litologías principales; C: Ámbitos geomorfológicos.

MÉTODOS

Primero, se ha analizado la Directiva 92/43/CEE con el objetivo de buscar la existencia de normativa reguladora en relación a la conservación, protección o mejora de los tres grupos de elementos de la geodiversidad mencionados. Después, a modo de caso práctico se ha analizado detenidamente el Plan de Gestión de las tres ZECs de la RB Urdaibai (1. Diagnóstico; 2. Objetivos y actuaciones; 3. Directrices y normativa; 4. Fichas de seguimiento) e identificado los hábitats y especies objeto de gestión, con el objetivo de determinar si en estos documentos existen regulaciones normativas en relación a la conservación, protección o mejora de los tres grupos de elementos de la geodiversidad mencionados. A continuación, partiendo de la infraestructura de datos espaciales de la Comunidad Autónoma del País Vasco (IDE-CAPV) se han analizado los siguientes mapas del ámbito de la RBU (Figura 1B-C): 1. Mapa de hábitats EUNIS a escala 1:10.000 (año 2007); 2. Mapa geomorfológico a escala 1:25.000 (año 1999); 3. Mapa de litología y permeabilidad a escala 1:25.000 (año 1999). Mediante el SIG ArcMap 10.2 se ha identificado la interdependencia entre los polígonos existentes en los tres mapas. Por último, se han identificado los procesos geológicos activos actuantes en cada ZEC que pudieran influir sobre el estado de conservación de los hábitats y especies del ámbito.

RESULTADOS

La Directiva 92/43/CEE en relación con los grupos de elementos de la geodiversidad identificados.

La Directiva en su Artículo 1 define los «hábitats naturales» como: *zonas terrestres o acuáticas diferenciadas por sus características geográficas, abióticas y bióticas, tanto si son enteramente naturales como seminaturales*; los «hábitat de una especie» como: *el medio definido por factores abióticos y bióticos específicos donde vive la especie en una de las fases de su ciclo biológico*; y el «estado de conservación de una especie»: como *el conjunto de influencias que actúen sobre la especie y puedan afectar a largo plazo a la distribución e importancia de sus poblaciones*. Sin embargo, en su Artículo 2 al establecer su objeto, la Directiva se circunscribe únicamente *a contribuir a garantizar la biodiversidad mediante la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres en el territorio europeo de los Estados miembros*. Esto, pese a que la Directiva incluye como elementos de gestión las características geográficas y abióticas, los factores abióticos, o las influencias abióticas (asimilables a los grupos de elementos de la geodiversidad identificados) en sus definiciones, cuando se establece el objeto de la Directiva parece que éstos quedan incluidos en el término «hábitat». Este hecho obliga a los Estados a interpretar qué elementos de gestión son importantes para el hábitat para garantizar el «estado de conservación favorable» mencionado en el Artículo 3. Este Artículo establece que: 1. Se deberá garantizar el mantenimiento o, en su caso, el restablecimiento, en un estado de conservación favorable, de los tipos de hábitats naturales y de los hábitats de las especies de que se trate en su área de distribución natural; 3. Cuando lo consideren necesario, los Estados miembros se esforzarán por mejorar la coherencia ecológica de Natura 2000 mediante el mantenimiento y, en su caso, el desarrollo de los elementos del paisaje que revistan primordial importancia para la fauna y la flora silvestres que cita el Artículo 10. Esto es: *aquellos elementos que, por su estructura lineal y continua (como los ríos con sus correspondientes riberas o los sistemas tradicionales de deslinde de los campos), o por su papel de puntos de enlace (como los estanques o los sotos) resultan esenciales para la migración, la distribución geográfica y*

el intercambio genético de las especies silvestres. En este caso, la Directiva, de nuevo, introduce un término sujeto a interpretación, el término «paisaje». Podría considerarse este término de una manera integral, considerándose así las funciones que las formas del relieve ofrecen para la consecución del «estado de conservación favorable». Lamentablemente, parece que este término es únicamente considerado en relación a su función como corredor ecológico. La Directiva en su Artículo 4 establece que: *para las especies animales que requieran un territorio extenso, los mencionados lugares corresponderán a los lugares concretos, dentro de la zona de distribución natural de esas especies, que presenten los elementos físicos o biológicos esenciales para su vida y reproducción*. Sin embargo, para los elementos físicos referenciados la Directiva no establece objetivos de gestión. En su Artículo 6 establece que: 1. *Los Estados miembros fijarán las medidas de conservación necesarias que implicarán adecuados planes de gestión y las apropiadas medidas (…) que respondan a las exigencias ecológicas de los hábitats naturales del Anexo I y de las especies del Anexo II presentes en los lugares*; 2. *Los Estados miembros adoptarán las medidas para evitar el deterioro de los hábitats naturales y de los hábitats de especies, así como las alteraciones que repercutan en las especies*; 3. *Cualquier plan o proyecto que pueda afectar de forma apreciable a los citados lugares se someterá a una adecuada evaluación de sus repercusiones en el lugar.* Así, los Estados deberán fijar las «medidas» de conservación y decidir en qué deben incidir éstas para evitar el deterioro de los hábitats mediante la herramienta de la adecuada evaluación. El Artículo 12 relativo a la Protección de las especies establece que: *los Estados miembros tomarán las medidas necesarias para instaurar un sistema de protección rigurosa de las especies animales del Anexo IV prohibiendo: entre otros, el deterioro o destrucción de los lugares de reproducción o de las zonas de descanso*. Al introducir el término «lugares» la Directiva parece que deja abierta la interpretación a los Estados en relación a los elementos naturales que deben conservar, proteger o mejorar para evitar el citado deterioro.

El Plan de Gestión de las tres ZECs de la RB Urdaibai.

La ZEC ES2130007 (1009,6 Ha) se corresponde con el estuario del Oka y su litoral adyacente. El hábitat de interés comunitario más representado es el 1140 (27,8%), seguido del 1110 (12,1%). La ZEC ES2130008 (1582,8 Ha) que comprende los encinares cantábricos presenta principalmente el 9340 (76,1%). La ZEC ES2130006 correspondiente al sistema fluvial (1327,8 Ha) presenta principalmente el 91E0 (14,7%) y G1.86 (%23) (Figura 1). Las medidas propuestas por el Plan de Gestión se centran en estudiar los hábitats y las especies (48%), ampliar su distribución (24%), sensibilizar a la población (12%) y eliminar especies alóctonas (9%). No se observa mención alguna en relación a la geodiversidad ni el patrimonio geológico. El documento establece un régimen preventivo y directrices para la mejora ambiental, las especies alóctonas y los usos humanos. Excepto la limitación a actuaciones que modifiquen el funcionamiento hidráulico del estuario, atribuible a la preservación de procesos geológicos activos, no se ha identificado medida alguna en relación a los tres grupos de elementos de la geodiversidad analizados.

DISCUSIÓN

Muchos de los espacios de la Red Natura 2000, presentan una geodiversidad y un patrimonio geológico de interés (Guillén-Mondejar, *et al.*, 2009). La totalidad de las especies y hábitats identificados en esta Red interactúan dinámicamente con los suelos. En todos los niveles tróficos y ecosistemas, éstos utilizan los recursos que el suelo ofrece mediante procesos fotosintéticos, fisiológicos, etológicos o ecosistémicos

(Preisser, 2008). Por lo tanto, es necesario prestar atención y legislar en relación a la protección, conservación y/o restauración del "estado de conservación favorable" de los suelos ya que de éstos dependen directamente las especies y los hábitats Natura 2000 que sobre ellos se instalan. En la ZEC ES2130008 (Figura 1) es manifiesta la relación existente entre las características del sustrato calizo y sus suelos asociados y el desarrollo de los bosques de *Quercus ilex ilex* y su orla (Bergkamp, 1998). Los procesos geológicos activos son factores abióticos determinantes para mantener el estado de conservación favorable de la Red Natura 2000, tanto en relación a sus tendencias evolutivas naturales o inducidas como a su ciclicidad natural. Un ejemplo claro es la ZEC ES2130007 donde los procesos morfodinámicos naturales generados por el oleaje, la marea, los ríos y el viento condicionan la distribución y el mantenimiento de los hábitats (Monge-Ganuzas, *et al.,* 2015). Además, las actividades antrópicas de la «tecnosfera física» (Zalasiewicz, et al., 2016) pueden alterar drásticamente el «estado de conservación favorable» de los hábitats y especies. Es el caso de las actividades de dragado/vertido de sedimentos en la ZEC ES2130007 (Monge-Ganuzas, *et al.,* 2013; Arizaga, *et al.,* 2017). De forma análoga, los procesos fluviales condicionan la ZEC ES2130006, ya que, las variaciones de caudal, los procesos de erosión, la sedimentación y/o transporte, la infiltración subterránea, la incisión en cauces, o las inestabilidades de márgenes, entre otros, modifican y alteran los hábitats, y la distribución y el «estado de conservación favorable» de las especies. En todas las ZECs estudiadas, las formas de relieve condicionan la abundancia, distribución y funcionamiento de los hábitats y especies. Las cuencas fluviales de Urdaibai son abruptas, dendríticas y confinadas, la incisión fluvial inundada por el mar y rellena de sedimentos, así como sus flancos montañosos, están condicionados por la estructura anticlinal preexistente y los procesos diapíricos actuantes. Aunque en todas las ZECs analizadas el objetivo principal es la generación de información, es manifiesto el bajo conocimiento del estado de conservación de sus elementos biológicos, que pasan a ser inexistentes o sesgados cuando se trata de los elementos de la geodiversidad identificados. Cada vez son más los documentos europeos e internacionales que ponen de manifiesto la necesidad de una gestión integral del patrimonio natural, algunos ejemplos son la Rec (2004) 3, del Consejo de Ministros de la Unión Europea sobre conservación del patrimonio geológico y áreas de especial interés geológico y varias resoluciones de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN): WCC-2008-Res-4040, WCC-2012-Res-048 y WCC-2012-Res-114; WCC-2016-Res-029, WCC-2016-Res-038; WCC-2016-Res-043, WCC-2016-Res-053, WCC-2016-Res-058, WCC-2016-Res-060, WCC-2016-Res-062, WCC-2016-Res-063, WCC-2016-Res-064, WCC-2016-Res-070, WCC-2016-Res-076, WCC-2016-Res-083, WCC-2016-Res-084 and WCC-2016-Res-085 Parece evidente que la Unión Europea debería compartir esta aproximación y por lo tanto, reflejarla en su normativa de referencia.

CONCLUSIÓN

La información obtenida en los casos estudiados muestra la relación entre sustratos geológicos y suelos derivados, procesos geológicos activos y formas del relieve con los hábitats y especies objeto de la Directiva 92/43/CEE. De la lectura amplia de la misma se podría interpretar que estos elementos de la geodiversidad e incluso otros, podrían ser objeto de su gestión, ya que para conseguir el «estado de conservación favorable» del medio natural es necesario gestionar estos «factores abióticos» que influencian los hábitats y especies. En los casos analizados, al plantear las medidas de gestión establecidas por la Directiva, se estima que se ha realizado una interpretación reduccionista de la misma. Las medidas adoptadas presentan un claro sesgo de mera gestión taxonómica que difícilmente conseguirá el estado de conservación favorable de los

hábitats y especies identificados, ya que no propone medidas de gestión para la totalidad de los elementos con influencia en los hábitats y especies. Se estima que los Planes de Gestión Natura 2000 deberían optar por un modelo de gestión integral concebido desde una aproximación ecológica, donde la geodiversidad sea también considerada. Con el objetivo de solventar este hecho, se propone que la Directiva sea mejorada/modificada y que incluya explícitamente la obligatoriedad de proteger, mantener o restaurar, al menos, los grupos de elementos de la geodiversidad identificados, ya que influyen de manera directa sobre los hábitats y especies listados e identificados por la Directiva 92/43/CEE.

REFERENCIAS

Arizaga, J., Amat, J. A. y Monge-Ganuzas, M. 2017. The negative effect of dredging and dumping on shorebirds at Oka estuary (Urdaibai Biosphere Reserve, southeastern Bay of Biscay). *Journal of Nature Conservation*, 37: 1-7.

Bergkamp, G. 1998. Hydrological influences on the resilience of Quercus spp. dominated geoecosystems in central Spain. *Geomorphology* 23 (2-4), 101-126.

CEE. Directiva 92/43/CEE, 24/12/2016, http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLE-G:1992L0043:20070101:ES:PDF

Guillén-Mondéjar, F., de Santisteban, C., Díaz-Martínez, E., Herrero, N., Mata, J.M. y Meléndez, G. 2013. *Propuestas de la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España para las directrices de conservación de la Red Natura 2000.* En: Vegas, J., Salazar, A., Díaz-Martínez, E. y Marchán, C. (eds.). *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo.* Cuadernos del Museo Geominero, 15. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 231-240.

IDE-CAPV, 24/12/2016, http://www.geo.euskadi.eus/s69-15375/es

Matthews, T.J. 2014. Integrating geoconservation and biodiversity conservation: theoretical foundations and conservation recommendations in a European Union context. *Geoheritage,* 6: 57–70.

Monge-Ganuzas, M., Evans, G. y Cearreta, A. 2015. Sand-spit accumulations at the mouths of the eastern Cantabrian estuaries: The example of the Oka estuary (Urdaibai Biosphere Reserve). *Quaternary International* 364, 206-216.

Monge-Ganuzas, M., Cearreta, A. y Evans, G. 2013. Morphodynamic consequences of dredging and dumping activities along the lower Oka estuary (Urdaibai Biosphere Reserve, southeastern Bay of Biscay, Spain). *Ocean and coastal Management* 77, 40-49.

Plan de Gestión Natura 2000 Urdaibai, 24/12/2016, http://www.ingurumena.ejgv.euskadi.eus/r49-3074/es/u95aWar/lugaresJSP/U95aSubmitLugar.do?pk=60&bloque=024&u95aMigasPan=EN,1,3,1,300;L,2,60,002.

Peña, L., Monge-Ganuzas, M., Onaindia, M., Fernández de Manuel, B. y Mendia M. 2016. A Holistic Approach Including Biological and Geological Criteria for Integrative Management in Protected Areas, *Environmental Management*, 1-13.

Preisser, E. 2008. Trophic Structure. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences, *Encyclopedia of Ecology*, Amsterdam, 3608-3616.

UICN, 24/12/2016, https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/IUCN-WCC-6th-005.pdf

Zalasiewicz, J., Williams, M., Waters, C.N., Barnosky, A.D., Palmesino, J., Ronnskog, A., Edgeworth, M., Neal, C., Ceatrreta, A., Ellis, E.C., Grinevald, J., Leinfelder, R., McNeill, J.R., Odada, E., Oreskes, N., Price, S. J., Revkin, A., Steffen, W., Summerhayes, C., Vidas, D., Wing, S. y Wolfe, A. 2016. Scale and diversity of the physical technosfere: A geological perspective. *The Anthropocene Review*, 1-14.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

EL SALT (ALCOY) LUGAR DE INTERÉS PATRIMONIAL PRIVILEGIADO: PATRIMONIO GEOLÓGICO, ARQUEOLÓGICO E INDUSTRIAL

EL SALT (ALCOY) A PRIVILEGED HERITAGE SITE: GEOLOGICAL, ARCHAEOLOGICAL AND INDUSTRIAL HERITAGE

M.A. García-del-Cura[1], J. Cuevas[2], D. Benavente[2] y S. Ordóñez[2]

[1] IGEO (CSIC, UCM), c/ Jose Antoio Novais 12, 28040 Madrid. agcura@geo.ucm.es

[2] Dep. de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Universidad de Alicante. Campus de San Vicente del Raspeig 03690. Alicante.
jaime.cuevas@ua.es, david.benavente@ua.es, salvador@ua.es

Resumen: *El Salt* (Alcoy, Alicante) es un paraje cuyo rasgo más identificativo es la presencia de una cascada episódica de 80 m de gran belleza. Ubicada en un escarpe labrado en materiales Cretácico Superior-Eoceno influida por el colapso de una bóveda de calizas tobáceas que dieron lugar a un abrigo en el que se han encontrado vestigios de ocupación de unos de los últimos neandertales de la región mediterránea (47,2 $\pm$4,4 y 45,2 $\pm$3,4 ka): dientes, restos de hogar y coprolitos. Los diferentes tipos de construcciones tobáceas presentes: tobas de cascada, terrazas tobáceas, barreras, tobas de rezume y tobas de salpicadura contribuyen a su geodiversidad. Asociados a terrazas tobáceas (T +20 m) se han encontrado fósiles de mamíferos. El notable caudal de agua hizo que desde finales del s. XVIII y especialmente en el s. XIX y principios del s. XX, se instalara una importante industria para utilizar la fuerza motriz del agua: molinos harineros, de papel (industria del papel de fumar) y batanes (inicio de la industria textil), creando un interesante Patrimonio Industrial en general mal conservado en la actualidad en la zona de *El Salt*.

Palabras clave: edificios tobáceos, Geodiversidad, geomorfología, Paleolítico, industria siglo XIX.

Abstract: *The most characteristic feature of "El Salt" site (Alcoy, Alicante) is an episodic beautiful waterfall with a vertical drop of almost 80 m. It is placed on an escarpment carved in Upper Cretaceous-Eocene limestone layers and is influenced by the collapse of a calcareous tufa deposit. This fall caused a shelter, in which has been found some vestiges of occupation of one of the last Neanderthals in the Mediterranean region (47,2 ± 4,4 y 45,2 ± 3,4 ky.), including teeth, household remains and coprolites.The different types of tufa buildups identified are tufa terraces, and water fall, dam, layer and splash tufas. These tufa buildups contribute greatly to geodiversity of "El Salt" site. Furthermore, some fossils of mammal bones have been found in the upward tufa terraces (T+20 m). The important water flow in the site provided a significant industry from the late 18th century and, particularly, in the 19th and early 20th centuries. This industry based on hydropower included water mills of flour, paper and fulling (beginning of the textile industry). The significant Industrial Heritage is, in general, poorly preserved in "El Salt" area.*

Key words: *Geodiversity, Geomorphosite, Paleolithic, tufa build-ups, XIX Siecle Industry.*

ANTECEDENTES.

La primera cita sobre la cascada del río Barxell, en las proximidades de la pedanía de El Salt, se encuentra en Cavanilles (1797), y explica el funcionamiento de la fuente del Barxell, "*intermitente y loca*", y las sucesivas actuaciones en ella para mejorar el caudal. Madoz (1845), describe que al acercarse al valle del rio Barxell "*se divisa una gran cascada cristalina*". En, Peñuelas, y Monasterio (1851), se hace una descripción más geológica haciendo constar que las aguas: "*ponen en movimiento a más de trescientas ochenta máquinas…*".

El Salt ha demostrado su interés pedagógico como marco de la celebración del Geolodía 2015 (Aberasturi, *et al.*, 2015).



Figura 1. Aspecto general de El Salt se aprecia la cascada, (flechas azules), el frente del colapso y las tobas de salpicadura asociadas. El yacimiento arqueológico se encuentra detrás del farallón (flecha amarilla).

MARCO GEOLÓGICO DE LA ZONA DE *EL SALT*.

El primer estudio geológico de la zona de Alcoy-El Salt, se debe a Botella (1854). Darder-Pericas (1945), sintetiza la información existente en una memoria muy completa y llena de interpretaciones estructurales, en la que aparecen los elementos básicos de la geología de "*El Salt*", en gran parte originales de Niclès (1893): a) El Trías (arcillas irisadas con yesos y cuarzos) que aflora en "retazos" adosados a las laderas que circundan el valle de Alcoy; b) La pudinga, pre- Eoceno Medio de El Salt del Barxell; c) Los "asomos" Eocenos del Sur de la Sierra de Mariola, interpretados como "*retazos corridos al pie de la Sierra de Mariola*", y que apoya en citas de Visedo y Jiménez de Cisneros; d) La interpretación de la estructura sinclinal del valle alto del Rio Barxell. Por último Darder Pericas (op.cit.), resume los datos del Cuaternario (detrítico y tobáceo) de la zona.

El "farallón de *El Salt*", elemento geomorfológico y paisajístico, está formado por un gran cuerpo de más de 100 m de espesor de "Calizas nummulíticas" (Eoceno ¿Inferior?), correspondiente al flanco SE de

un sinclinal (Almela, *et al.,* 1975) El valle del Barxell, después de la cascada, entra en la cuenca continental plio-cuaternaria de Alcoy, en cuyas minas de lignito y alrededores se han encontrado fósiles de vertebrados importantes para el conocimiento del límite Mioceno-Plioceno en la región mediterránea, (Botella, 1854, Hernández-Pacheco, 1914, y Aguirre *et al*, 1975, entre otros).

GEODIVERSIDAD:

Además de la coexistencia del citado sinclinal con un borde diapírico que contribuye a la definición del paisaje (Martínez del Olmo *et al* 2015), existen procesos de descarga de un acuífero kárstico que aportan aguas bicarbonatadas cálcicas a las surgencias y ríos de la zona. La evolución del encajamiento de la red fluvial, el colapso de la bóveda de tobas (Fig.1), que condiciona la posición actual de la cascada, y el desarrollo de un paleolago consecuencia de la presencia de represas tobáceas de briofitas, son procesos que forman parte de la geodiversidad de este punto (Ordóñez *et al.,* 2016).

Hay interesantes elementos litológicos que también forman parte de esa geodiversidad, como son los afloramientos de pudingas (pre-Mioceno Medio) y calizas nummulíticas (Eoceno) que, junto a las calizas más antiguas (Cretácico Superior) conforman los escarpes de la zona, incluido El Farallón (Figura 1). También se encuentran en la zona de *El Salt* formaciones tobáceas relacionadas con diferentes categorías geomorfológicas:

A) Depósitos tobáceos del valle alto del Rio Barxell, anteriores a la cascada activa actual, son depósitos progradantes o de piedemonte, relacionados con un cambio en el nivel de base (Río Polop) que provoca una incisión no efectiva, se reconocen hasta tres episodios tobáceos sucesivos (T-1, T-2 y T-3) (Figura 2).

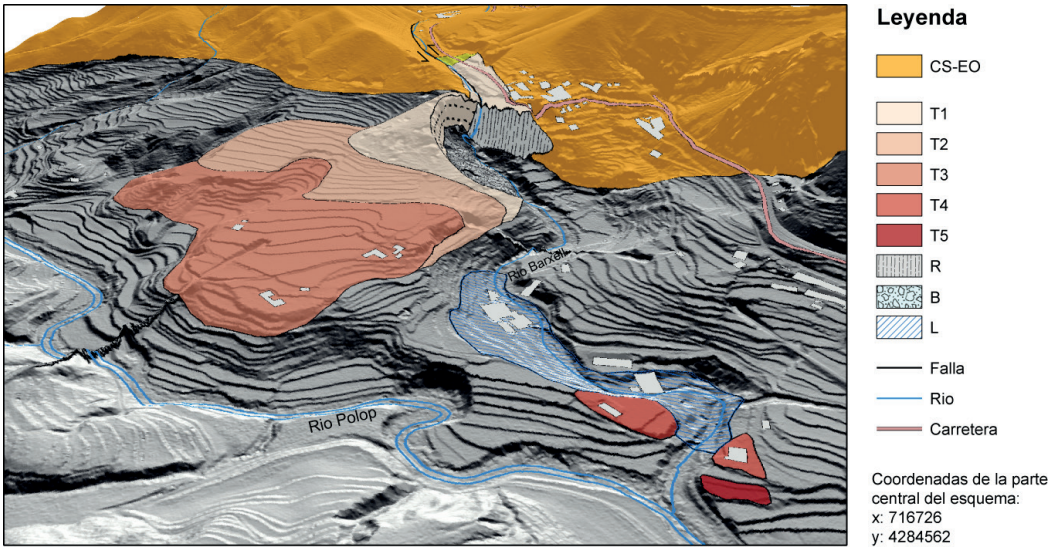


Figura 2. Visión 3D de El Salt. Modelo digital de elevaciones con cartografía geológica. Visión 3D de El Salt. Proyección ETRS89/UTM30N. T-1, T-2 y T-3, depósitos tobáceos progradantes anteriores al encajamiento del Rio Barxell. T-4, depósitos de tobas de briofitas dispuestas en barrera del valle actual del río Barxell, con sedimentos de lago asociados (L). T+4, terraza T+4 m del Río Polop. R, tobas de rezume paraactuales y funcionales, sobre el Farallón. B, bloques de tobas restos del colapso de la bóveda de las tobas T-1. No se han representado tobas actuales de salpicadura de cascada (*waterfall splash tufa*) y rellenos pavimentarios de cavidades en la base de la cascada.

B) Depósitos tobáceos de barrera posteriores al encajamiento del valle actual del río Barxell localizados en un cambio de pendiente, Font del Quinzet, con importante desarrollo de tobas de briofitas y con sedimentos de lago barrera asociados (T-4). Aguas abajo aparece la terraza T (+4m) del Río Polop (Figura 2).

C) Depósitos paraactuales y actuales funcionales de tobas de rezume sobre el Farallón (R).

D) Tobas actuales de salpicadura de cascada (*waterfall splash tufa*) (Figura 1) y rellenos pavimentarios de cavidades en la base de la cascada.

YACIMIENTO ARQUEOLÓGICO (PREHISTÓRICO-PALEOANTROPOLÓGICO)

El hallazgo de *El Salt* como yacimiento arqueológico se produjo en 1959, gracias al trabajo de Juan Faus Cardona, gran conocedor de la arqueología alcoyana (cita en Galván, 2000). Las primeras excavaciones se realizaron en 1960 y 1961 bajo la dirección de V. Pascual (Museu de Alcoi) y R. Martín (Universidad de Barcelona). En 1986, comienza la etapa actual de excavaciones de *El Salt*, como un proyecto de investigación pluridisciplinar, coordinado desde la Universidad de La Laguna. En la campaña de 1987 se recuperaron 5 dientes humanos en el nivel arqueológico (n.VI-V), muy afectado por carbonatación. Las piezas dentarias aparecieron fuertemente atrapadas en la costra carbonática (Galván, 2000).

El yacimiento arqueológico de El Salt está situado en un abrigo relacionado con la presencia de tobas de cascada (Ordóñez, *et al*., 2016), en el trabajo de Nicklès (1893) (pág. 160) se puede leer: "*Al pie de las pudingas del Castelar, el rio Barxell cae de unos metros de altura, caída que en el país llaman El Salt, y sus aguas han formado y continúan formado una caliza esponjosa, muy dura, con impresiones de plantas… en la cual se ha hallado una tibia humana (colección de Enrique Vilaplana, en Alcoy)*". Presenta un conjunto de materiales líticos y faunísticos que representan la última evidencia de ocupación humana del lugar datada entre 47,2 $\pm$4,4 y 45,2 $\pm$3,4 ka (Garralda *et al.* 2014), este nivel de ocupación está recubierto por un depósito arqueológicamente estéril, datado según los mismo autores como 44,7 $\pm$3,2 ka.

Los datos de termoluminiscencia (TL) y luminiscencia óptimamente estimulada (OSL) del abrigo de *El Salt* parecen corroborar la existencia de ocupación humana neandertal del lugar esporádicamente entre 60 y 45 ka (Galván *et al.,* 2014 y Garralda *et al.,* 2014). En Europa se considera, aunque los datos están en revisión, que la datación de la última presencia de los neandertales es en torno a los 45 ka, por lo que el dato de prolongación de su presencia hasta los 42 ka de esta zona de la Península Ibérica tiene especial relevancia. Es una importante contribución a la determinación del momento y el modo de desaparición (gradual) de los neandertales en el SE peninsular (Galván *et al.,* 2014).

El estudio de bio-marcadores fecales ha aportado datos acerca de la dieta de los neandertales y ha situado el yacimiento de El Salt como referente bibliográfico en el estudio de los neandertales y de la evolución del metabolismo del colesterol en humanos. Un trabajo realizado con los coprolitos de *El Salt* se puede considerar el primer estudio sobre material fecal humano claramente identificado (Sistiaga *et al*., 2014).

PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO.

Junto con los restos de *Homo neandertalensis*, encontrados en el yacimiento de El Salt, estudiados detalladamente por Garralda, *et al*. 2014, cabe destacar el hallazgo de restos de rinocerontes en el Pleistoceno de Baradello (*Stephanorhinus hemitoechus*, Van der Made, & Montoya, 2007), encontrados en la terrazas T+20, aguas arriba de la cascada.

ARQUEOLOGÍA INDUSTRIAL

La fuerza motriz del agua, abundante en el término de Alcoy, favoreció la presencia de industrias en los siglos XVIII y XIX, que utilizaron preferentemente el caudal del rio Bartxel y la surgencia de El Molinar (Olcina Llorens, 2006).

Para aprovechar esta energía hidráulica se instalaron numerosos molinos harineros y otros que fueron la base de industria textil (batanes y tintes) y papelera (ej. fábrica de papel de fumar, Iborra Payá y Compañía, 1989: http://www.paypaypaper.com/historia/ y http://www.alcoi.org/es/areas/cultura/museo/Salt/territorio/patrimonio_industrial.html)

Entre las instalaciones más próximas a la cascada episódica de *El Salt* destacan numerosos molinos, de algunos se conservan restos como el jardín e invernadero de Brutinel, una chimenea cuadrangular,… y la Villa Vicenta o casa de Gil-Albert (1912), actualmente de la diputación de Alicante, que se construyó sobre las ruinas del Moli de Tres Sous.

También son parte del patrimonio industrial las canteras y los canales tallados en piedra para distribuir el agua a los molinos, algunos de ellos pueden verse en la pared del Farallón. Detalles de sus características y recorrido aparecen en las guías de senderismo de la zona (http://guillemtorres.blogspot.com.es/2014/12/aqueducte-subterrani-del-salt.html).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El paraje de *El Salt*, en el municipio de Alcoy (Comunidad Valenciana), es un lugar de gran valor paisajístico, en el que cabe resaltar la presencia de una cascada esporádica de 80 m., vinculada al funcionamiento de la fuente del "Pou del Barxell", origen de edificios tobáceos de varios tipos, con importantes valores como Patrimonio Geológico, tanto por su geodiversidad geomorfológica, como por la variedad de formaciones geológicas presentes, muchas de ellas relacionadas con el desarrollo de sistemas tobáceos fluviales.

Las tobas asociadas a la cascada de El Salt constituyen un modelo de progradación de depósitos tobáceos, y posterior desarrollo de proceso erosivos, que han dado lugar a un "megacolapso" de una bóveda tobácea, con desarrollo de nuevas etapas de génesis de tobas de encajamiento y de procesos erosivos remontantes.

El yacimiento prehistórico asociado a la etapa de erosión y colapso del sistema de tobas progradantes, con restos de *Homo neanderthalensis* ha suministrado importantes datos sobre la presencia, dieta y hábitos de unos de los últimos neandertales de la región mediterránea, incluyendo a El Salt en la bibliografía internacional prehistórica. Ha contribuido así a la caracterización del Pleistoceno medio en la región mediterránea, Existen también importantes indicios de fósiles de vertebrados, en los depósitos tobáceos situados en la T+20, aguas arriba de la cascada, que requieren un estudio en profundidad, siendo posible la existencia de más hallazgos.

Su valor como Patrimonio Industrial se incrementa desde finales del siglo XVIII y alcanza su nivel más alto a finales del XIX y principios del siglo XX. Su importancia y variedad merece, en nuestra opinión, un estudio pormenorizado y sistemático de los restos, que podrían ser la base para la recuperación de algunos de ellos.

REFERENCIAS

Aberasturi, A. et al. 2015. Font Roja y El Salt-Canalons (Alicante). *Geolodía 15 Alicante*. SGE - Diputación de Alicante. 40 pp. https://dctma.ua.es/es/documentos/geolodia/geolodia-2015-folleto.pdf

Aguirre, E., Hoyos, M. y Morales, J. 1975. Alcoy: observaciones preliminares sobre la secuencia Neógeno - Cuaternaria del Serpis. *Acta Geológica Hispánica*, X, 2, 75-77.

Almela, A., Quintero, I., Gómez, E., y Mansilla, H. 1975. *Mapa Geológico de España. E. 1:50.000 Alcoy (821)*. Mapa y Memoria. IGME, 31 pp.

Botella, F. de. 1854. Ojeada sobre la geología del Reino de Valencia. *Revista Minera*, t. V, 259-278.

Cavanilles, A.J. 1797. *Observaciones sobre la Historia Natural, Geografía, Agricultura, población y frutos del reino de Valencia*. t.II, 339 pp.

Darder-Pericas, B. 1945. Estudio Geológico del Sur de la provincia de Valencia y Norte de Alicante. *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, LVII, Fasc. 1 y fasc.2; 1-304, 307-775.

Galván B. 2000. El Salt (Alcoi). En Aura y Segura (coords.): *Catálogo*. Museu Arqueològic Municipal. Ajuntament d'Alcoi - CAM, 59-62.

Galván, B., Hernández, CM., Mallol, C., Mercier, N., Sistiaga, A. y Soler, V. 2014. New evidence of early Neanderthal disappearance in the Iberian Peninsula. *Journal of Human Evolution,* 75, 16-27.

Garralda, M.D., Hernández, C.M., Mallol, C., Gómez, J.A. y Maureille, B. 2014. Neanderthals from El Salt (Alcoy, Spain) in the context of the latest Middle Palaeolithic populations from the southeast of the Iberian Peninsula. *Journal of Human Evolution*, 75, 1-15.

Hernández-Pacheco, E. 1914. Les vertebrados terrestres del Mioceno de la Península Ibérica. *Bol. R. Soc. Esp. Hist.*, 9, 443-485.

Madoz, P. 1945. *Diccionario geográfico-estadístico-histórico de España y sus posesiones de ultramar*, t. 1, voz Alcoy, 467 pp.

Martínez del Olmo, W., Motis, K. y Martín, D., 2015. El papel del diapirismo de la sal Triásica en la estructuración del Prebético (SE de España). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 28(1), 3-24.

Nicklès, R. 1893. Investigaciones Geológicas en la provincia de Alicante y parte meridional de Valencia. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico*, 99-312.

Olcina, G. 2006. *Origen y desarrollo de la Cuenca Industrial del Rio Barchell*. Autoedició, Gráficas Alcoy (imp.), Alcoi, 390 pp.

Ordóñez, S., Cuevas, J., Benavente, D. y García-del-Cura, M.A. 2016. Architecture of Pleistocene fluvial tufa systems associated with waterfalls: *El Salt* (Alcoy, Spain). *Geogaceta*, 59, 7-10.

Peñuelas, L. y Monasterio, J. 1851. Minería de la Provincia de Alicante. *Revista Minera*, 2, 238-243.

Sistiaga, A., Mallol, C, Galván, B. y Summons, R.E. 2014. The Neanderthal Meal: A New Perspective Using Faecal Biomarkers. *PLOS-ONE*, 9,6, 1-6.

Van der Made, J. y Montoya, P. 2007. Rinocerontes del Pleistoceno de El Baradello, Plaça de la República y El Molinar en Alcoy, España. Recerques del Museu d'Alcoi, 16, 7-18.

Visedo, C. 1959. *Alcoy. Geología. Prehistoria.* Edición Facsímil. Ajuntament d´Alcoi, 1995, 114 pp.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

LA PIEDRA DE *MARÈS* DE MALLORCA, PATRIMONIO NATURAL Y CULTURAL

THE "MARÈS" SANDSTONE OF MALLORCA, NATURAL AND CULTURAL HERITAGE

G. Mas

Museu Balear de Ciències Naturals, Apartat de Correus núm. 55, 07100 Sóller (Mallorca), Illes Balears. masgornals@gmail.com

Resumen: El *marès* ha sido tradicionalmente la piedra más representativa y característica de las edificaciones de la isla de Mallorca. Así lo atestiguan edificios tan emblemáticos para la isla como el Castillo de Bellver, la Catedral, la Lonja o las antiguas murallas de la ciudad de Palma. Se definen el concepto y naturaleza de la arenisca denominada *marès* de la isla de Mallorca, a partir de sus características intrínsecas y de uso. Se realiza una clasificación y caracterización tipológica a partir de la cronoestratigrafía y contexto geológico de esta roca utilizada como material de construcción. Se proporcionan datos históricos y etnológicos sobre su producción y aplicaciones. El *marès* de Mallorca, junto con las canteras donde se extrae, además de constituir un valioso patrimonio histórico-etnológico-cultural, constituyen también un importante patrimonio geológico-natural que registra y nos permite seguir la evolución geológica del isla de Mallorca a través de los últimos 14 Ma, desde el Mioceno medio (Langhiense-Serravalliense) hasta el Pleistoceno superior.

Palabras clave: Mallorca, *marès*, patrimonio cultural, patrimonio geológico, piedra natural.

Abstract: *The "marès" sandstone has traditionally been the most representative and characteristic building natural stone on the island of Mallorca. Such emblematic buildings for the island, as Bellver Castle, the Cathedral, La Lonja or the old city walls of Palma, bear witness to this. In this paper, the concept and nature of "marès" sandstone is defined by its intrinsic characteristics and use. First typological classification is made from the chronostratigraphy and geological context of this stone which has been used as building material. Also, it provides historical and ethnological data concerning production and applications. The "marés" sandstone of Mallorca together with the quarries where it is extracted, are both a valuable ethnic-cultural heritage and an important natural-geological heritage which records and allows us to study the evolution and geological history of the island of Mallorca during the last 14 Ma, from the middle Miocene (Langhian-Serravallian) to the upper Pleistocene.*

Key words: *Cultural heritage, geological heritage, Mallorca, marès, natural stone.*

INTRODUCCIÓN

El *marès* ha sido tradicionalmente la piedra más representativa y característica de las edificaciones de la isla de Mallorca, utilizada como material de construcción prácticamente exclusivo, durante siglos, desde el

abandono de los muros de piedra y mortero hasta llegar a su progresivo desuso con la aparición del hormigón armado, que eclipsó su utilización. Así lo atestiguan edificios tan emblemáticos como el Castillo de Bellver, la Catedral, la Lonja o las antiguas murallas de la ciudad de Palma.

En Mallorca el *marès* se extrae en canteras (*pedreres*) a cielo abierto o en forma de galerías subterráneas, practicadas dentro de los mismos niveles de explotación (Figura 2).

La escasez de publicaciones geológicas específicas sobre los tipos de *marès* existentes en Mallorca, añadido al reciente resurgimiento del interés técnico-aplicado y patrimonial (Alonso *et al.*, 1996, Garcia-Inyesta and Oliver, 1997; Amengual and Serra, 2008; Sánchez-Cuenca, 2010; Mateos *et al.*, 2011; Salvà, 2011-2016) por esta roca, hacen necesaria una revisión conceptual, así como su caracterización y clasificación (Mas, 2011, 2017).

En la presente comunicación se precisan el concepto y naturaleza del *marès* de la isla de Mallorca, a la vez que se realiza una clasificación tipológica a partir del contexto geológico y cronoestratigráfico, relacionándolo con usos específicos tradicionales, aspectos históricos-etnológicos, etc.

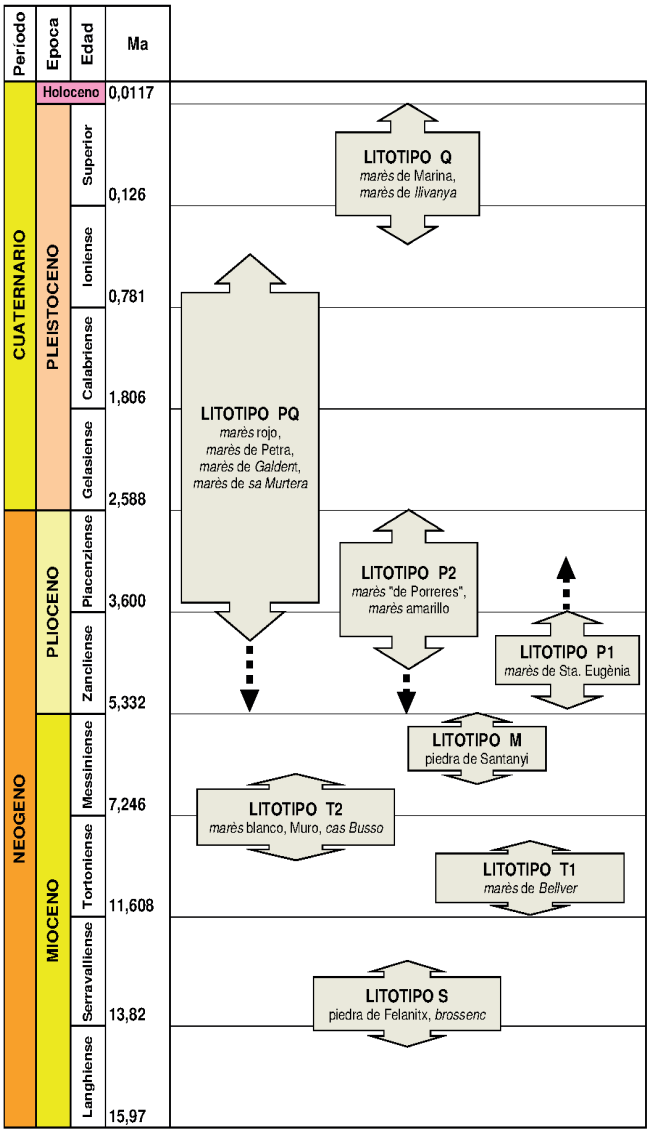


Figura 1. Cronoestratigrafía del *marès* de Mallorca.

CONCEPTO

Los principales rasgos diferenciales que caracterizan el *marès* mallorquín son:

1. Petrológicamente es una roca sedimentaria calcarenítica, más o menos litificada, de naturaleza detrítica carbonatada. Está constituida por más del 50% de elementos calcáreos (bioclastos, oolitos, litoclastos, etc.) pertenecientes a la fracción arena, con granos entre 2 y 1/16 mm de diámetro aglutinados por cemento carbonatado.

2. De fácil obrar. Se caracteriza por la facilidad de extracción, corte y adaptación a las formas que puedan demandar las diferentes necesidades, lo que da lugar a diversas variedades y tamaños que son apreciadas para usos diversos.

3. Usado como material de construcción.

4. Se trata de una roca muy abundante tanto en Mallorca como en el resto de las Islas Baleares, esto unido a su disponibilidad, explica su sistemática utilización en la construcción local.

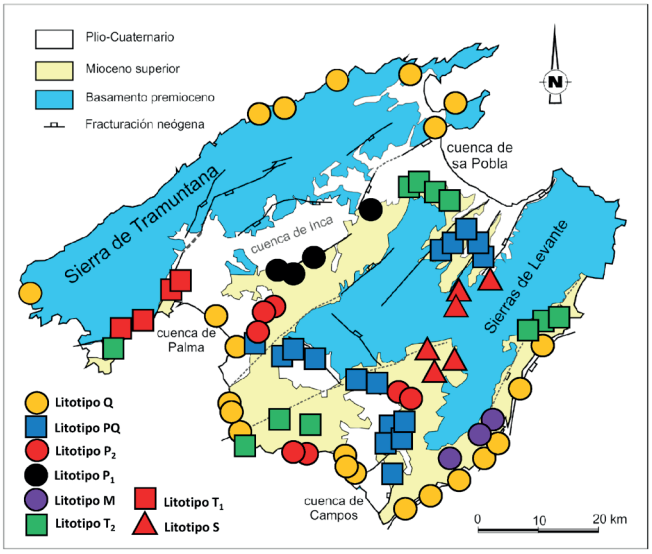


Figura 2. Localización de las principales canteras (*pedreres*) de los litotipos de *marès* sobre un mapa simple geoestructural de la isla de Mallorca.

Independientemente de lo que semánticamente su propio nombre indica (del catalán *marès, -esa* adj.: del mar, relativo o perteneciente al mar) se puede tratar tanto de un material calcáreo depositados en el mar (sedimentación marina) como de una acumulación carbonatada de origen eólico (sedimentación continental).

También debe abandonarse la idea errónea de que todo el *marès* es de procedencia cuaternaria (Fullana, 1974), ya que, como veremos más adelante en la clasificación propuesta, algunos tipos de estas areniscas mallorquinas pueden llegar a ser hasta del Mioceno medio (Serravalliense-Langhiense).

Se incluye en este estudio la denominada piedra de *Santanyí*, ya que, a pesar de ser tradicionalmente considerada una roca diferenciada del *marès*, en general comparte con este característica comunes, ya que se trata también de una calcarenita, de fácil obrar y tradicionalmente utilizada en la construcción.

TIPOLOGÍA

Las diferentes variedades de *marès* existentes en Mallorca, han sido agrupadas atendiendo principalmente a su origen cronoestratigráfico, lugar de procedencia y características intrínsecas, resultando un total de 8 litotipos (Figura 1; Tabla 1):

A) Litotipo Q (eolianitas del Pleistoceno medio-superior)

Explotado en el litoral de la isla. Presenta normalmente una clara estratificación que facilitaba la extracción de piezas de poco espesor utilizadas para la construcción de medianeras, pavimentos y techumbres. Antiguamente los sillares se transportaban por vía marítima hasta Palma donde eran descargados a pie de la muralla para su venta y distribución (Habsburg-Lothringen, 1871; Rosselló, 1964; Vich, 2006). Muchas casas de planta gótica de los pueblos del Mediodía de la isla, presentan este litotipo en sus fachadas y arcos.

Tipo	Denominaciones	Litología	Edad	Ambiente sedimentario	Canteras significativas	Observaciones
Q	*marès* de marina *marès* de *llivanya*	eolianita	Pleistoceno medio-superior	continental eólico	*ses Cadenes* (Palma) *ses Olles* (Llucmajor) *ses Covetes* (Campos) *s'estret des Temps* (Santanyí)	laminación icnitas de Myotragus
PQ	*marès* rojo *marès* de *Galdent* *marès* de Petra *marès* de *sa Murtera*	eolianita	Pliocuaternario	continental eólico	*Galdent* (Llucmajor) *Cas Villafranquer* (Petra) *sa Murtera* (Manacor) *Son Toni Amer* (Campos)	puede presentar laminación
P_2	*marès* "de Porreres" *marès* amarillo	biocalcarenita	Plioceno	marino litoral	*Son Grau* (Campos) *Can Ramis* (Llucmajor) *sa Cova* (Llucmajor) *Son Monjo* (Llucmajor)	explotación de niveles lumaquelicos ornamentales y muelas molino
P_1	*marès* amarillo arcilloso *marès* de Sta. Eugènia	calcisiltita	Plioceno	marino prodelta / marino infralitoral	*ses Coves* (Sta. Eugènia) *es Terrer Blanc* (Sencelles) *Ca na Pirris* (Llubí) *Son Bernat* (Llubí)	variedad muy lumaquélica *Amusium*
M	piedra de Santanyí	Caliza *grainstone* oolítica	Messiniense	marino litoral (intermareal)	*Cas Corso* (Felanitx) *Can Cirerol* (Felanitx) *Sant Isidre* (Felanix) *Son Jordà* (Santanyí)	estromatolitos y estructuras de corriente
T_2	*marès* blanco *marès* de Muro *marès* de *Cas Busso*	calcisiltita a calcarenita	Tortoniense superior-Messiniense	marino litoral	*Son Auba* (Muro) *sa Teulada* (Sta. Margalida) *Cas Busso* (Llucmajor) *Portals Vells* (Calvià)	localmente algas rodofíceas
T_1	*marès* de *Bellver*	calcisiltita	Tortoniense inferior	marino deltaico-litoral	*Bellver* (Palma) *sa Teulera* (Palma) *Torrenova* (Calvià) *Cala Vinyes* (Calvià)	puede incluir niveles de cantos (tamaño grava)
S	*marès* o piedra de Felanitx *marès brossenc*	calcilutita a calcarenita	Langhiense-Serravalliense	marino litoral	*sa Mola* (Felanitx) *es Camp Roig* (Felanitx) *sa Comerma* (Felanitx) *sa Real* (Manacor)	2 subtipos: a) blanco pulverulento; b) variedad dura (*brossenc*)

Tabla 1. Clasificación tipológica del *marès* de Mallorca.

B) Litotipo PQ (eolianitas del Pliocuaternario)

El *marès* de *Galdent* (Llucmajor) es de calidad con grano medio a grueso, muy homogéneo y duro, es muy demandado para la construcción de acabados, arcos, ventanas, esquineras, etc. El *marès* de *Son Toni Amer* (Campos) se caracteriza por presentar muchas rizoconcreciones (estructuras de raíces fósiles) e inclusiones arcillosas rojas. Algunas areniscas de este tipo, como las de *sa Murtera* y *sa Sínia Nova* (Manacor), presentan un aspecto finamente laminado (peinado). Las piezas de *marès* correspondientes a niveles fuertemente recristalizados y duros de la cantera de *sa Sínia Nova* han llegado a admitir incluso el pulido.

C) Litotipo P_2 (biocalcarenitas marinas del Plioceno)

El *marès* de *Son Grau*, por su finura y facilidad de obrar (Fullana, 1974), ha sido muy utilizado en la construcción de fachadas, molduras, balcones, etc. Este tipo de arenisca la podemos encontrar en las fachadas de algunos edificios emblemáticos del modernismo palmesano como el Círculo Mallorquín, el Gran Hotel (Sánchez-Cuenca, 2010), así como en los principales edificios de la isla. En la zona de Llucmajor se han explotado niveles lumaquélicos (*copinyat*) del Plioceno (Mas *et al.*, 2013, Mas, 2016) destinados a la elaboración de

muelas de molino (posiblemente de época andalusí, J. Sánchez-Navarro, com. pers.) y más recientemente con fines ornamentales. La importancia de las explotaciones y la calidad del *marès* P_2 de las canteras de *Son Grau-Son Oliver-Son Rossinyol* (Campos) llego a determinar la ubicación de la estación de tren denominada Canteras, desde donde se cargaba y distribuía este material constructivo hacia la capital (Mas, 2011).

D) Litotipo P_1 (calcisiltitas marinas del Plioceno)

Marès amarillento muy limoso y de baja calidad presente en la mayoría de casas y muros de la zona de Sta. Eugenia, Sencelles y Llubí, coincidiendo con el trazado de la falla Sencelles-Vinagrella, que ha permitido su afloramiento (Mas, 2016).

E) Litotipo M (caliza oolítica del Messiniense)

Se trata de una roca muy conocida y apreciada para la construcción de acabados, talla artística y escultura, presente en buena parte de las construcciones más emblemáticas de la isla (Catedral, Lonja de Palma, Castillo de Bellver, etc) así como de fuera (Castel Nuovo de Nápoles, Palacio de la Virreina de Barcelona).

F) Litotipo T_2 (calcisiltitas y calcarenitas del Tortoniense superior)

Marès blanco que localmente puede contener gran cantidad de restos de algas rodofíceas. Presente en el interior del oratorio-panteón de la finca de *sa Torre* (Llucmajor), la estación del ferrocarril de Inca y la iglesia parroquial de Sineu. El *marès* de Muro-Santa Margarita ha sido ampliamente utilizado para la construcción de edificaciones de esas y otras poblaciones, así como para los arcos de entrada de algunas casas de Palma.

G) Litotipo T_1 (calcisiltitas del Tortoniniense inferior)

Marès de calidad media de colores pardos, que localmente presente abundantes nivelillos de conglomerados con cantos tamaño grava. Explotado antiguamente en la zona oeste de la cuenca de Palma. Utilizado para la construcción del Castillo de Bellver, la Catedral, y las iglesias de la Santa Cruz e Inmaculada Concepción (*Sant Magí*) de Palma.

H) Litotipo S (calcilutitas y calcarenitas del Langhiense-Serravalliense)

Este tipo de *marès* presenta dos subtipos bien diferenciados, el subtipo (a) correspondiente a un *marès* blanco flojo y pulverulento explotado antiguamente en Felanitx y Manacor, y el subtipo (b) correspondiente a niveles mucho más duros que todavía se explotan al sur de la localidad de Felanitx (*marès brossenc*).

CONCLUSIONES

– El concepto de *marès* viene definido tanto por las características intrínsecas del propio material como por el tratamiento y uso que se puede hacer del mismo. El *marès* se debe definir, por tanto, como una calcarenita, de fácil trabajar y usada como material de construcción.

– En general se trata de un material con una alta porosidad, en general muy blando y con una resistencia a la compresión muy baja, en comparación con otros materiales utilizados en la construcción.
– Su origen puede ser tanto marino como continental (eolianitas).
– La cronoestratigrafía del *marès* de Mallorca incluye desde el Langhiense-Serravalliense (~ 14 Ma) hasta el Pleistoceno superior (~ 20 ka) (Fig. 1).
– En la isla de Mallorca, se han identificado 8 litotipos de *marès* (Tabla 1), los 2 de formación más moderna (tipo Q y PQ) de origen eólico y los 5 restantes de origen marino. 3 litotipos (Q, P_1 y T_1) no se explotan ni utilizan en la actualidad.
– La variabilidad en las características intrínsecas (porosidad, densidad, cementación, etc.) y la irregularidad de respuesta (absorción, resistencia, etc.) hacen que el *marès* sea un material de difícil homologación y estandarización.
– En la restauración de edificios, en relación a sustitución de piezas de *marès*, se hace necesario conservar el tipo original de arenisca para no desvirtuar las características patrimoniales genuinas.
– El *marès* de Mallorca, junto con las canteras (*pedreres*) donde se extrae, además de constituir un valioso patrimonio histórico-etnológico-cultural, conforman un importante patrimonio geológico-natural que registra la historia geológica de la isla durante los últimos 14 Ma, Por todo esto el *marès* mallorquín merece una posición destacada tanto dentro del sistema de geoconservación como de salvaguarda del patrimonio cultural, en el ámbito balear.

REFERENCIAS

Alonso, F.J., Ordaz, J. And Esbert, R.M. 1996. Deterioro selectivo de la piedra de construcción de la catedral de Palma de Mallorca. *Geogaceta*, 20 (5): 1228-1231.

Amengual, C. and Serra, M.M. 2008. *El marés y la piedra de Santanyí en Mallorca: Canteras y caracterización bàsica*. Proyecto de final de carrera. Arquitectura Tècnica. Escola Politècnica Superior. Universitat de les Illes Balears. 560 pp.

Fullana, M. 1974. *Diccionari de l'art i dels oficis de la construcció*. Ed. Moll. 8à edició (gener, 2005). Palma. 490 pp.

Garcia-Inyesta, N. y Oliver, G. 1997. *Construir en Marès*. Col·legi Oficial d'Arquitectes de Balears. 270 pp.

Habsburg-Lothringen, L.S. 1871. *Die Balearen in Wort und Bild geschildert*. Zweiter Band. Die eigentlichen Balearen. Drittes Buch. Mallorca. I. Allgemeiner theil. F.V. Brockhaus. 665 pp. Leipzig. Traducción al castellano: Habsburg-Lothringen, L.S. 1989. *Las Baleares por la palabra y el grabado. Las Baleares propiamente dichas. Mallorca (parte general)*. Traducción del vol. III de la segunda parte de Die Balearen. Edición Caja de Baleares "Sa Nostra", vol 6, 931 pp.

Mas, G. 2011. El marès de Mallorca: concepte, caracterització i tipologia. *Estudis Baleàrics*, 100/101, 151-171.

Mas, G., Fornós, J.J. y López, B. 2013. Revisió de la sèrie neògena de la zona de cala Pi-Vallgornera-es Pas (Llucmajor, Mallorca). En: Pons, G.X., Ginard, A. and Vicens, D. (eds.), *VI Jornades de Medi Ambient de les Illes Balears. Ponències i Resums*. Societat d'Història Natural de Balears, 114-116.

Mas, G. 2016. *El registre estratigràfic del Messinià terminal i del Pliocè a l'illa de Mallorca. Relacions amb la crisi de salinitat de la Mediterrània*. Tesis doctoral. Universitat de les Illes Balears. 534 pp.

Mas, G. 2017. Hacia una tipología de la piedra de marés de Mallorca. Concepto, caracterización y estratigrafía. *Boletín Geológico y Minero* (Monográfico Piedra Natural: Geología, economía y medioambiente), 128 (1) (en prensa).

Mateos, R.M., Durán, J.J. y Robledo, P.A. 2011. Mares Quarries on the Majorcan Coast (Spain) as Geological Heritage Sites. *Geoheritage*, 3: 41-54.

Muntaner, A. 1959. Noticia sobre la existència de una cantera de època romana en las inmediaciones de Cala-Pi (Mallorca). *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Balears*, 5, 60-61.

Pomar, L., Marzo, M. y Barón, A. 1983. El Terciario de Mallorca. En: Pomar, L., Obrador, J., Fornós, J. J. y Rodríguez-Perea,

A. (eds.) *El Terciario de las Baleares (Mallorca-Menorca). Guía de las excursiones. X Congreso Nacional de Sedimentología, Menorca 1983*. Grupo Español de Sedimentología. pp. 21-44.

Rosselló, V.M. 1964. *Mallorca: El Sur y Sureste. Municipios de Llucmajor, Campos, ses Salines, Santanyí, Felanitx y Manacor*. Cámara Oficial de Comercio, Industria y Navegación de Mallorca. Palma de Mallorca. 553 pp.

Sánchez-Cuenca, R. 2010. *El marés. El material, su origen, historia, propiedades, canteras y calidades disponibles actualmente*. Ramón Sánchez-Cuenca (ed.). 124 pp.

Salvà, C. 2011-2016. http://paisatgestransformats.blogspot.com.es (31/12/2016).

Vich, F. 2006. *Trencadors dels segles XIX i XX*. Ajuntament de Llucmajor. 106 pp.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO INMATERIAL DE LAS ISLAS BALEARES

INTANGIBLE PALEONTOLOGICAL HERITAGE OF THE BALEARIC ISLANDS

G. Mas[1] y H. Astudillo[2]

[1] Museu Balear de Ciències Naturals, Apartat de Correus núm. 55, 07100 Sóller (Mallorca), Illes Balears. masgornals@gmail.com

[2] Departament de Medi Ambient i Ciències del Sòl, Universitat de Lleida, Avinguda de l'Estudi General, 4, 25001 Lleida. hastudillo@macs.udl.cat

Resumen: El patrimonio cultural inmaterial está formado por objetos culturales que constituyen el conjunto de creaciones basadas en la tradición de una comunidad cultural expresada por un grupo o por individuos. El patrimonio inmaterial es visto como un depósito de la diversidad cultural y como un referente de la propia identidad que cabe salvaguardar. El patrimonio paleontológico inmaterial, objeto de estudio de la Paleontología Cultural y la Etnopaleontología, está constituido por las influencias, de tipo no científico, que algunos fósiles han ejercido y ejercen sobre la cultura humana. En este trabajo se recopila, estudian e interpretan las aportaciones e influencias ejercidas por los fósiles en relación al patrimonio cultural inmaterial de las Islas Baleares. Estas aportaciones afectan al patrimonio lingüístico (nombres populares y toponimia), patrimonio literario-narrativo (leyendas y locuciones), así como al patrimonio credenciario (creencias) y costumbrario (usos) del ámbito geográfico de las Islas Baleares.

Palabras clave: Etnopaleontología, fósiles, Islas Baleares, Paleontología cultural, patrimonio cultural inmaterial.

Abstract: *The intangible cultural heritage is made up the practices, representations, expressions, as well as the knowledge and skills, that communities, groups and, in some cases, individuals recognise as part of their cultural heritage. It provides people with a sense of identity and continuity, and promotes respect for cultural diversity and human creativity. The intangible paleontological heritage, object of study of the Cultural Palaeontology and the Ethnopaleontology, is constituted by the non-scientific influences that some fossils have exerted and they exert on the human culture. In this paper we collect, study and interpret the contributions and influence from fossil remains in relation to the cultural heritage of the Balearic Islands. These contributions affect the linguistic heritage (popular names and place names), literary-narrative heritage (legends and phrases), belief-heritage (beliefs) and customs heritage (uses) of the geographical area of the Balearic Islands.*

Key words: *Balearic Islands, cultural palaeontology, etnopaleontology, fossils, intangible cultural heritage.*

INTRODUCCION

Patrimonio cultural inmaterial

El patrimonio no está constituido únicamente por yacimientos, monumentos y colecciones de objetos tangibles, sino que comprende también procedimientos o expresiones tradicionales heredados de los antepasados y transmitidas a los descendientes, como narraciones orales, usos sociales, creencias y rituales, actos festivos, conocimientos y prácticas relativos a la naturaleza, al universo y a saberes y técnicas vinculados a la artesanía tradicional.

La UNESCO (2000; 2001; 2003) define el patrimonio oral e inmaterial como "el conjunto de creaciones basadas en la tradición de una comunidad cultural expresada por un grupo o por individuos y que reconocidamente responden a las expectativas de una comunidad en la medida en que reflejan su identidad cultural y social".

El patrimonio cultural inmaterial (PCI) se manifiesta en particular en los ámbitos siguientes: a) tradiciones y expresiones orales, incluido el idioma como vehículo del PCI; b) artes del espectáculo; c) usos sociales, rituales y actos festivos; d) conocimientos y usos relacionados con la naturaleza y el universo; e) técnicas artesanales tradicionales.

El PCI es visto como un depósito de la diversidad cultural y como un referente de la propia identidad. Este patrimonio puede ser muy vulnerable a las fuerzas y efectos de la globalización, la transformación social y la intolerancia, por lo que la UNESCO alienta a las comunidades a salvaguardar este PCI, promoviendo la identificación, documentación, investigación, preservación, protección, promoción, valorización, transmisión -básicamente a través de la enseñanza formal y no formal- y revitalización de este patrimonio en sus distintos aspectos.



Figura 1. *Perdigalls* (perdigones), nombre popular de terebratulidos jurásicos motivados por su parecido con esta gallinácea.

Paleontología cultural y Etnopaleontologia

Paleontología cultural es un neologismo creado y utilizado (Astudillo, 2008; 2010) para designar una nueva área de estudio y conocimiento que pretende vincular, íntimamente, los campos de la paleontología y de la etnología. Esta nueva área de investigación tiene como objeto los diversos tipos de relaciones ex-

tra-científicas comprobadas empíricamente o documentadas, establecidas históricamente y geográficamente, entre los humanos y los fósiles, relaciones que se ponen de manifiesto a través de diversos productos culturales, unos de naturaleza tangible (objetos) y los otros de naturaleza intangible (ideas).

Esta nueva disciplina, por tener un objeto de estudio tan amplio y unos objetivos tan variados, necesariamente, debe ser concebida como una disciplina de síntesis y por tanto de contornos bastante difusos que, en muchas ocasiones, se solapan con los márgenes de los campos de estudio de otras disciplinas (Paleontología, Geología, Etnología, Historia, Literatura, Filología, Artes Plásticas, Publicidad, Heráldica, Filatelia, Numismática, etc.).

Las diversas repercusiones culturales de tipo no científico, causadas por fósiles, han contribuido a enriquecer a) el patrimonio lingüístico, en forma de nombres populares de fósiles y toponimia de motivación paleontológica; b) el patrimonio literario, en forma de leyendas populares o más raramente motivando la creación de locuciones, refranes, poemas y adivinanzas; c) el patrimonio de creencias, ya sean en forma de creencias legendarias sobre supuestos orígenes fantásticos de los fósiles o sus yacimientos, o creencias racionales sobre supuestos orígenes naturales fundamentadas en el sentido común, las observaciones y experiencias ordinarias; y d) el patrimonio de costumbres y usos populares, ya sea bien de carácter supersticioso, fundamentados en creencias irracionales con funciones sociales de tipo mágico, religioso, protector (amuletos o talismanes), curativo (remedios terapéuticos), probatorio (testimonial), anunciador o pronosticador (augural), etc., o bien de carácter utilitario secular no supersticioso, fundados sobre ciertas características descubiertas empíricamente, con funciones sociales de tipo estético, económico, comunicativo o lúdico y usos de carácter comercial, artesanal, medicinal, recreativo, etc.

La etnopaleontología, (Astudillo, 2008; 2010) o folklore de los fósiles, es una subárea de la paleontología cultural que hace referencia a la recopilación, estudio e interpretación de las concepciones, funciones y costumbres populares y/o tradicionales que caracterizan las relaciones de una comunidad humana o cultura particular, con algunos fósiles existentes en su entorno natural (fósiles autóctonos) y/o entorno cultural (fósiles alóctonos), en el contexto de un ámbito geográfico y período histórico concretos. La etnopaleontología es la paleontología cultural, practicada a pequeña escala tomando como límites, unidades territoriales, bastante pequeñas y como objetivo comunidades muy homogéneas culturalmente.

En esta comunicación se recopilan, estudian e interpretan las diversas repercusiones de tipo no científico que han ejercido los fósiles sobre el conjunto del PCI comunitario, en el ámbito territorial social-geográfico de las Islas Baleares.

RESULTADOS EN EL ÁMBITO DE LAS ISLAS BALEARES

Patrimonio lingüístico

a) Etnopaleontonímia:

Identificación, estudio y publicación de 60 nombres vulgares de fósiles (Fig. 1): 37 de Menorca, 18 de Mallorca, 3 compartidos y 2 de Ibiza-Formentera (Mas y Astudillo, 2011; Mas *et al*., 2014).

b) Paleontotoponimia:

Identificación, estudio y publicación de 76 nombres de lugar, inspirados por la presencia de restos fósiles (Fig. 2): 67 en Mallorca, 12 en Menorca, 4 en Ibiza y 3 en Formentera (Mas *et al*., 2010; Mas *et al*, 2011). Se

incluyen algunos (21) relacionados con cavidades (Espeleotoponimia) y otros (38) relacionados con minas de lignitos (Antracotoponimia).



Figura 2**.** Topónimo punta de *ses Taronges* (las Naranjas), motivado por la acumulación de grandes rodolitos (algas rodofíceas) del Mioceno.

Creencias

Identificación, estudio y registro de viejas creencias baleares, legendarias o supersticiosas, relacionadas con la "petrificación" de algunos organismos marinos o terrestres y con las "virtudes" de algunos fósiles:

Balas petrificadas del tiempo de ocupación de los moros (rostros de cefalópodos belemnoideos, *vulg*. belemnites. Mesozoico). Isla de Mallorca.

Conchas de moluscos marinos petrificadas, de cuando el mundo primordial se calentó tanto que el mar hirvió, se cocieron y petrificaron. Isla de Mallorca.

Conchas de moluscos marinos petrificadas, oscurecidas o enrojecidas, supuestamente "requemadas" por haberse "formado" a gran profundidad, muy cerca del infierno, la "cocina del demonio" (Plioceno). Llucmajor, Mallorca.

Conchas petrificadas de moluscos marinos, de cuando el Diluvio universal hizo desbordar los mares, inundando los continentes e islas, dejando dispersos los restos de animales marinos en tierra firme. Islas de Mallorca y Menorca.

Conchas de gasterópodos terrestres petrificadas por brujería (gasterópodos pulmonados indiferenciados tipo *Otala* sp., *Eobania* sp., *Iberellus* sp. Cuaternario). Biniguarda, Menorca.

Pisadas de la Virgen de Monte Toro dejadas cuando pasó andando [*Daonella lommeli* (Wissmann, 1841). Triásico medio]. Isla de Menorca (Mas *et al*., 2014; Astudillo, 2016).

Almendrucos petrificados con virtudes medicinales y protectoras, moldes internos fósiles de braquiópodos [*Telothyris jauberti* (Deslonchamps, 1863), *Terebratula terebratula* (Linnaeus, 1758), *Megathiris detruncata* (Gmelin, 1790), *Megerlia truncata* (Linnaeus, 1767). Jurásico y Mioceno superior]. Isla de Menorca.

Caracoles de piedra que se petrificaron por comer demasiado barro (cefalópodos ammonoideos, *vulg*. amonites. Mesozoico). Escorca Isla de Mallorca.

Ojos de serpiente petrificados milagrosamente por San Pablo, *ojos de pez y ojos de perdiz* petrificados y *piedras de sapo* (*bufonitas*) que alejan la mala suerte y las desgracias [*Sparus cinctus* (Agassiz, 1843). Mioceno superior]. Islas de Menorca, Mallorca e Ibiza.

Lengua de San Pablo petrificada que aleja animales venenosos y curan sus picaduras [*Carcharocles megalodon* (Agassiz, 1843). Mioceno superior]. Isla de Menorca.

Lenguas de serpiente petrificadas por San Pablo que alejan animales venenosos y curan sus picaduras (tiburones lamniformes como *Carcharias* sp., *Odontaspis* sp., *Isurus* sp. Mioceno superior). Isla de Menorca.

Lenguas de gorrión petrificadas que alejan animales venenosos y curan sus picaduras (tiburones lamniformes como *Carcharias* sp., *Odontaspis* sp., *Isurus* sp. Mioceno superior). Isla de Menorca.

Cola del Diablo petrificada, que perdió luchando con san Miquel (cefalópodos ammonoideos, *vulg.* amonites. Mesozoico). Felanitx, Mallorca.

Usos

Identificación, estudio y registro de ideas creativas, antiguas y modernas, de aplicaciones económicas, simbólicas o mágico-defensivas de ciertos géneros de fósiles y rocas fosilíferas.

a) Constructivo y ornamental:

Lumaquela de conchas de bivalvos y gasterópodos marinos (*copinar*), losas y sillares de piedra ornamental (Neógeno). Islas de Mallorca, Ibiza y Formentera.

Lumaquela de caparazones de foraminíferos (*Nummulites*), torneado de columnillas para ventanas y balcones (caliza nummulítica. Eoceno). Isla de Mallorca.

Bioconcrecciones (*brescat*), losas de piedra ornamental para revestir muros: (estromatolitos, cianobacterias. Mioceno superior). Llubí, Mallorca.

Construcción de paredes rústicas con grandes valvas fósiles de ostra [*Crassostrea gryphoides* (Schlotheim, 1813). Mioceno superior]. Palma, Mallorca.

Decoración de fachadas con *caracoles de piedra* (cefalópodos ammonoideos, *vulg.* amonites. Mesozoico). Isla de Mallorca.

Bioconcrecciones globulares (*bomba*) Jardineras para plantas crasas y cactus (oncolitos, cianobacterias, Mioceno superior). Campos, Mallorca.

b) Apotropaico y medicinal:

Piedras con marcas radiantes, consideradas reliquias milagrosas de la Virgen María y recuerdo del Monte Toro para proteger la casa, su contenido y sus ocupantes [*Daonella lommeli* (Wissmann, 1841). Triásico medio]. Isla de Menorca.

Piedras semipreciosas engastadas en anillos protectores (amuletos) [*Sparus cinctus* (Agassiz, 1843), Mioceno superior]. Islas de Menorca y Mallorca.

Lenguas de serpiente petrificadas que curan las picaduras y alejan animales venenosos (amuletos) (tiburones lamniformes como *Carcharias* sp., *Odontaspis* sp., *Isurus* sp. Mioceno superior). Isla de Menorca.



Figura 3. Uso emblemático del bóvido fósil *Myotragus* sp.: A. Lúdico-festivo, B. Enológico-comercial.

c) Lúdico:

Juegos infantiles de búsqueda-recogida, de simulación de compra-venta, pagando con monedas de piedra y como fichas (grandes *Nummulites.* Eoceno). Isla de Mallorca.

d) Emblemático:

Foraminíferos fósiles representados en el matasellos del centenario del nacimiento de Guillem Colom i Casasnovas, emitido en Sóller, Mallorca, el 24-26 de agosto de 2000.

El nombre y la imagen del *Myotragus* sp. (Plioceno-Cuaternario) es un emblema de diversas actividades y productos:

Filatelia: representación del esqueleto en sello personalizado emitido en diciembre de 2010, Palma, Mallorca.

Marcofilia: representación de silueta de esqueleto en matasellos y en sobre ilustrado conmemorativos, emitidos en Sóller el 8-9 de mayo de 1993.

Enología: denominación de un vino y representación viviente del animal en la etiqueta elaborado conjuntamente por las bodegas Son Bordils de Inca y Pinavaley de Valldemossa. Mallorca (Fig. 3B).

Denominación del licor de hierbas "Tragus", representación de la calavera del animal en la etiqueta. Deiá, Mallorca.

Vida social: denominación de un festival musical y representación en logos y carteles de la "Myotragus Fest".

Logo y nombre del club ciclista "Myotragus TEC-SOFT". Palma y del club de montañismo y escalada de Cala Ratjada, Mallorca.

Logo y nombre de "els Myotragus" un "grupo de demonios", danzantes y corredores callejeros, con pirotecnia. Ferreries. Menorca.

e) Literario:

Ciertos géneros fósiles son protagonistas de antiguas leyendas etiológicas populares, aunque en obras de ficción actuales aparece *Myotragus* sp. como motivo recurrente:

Personaje secundario en la novela gráfica (cómic) "El Joven Lovecraft" (Oliver y Torres, 2015).

Título y personaje en la obra de teatro infantil sobre flora y fauna balear prehistórica "Professor Sorpreses a la terra del Myotragus" de 2006.

Título y protagonista en la obra de teatro callejero y pirotécnico "Myotragus torna" de 2014.

DISCUSIÓN-CONCLUSIÓN

En esta comunicación se hacen evidentes las variadas y numerosas influencias ejercidas por los fósiles sobre el PCI de las Islas Baleares, enriqueciendo el patrimonio lingüístico (nombres populares y toponimia), el patrimonio literario-narrativo (leyendas y locuciones), así como el patrimonio credenciario (creencias) y costumbrario (usos) del ámbito geográfico de las Islas Baleares.

Las diversas influencias de los fósiles sobre la sociedad y la cultura balear que se muestran en esta comunicación ponen de manifiesto una visión del fenómeno de la fosilización de tipo, fundamentalmente, "naturalista", pues, salvo unos pocos casos, no se hace referencia a la intervención de seres o fuerzas sobrenaturales, manifestando un fuerte vínculo con el entorno de las actividades cotidianas de agricultores y marineros. En la antigüedad debieron predominar las concepciones sobrenaturalistas, dadas las virtudes extraordinarias atribuidas a algunos fósiles.

El *Myotragus* constituye un caso muy especial de fuerte y reciente influencia cultural, como símbolo de identidad territorial en la sociedad balear contemporánea, especialmente en la isla de Mallorca.

REFERENCIAS

Astudillo, H. 2008. Paleontología Cultural y Etnopaleontología (1 y 2) Folklore de los fósiles ibéricos, 22/06 y 29/12. http://folklore-fosiles-ibericos.blogspot.com.es/2008/06/paleontologa-cultural.html

Astudillo, H. 2010. Paleontología cultural y Etnopaleontología. Dos nuevos enfoques sobre el registro fósil. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18 (3): 284-297.

Astudillo, H. 2016. Santuario de Nª Sª del Monte Toro (Menorca). Folklore de los fósiles ibéricos, 18/09. http://folklore-fosiles-ibericos.blogspot.com.es/2016/09/el-registro-fosil-iberico-y-el-santoral.html

Mas, G., Astudillo, H., y Quintana, J. 2011. Toponímia de motivació paleontològica de les Illes Balears. En: Bassa, R. y Latorre, F. (coords.). *XXIII Jornada d'Antroponímia i Toponímia - V Seminari de Metodologia en Toponímia i Normalització Lingüística.* Porreres, 2010. Universitat de les Illes Balears-Govern de les Illes Balears, 209-238.

Mas, G., Astudillo, H., Quintana, J. y Gràcia, F. 2010. Espeleotoponímia de motivació paleontològica i Antracotoponímia de les Illes Balears. *Endins*, 34: 155-164.

Mas, G., y Astudillo, H. 2011. Un fòssil juràssic amb un nom popular peculiar a la Vall de Sóller. *V Jornades d'Estudis Locals de Sóller i Fornalutx, 2010*. Ajuntament de Sóller i Ajuntament de Fornalutx,. 97-108.

Mas, G., Astudillo, H., Quintana, J. y Obrador, A. 2014. Etnopaleontonímia Balear. Recull de noms populars de fòssils de les Illes Balears. *Estudis Romànics*, 36: 131-164.

Oliver, J., Torres, B. 2015. *El joven Lovecraft. Vol. 3*. Diàbolo Ediciones S.L. Madrid, 104 pp.

UNESCO, 2000. Unesco to Protect Masterpieces of the Oral and Intangible Heritage of Humanity. *UNESCO Press*. 10 de mayo de 2000.

UNESCO, 2001. Unesco Issues First Ever Proclamation of Masterpieces of the Oral and Intangible Heritage. *UNESCO Press*. 18 de mayo de 2001.

UNESCO, 2003. Convention for the Safeguarding of the Intangible Cultural Heritage 2003. UNESCO. Paris, 17 October 2003 (MISC/2003/CLT/CH/14).

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

EL FRAILE DE BEAS DE GRANADA: UN MITO ENTRE PATRIMONIO GEOLÓGICO Y LEYENDA

THE FRAILE DE BEAS DE GRANADA: A MYTH BETWEEN GEOLOGICAL HERITAGE AND LEGEND

F.J. Roldán[1] y J.M. Azañón[2]

[1] Instituto Geológico y Minero de España (IGME). Urb. Alcázar del Genil, Ed. Zulema, 18006 Granada. fj.roldan@igme.es

[2] Departamento de Geodinámica. Univ. Granada. Campus de Fuentenueva s/n, 18071 Granada. jazanon@ugr.es

Resumen: A través de los rasgos estructurales de las rocas se puede deducir la evolución de las mismas en la superficie de la tierra. Estos rasgos de valor científico, didáctico, histórico o turístico, se incluyen dentro del patrimonio natural con interés también cultural. El Fraile de Beas de Granada se muestra como una figura rocosa considerada como el símbolo de esta localidad granadina. Esta figura está cincelada por la erosión del agua y el viento, que ha modelado la roca en forma de busto con un faldón parecido a un fraile. Desde el punto de vista histórico y turístico la estructura resultante la asocian con el mito, que un árabe construyó el Fraile para esconder en su interior un tesoro de gran valor. Sin embargo, la historia geológica demuestra que este rasgo geomorfológico ha sido consecuencia del modelado de unos estratos formados por una discordancia progresiva, asociada con el levantamiento de Sierra Nevada desde hace 8,3 Ma. La forma singular que muestra esta roca, la importancia paleogeográfica de este enclave, la localización dentro del Parque Natural Sierra de Huétor y la situación dentro de itinerarios geoturísticos, es motivo para que sea un sitio de interés geológico y cultural.

Palabras clave: Discordancia, Fraile de Beas, Parque Natural, Sierra Nevada, sitio de interés.

Abstract: *Through the structural features of the rocks can be deduced the evolution of the rocks on the surface of the earth. These traits of scientific, didactic, historical or tourist value are included within the natural heritage with cultural interest. The so-called "Fraile de Beas" is a rock considered as the symbol of this small location included in Granada province. This figure is chiselled by the erosion of water and wind, which has shaped the rock resembling a standing monk with a monk-like skirt. From the historical and tourist point of view the resulting structure has been associated with the myth that the Fraile was built by an Arab to hide inside it a treasure of great value. However, the geological history demonstrates that this geomorphological feature has been the result of the modeling of a stratum formed by a progressive discordance, associated with the Sierra Nevada rising from 8.3 million years ago. The singular shape of this rock, the paleogeographic importance of this enclave, the location within the Natural Park of the Sierra de Huétor and the location within geotouristic itineraries, justify its inclusion as a site of geological and cultural interest.*

Key words: *Discordance, Fraile de Beas, Natural Park, Sierra Nevada, site of interest.*

INTRODUCCIÓN

A unos 20 km al norte de Granada se encuentra el Parque Natural Sierra de Huétor con una extensión aproximada de 12.100 Ha. Está recorrido por un conjunto de sierras y valles de la Cordillera Bética, que están encajados sobre rocas fundamentalmente calcáreas que conforman un relieve cárstico. El desarrollo de especies vegetales sobre este tipo de rocas y relieve resalta aún más este paisaje pintoresco. Una de las principales ventajas de este Parque son las numerosas pistas forestales que lo recorren, constituyendo un atractivo turístico de gran magnitud. Junto con Sierra Nevada es el Parque más visitado de la provincia de Granada. Siete son las localidades que están dentro del Parque, entre ellas se sitúa Beas de Granada con una población de unos 1.100 habitantes. El Fraile de Beas es el símbolo del pueblo considerado durante mucho tiempo como un mito. Muestra una figura de un busto parecida a un fraile, dirigiendo su mirada hacia Sierra Nevada. La leyenda cuenta que fue construido por un árabe rico para esconder un gran tesoro bajo su efigie. En este trabajo se explicará el origen de las rocas sobre las que se talla el Fraile, su contexto paleogeográfico y el interés científico, didáctico y cultural que este lugar tiene.

ANTECEDENTES

Destacar un mito en cualquier pueblo es una tarea sobresaliente que data de nuestros antepasados. La puesta en escena de una leyenda es la idea fantástica de los lugareños para resaltar un símbolo extraordinario en sus lugares de origen. En este caso, suelen ser las reseñas del Ayuntamiento de Beas de Granada (2017) y de sus habitantes más antiguos. Uno de estos símbolos es el Fraile de Beas. Cuenta la leyenda que cuando conquistaron los Reyes Católicos Granada, un comerciante árabe rico, en su huida, construyó la figura del Fraile para esconder en su interior un gran tesoro. Serviría de señal para obtenerlo de nuevo el día que volvieran a recuperar sus tierras.

Esta curiosa leyenda, reñida con la ciencia, no deja de ser peculiar, máxime si el que huyó no fue el árabe, sino el mar hace 8,3 Ma al retirarse de esta región definitivamente.

Desde el punto de vista geológico en el "Pico del Fraile" junto a la localidad de Beas de Granada, se describe una sección estratigráfica de referencia para el Mioceno superior. Está formada por conglomerados de matriz calcarenítica con abundantes Bivalvos (Rodríguez-Fernández, 1982). Estos sedimentos se sitúan sobre unidades terciarias y mesozoicas, mostrando un bello ejemplo de discordancia progresiva.

Otros autores señalan en el vértice Fraile de Beas de Granada, unas estructuras modeladas que forman uno o varios frailes en procesión (Jabaloy *et al.*, 2008). La erosión ha esculpido estas estatuas naturales sobre estratos calcareníticos.

El Fraile de Beas tiene el número de identificación 282 en el Inventario Andaluz de Georrecursos (Junta de Andalucía, 2011), destacándolo como un rasgo geomorfológico. La puntuación es de 4 sobre 5 como mejor ejemplo representativo en Andalucía de un solo Contexto Geológico y con unas condiciones de observación excepcionales.

MARCO GEOLÓGICO

La Cordillera Bética forma la parte más occidental del cinturón montañoso Alpino perimediterráneo. Está constituida por dos grandes dominios geológicos: las Zonas Externas (ZE) al norte y las Zonas Internas (ZI) al sur (Figura 1). Las ZE corresponden a sedimentos mesozoicos y terciarios del paleomargen Ibérico. Las ZI albergan tres complejos tectónicos alóctonos superpuestos: Nevado Filábride, Alpujárride y Maláguide.

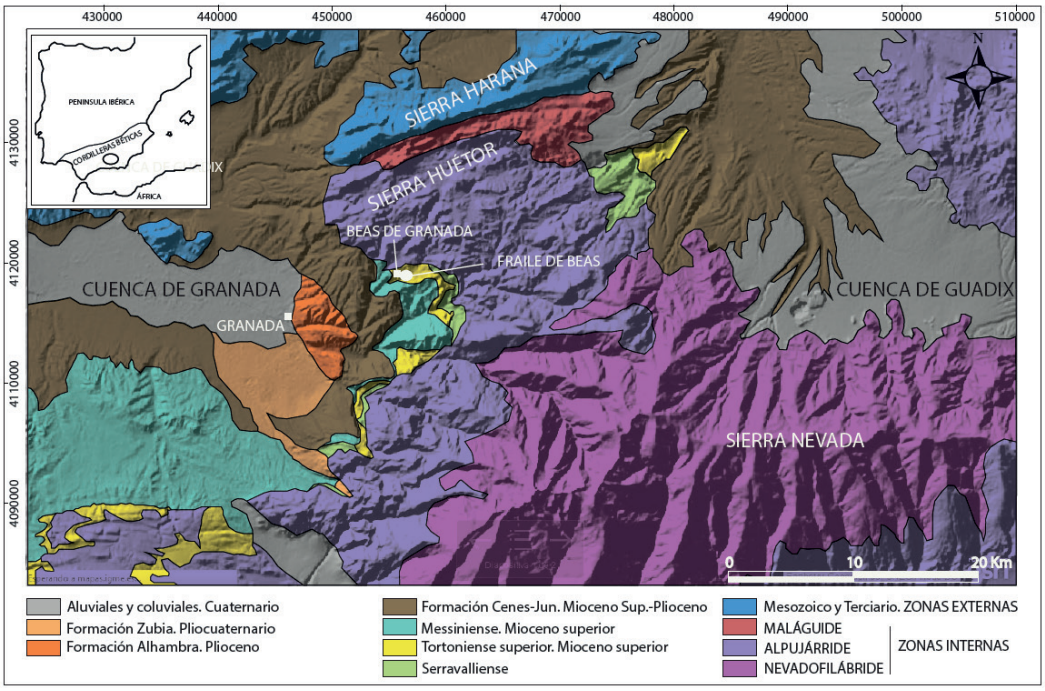


Figura 1. Mapa geológico simplificado de las cuencas de Granada y Guadix, con sedimentos marinos (Tortoniense) en ambas y separadas por Sierra Nevada.

Estos complejos están compuestos de filitas polimetamórficas y mármoles con un metamorfismo regional de grado variable. Entre ambos complejos se producen fallas extensionales con desplazamientos hacia el oeste, donde la Cuenca de Granada y la de Guadix representan los sectores con mayor hundimiento. El registro sedimentario de estas cuencas marca el inicio del levantamiento de Sierra Nevada y al mismo tiempo el periodo de relleno de las mismas. Estas cuencas, junto con otras de la Cordillera Bética, formaron parte del Estrecho Nordbético, que comunicó el Atlántico con el Mediterráneo.

En el Tortoniense superior, hace 8,3 millones de años, Sierra Nevada comenzó a elevarse. Hasta ese tiempo, el mar que comunicaba la cuenca de Granada con la de Guadix se separó. Sedimentos del Serravalliense y del Tortoniense que cubrían ambas cuencas se individualizaron, aflorando en ambos bordes de las mismas (Figura 1). A partir de 7,1 Ma, las tasas de levantamiento de Sierra Nevada fueron elevadas, lo que originó simultáneamente grandes procesos erosivos con la formación de secuencias deltaicas y aluvio-deltaicas en los bordes de estas cuencas.

Estos abanicos aluvio-deltaicos se han descrito en la bibliografía tradicionalmente como formaciones estratigráficas. Así pues, de muro a techo son:

Formación La Peza (Rodríguez-Fernández, 1982); Formación Quéntar (Rodríguez-Fernández, 1982); "Blockformation" (Von Drasche, 1879) o Formación Pinos Genil (González-Donoso, 1968); Formación Cenes-Jun; Formación o Conglomerado Alhambra (Von Drasche, 1879) y Formación Zubia. La Formación Dúdar descrita por Rodríguez-Fernández (1982), corresponde a la parte alta de la Formación Pinos Genil. Las edades de estos sistemas de depósito, van desde el Mioceno medio hasta el Cuaternario (Figura 1). Sin embargo, la dinámica actual del relieve con el consiguiente levantamiento de la Sierra y una importante incisión erosiva, ha condicionado la generación de otros sistemas de abanicos más recientes.

DATOS Y RESULTADOS

El análisis del registro geológico permite interpretar la evolución de las rocas en la superficie terrestre. Los elementos de mayor valor científico, didáctico o cultural deben de formar una parte del patrimonio natural y cultural de la sociedad.

En el sector de Beas de Granada, sobre el sustrato de rocas alpujárrides, se situó una secuencia de sedimentos que rellenaron el borde oriental de la Cuenca de Granada. En el Mioceno medio (Serravalliense) margas blancas con yesos y otros sedimentos terrígenos cubrían parte de las cuencas de Granada y Guadix. En el Mioceno superior (Tortoniense superior), el mar invadió parte de la Cordillera Bética entre las zonas Internas y Externas. En las partes más próximas al continente los sedimentos fueron detríticos, con facies de plataforma marina somera (calcarenitas, arenas y conglomerados de cemento bioclástico). Hubo áreas con entradas deltaicas a la cuenca marina, que quedaron registradas en secuencias potentes de conglomerados de cemento carbonatado (Formación Quéntar, Figura 2).

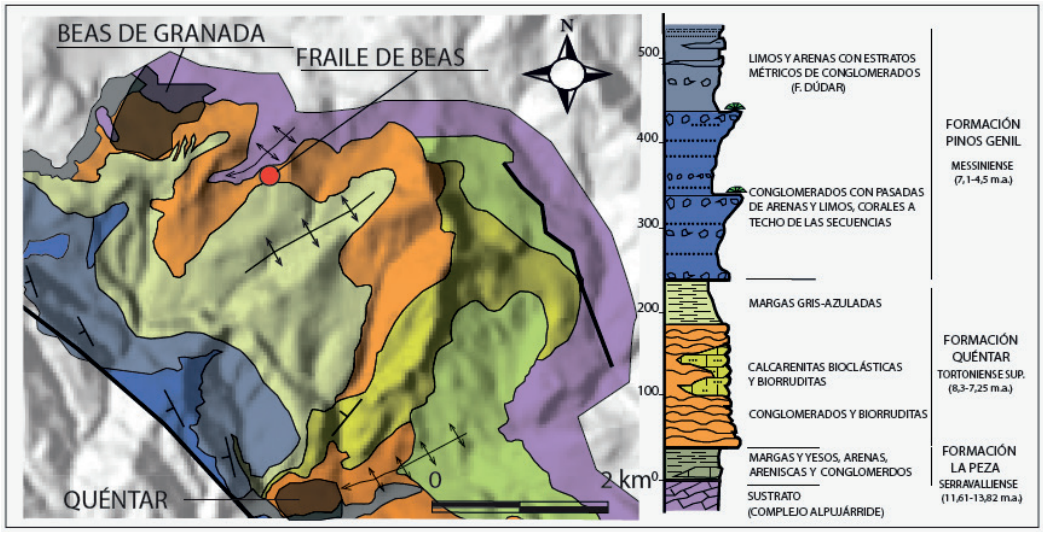


Figura 2. Mapa geológico de detalle de Beas de Granada. Leyenda ordenada en una secuencia estratigráfica de las diferentes formaciones definidas en la literatura geológica.

El análisis sobre mineralogía de apatitos del sustrato de las Zonas Internas, ha revelado un importante levantamiento de Sierra Nevada entre 9-10 y 4 Ma (Clark y Dempster, 2013). A este levantamiento le acompañó una gran denudación del bloque emergido, con una acumulación de rocas sedimentarias asociadas a abanicos aluviales y deltaicos, formados por conglomerados, arenas, limos con secuencias amalgamadas que culminaron con pequeños arrecifes de coral. Esta secuencia, en el sector de Beas, culminó con una sedimentación de elementos más finos correspondiente a la finalización de episodios aluvio-deltaicos (Formación Pinos Genil, Figura 2).

El levantamiento de las Zonas Internas, que comenzó entre 9-10 Ma, afectó al relleno sedimentario del Tortoniense superior. La surrección del relieve fue paulatina en el tiempo, con la formación de capas verticales y deformaciones de estratos próximos al sustrato y horizontales hacia el centro de cuenca. Este proceso originó una discordancia progresiva en los sedimentos (Figura 3).



Figura 3. Discordancia progresiva de conglomerados y calcarenitas sobre sustrato de rocas alpujárrides. Situación del Fraile de Beas (vista hacia el noroeste).

La individualización definitiva de las cuencas de Granada y Guadix con la retirada del mar hacia los 8,3 Ma, dejó un registro indeleble en las rocas del Tortoniense superior. Este registro quedó señalado como una discordancia progresiva, testigo del levantamiento de Sierra Nevada (Figura 4).

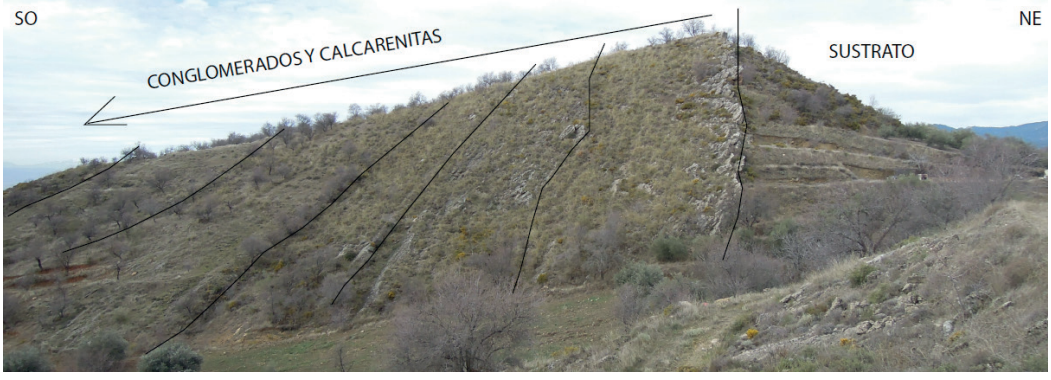


Figura 4. Discordancia progresiva en forma de abanico en estratos alternantes de conglomerados, arenas y calcarenitas bioclásticas sobre sustrato de rocas alpujárrides (el Fraile está por detrás, vista hacia el noroeste).

DISCUSIÓN

El Fraile de Beas es un Lugar de Interés Geológico que puede ser considerado como Patrimonio Geológico, dentro de un contexto de Patrimonio Natural. Constituye una *Forma* singular, está dentro de una *Formación Rocosa* y aparece relacionada directamente con una *Estructura* geológica (Figura 5). El paisaje en el que se inscribe, en el límite sur del Parque Natural Sierra de Huétor, con Sierra Nevada de telón de fondo, completa un paisaje fantástico en el que se puede interpretar la evolución geológica de la región a partir de esta espectacular discordancia progresiva.

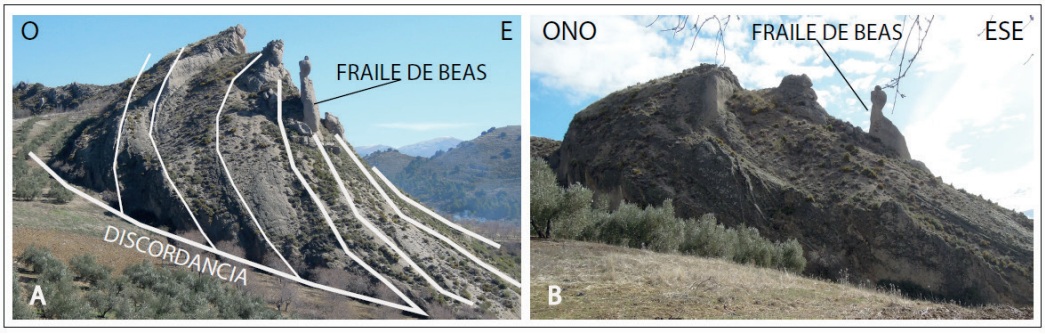


Figura 5. Discordancia progresiva de los conglomerados y calcarenitas del Tortoniense superior. Uno de los estratos cincelados por la erosión del viento y el agua da forma al Fraile de Beas desde diferentes perspectivas (A y B).

El mito del Fraile de Beas como figura tallada para esconder un tesoro en época de la Reconquista, también alimenta la leyenda cultural de este sitio singular.

CONCLUSIONES

Este relieve relicto elaborado sobre conglomerados y calcarenitas, puede ser considerado de un alto valor científico y didáctico, para conocer la historia geológica de las cuencas de Granada y Guadix, en relación con el levantamiento de Sierra Nevada desde hace 8,3 Ma hasta la actualidad. Este lugar pintoresco puede quedar señalado mediante paneles y guías en la localidad de Beas, con indicación de rutas que pasan por este lugar para senderistas, cicloturistas y turistas en general.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto: *Respuesta de la topografía y la red de drenaje a procesos litosféricos y climáticos en el sur de Iberia* CGL2015-67130-C2-1-R. Ministerio de Economía y Competitividad.

REFERENCIAS

Ayuntamiento de Beas de Granada (19/12/17). http://www.beasdegranada.es/lugares-destacados.

Clark, S. J. P. y Dempster, T. J. 2013. The record of tectonic denudation and erosion in an emerging orogen: an apatite fission-track study of the Sierra Nevada, southern Spain. *Journal of the Geological Society,* 166, 87-100.

González Donoso, J.M. 1968. Conclusiones estratigráficas y paleogeográficas sobre los terrenos miocénicos de la Depresión de Granada. *Acta Geológica Hispánica,* 3 (3), 57-63.

Jabaloy, A., Galindo, J. y Sanz de Galdeano, C. 2008. *Guía Geológica*. Granada. Guías de la Naturaleza, Diputación de Granada, 152-154.

Junta de Andalucía, Consejería de Medio Ambiente. 2011. Inventario Andaluz de Georrecursos (CD).

Rodríguez Fernández, J. 1982. *El Mioceno del sector central de las Cordilleras Béticas*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, 224 pp.

Von Drasche, R. 1879. Bosquejo Geológico de la zona superior de Sierra Nevada. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 6, 119-157.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

BASSA DEL BURRO (PALAFRUGELL, GIRONA): UN EJEMPLO DE CONVERGENCIA ENTRE EL PATRIMONIO GEOLÓGICO Y BIOLÓGICO

BASSA DEL BURRO (PALAFRUGELL, GIRONA): AN EXAMPLE OF CONVERGENCE BETWEEN GEOLOGICAL AND BIOLOGICAL HERITAGE

C. Roqué, L. Guirado y J. Català

Dpto. de Ciencias Ambientales, Facultad de Ciencias, Universidad de Girona. Campus Montilivi s/n E-17003 Girona.
carles.roque@udg.edu; lguirado@gmail.com; jordi_catala_91@hotmail.com

Resumen: La Bassa del Burro es la mayor de un conjunto de charcas alimentadas por una descarga difusa de agua dulce localizada al pie de un acantilado en la costa del Macizo de Begur. La surgencia se sitúa en un frente de alteración expuesto por la erosión marina, el cual pone en contacto la roca granítica inalterada con un manto de alteración compuesto de arenitas. Las charcas, de hasta 256 m^2 de superficie y 0,75 m de profundidad, se distribuyen entre el acantilado y el mar. La conductividad y la concentración de Cl^- y Na^+ de las aguas aumentan progresivamente en dirección al mar, hasta alcanzar valores típicos del agua marina. Las charcas más alejadas de la influencia marina están colonizadas por una comunidad de *Phragmites australis*. En verano, asociada a estas plantas, se desarrollan basidiocarpos de una especie fúngica endémica de este lugar: *Marasmiellus celebanticus*. La dinámica hidrogeológica de las charcas está condicionada en gran medida por la geomorfología de la zona, y su quimismo por la influencia marina y por la evaporación. En la zona se establece una estrecha interrelación entre procesos geológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos y biológicos, todos ellos de gran interés científico y didáctico.

Palabras clave: charcas litorales, dinámica hidrogeológica, seta endémica.

Abstract: *The Bassa del Burro is the largest of a set of ponds fed by a diffuse discharge of freshwater located at the foot of a cliff on the coast of the Begur Massif. The spring water is situated on a weathering front exposed by the marine erosion, which puts the fresh granite rock in contact with a grus weathering mantle. The ponds, up to 256.5 m^2 in area, and 0.75 m deep, are distributed between the cliff and the sea. The electrical conductivity and the Cl^- and Na^+ concentration of the waters increase progressively towards the sea, until reaching typical values of the marine water. The pools most distant of marine influence are colonized by a community of* Phragmites australis*. In summer, associated with these plants, appear basidiocarps of a fungal species endemic to this place:* Marasmiellus celebanticus*. The hydrogeological dynamics of the ponds are largely conditioned by the geomorphology and their chemistry by the marine influence and by evaporation. In this area there is a close interrelation between geological, geomorphological, hydrogeological and biological processes, all of great scientific and didactic interest.*

Key words: endemic mushroom, hydrogeological dynamics, littoral ponds.

INTRODUCCIÓN

En Els Amaradors (Palafrugell, Girona) se localiza un conjunto de charcas litorales que se nutren del agua dulce que fluye desde la base de un acantilado. Popularmente conocidas como Basses del Burro, antaño fueron aprovechadas por los pescadores para enriar (*amarar* en catalán, palabra de la que deriva el topónimo) cáñamo y obtener fibras vegetales para la fabricación artesanal de cuerdas. En relación con dicha actividad, se conservan algunos muros de piedra ligada con mortero de cal, cuya función era retener y alzar el nivel de agua de las charcas. La comunidad vegetal asociada a ellas incluye *Schoenus nigricans*, *Scirpus holoschoenus* y, sobre todo, *Phragmites australis*. En la base de los tallos de estas plantas se desarrollan, entre los meses de mayo y octubre, los cuerpos fructíferos de *Marasmiellus celebanticus*, un basidiomiceto endémico de este lugar (Pérez-De-Gregorio *et al*., 2011).

La existencia y dinámica de las charcas viene determinada por la interrelación de factores litológicos, geomorfológicos, hidrogeológicos y climáticos, que en conjunto constituyen un modelo de destacable interés didáctico. Además, la zona incluye elementos geológicos y biológicos de interés científico significativo. En los últimos cinco años en este espacio se han realizado trabajos de investigación general y aplicada por parte de estudiantes universitarios y de bachillerato (Fabregat *et al*., 2012; Català, 2015; Guirado, 2015; Nadal, 2016), que han aportado datos relevantes acerca de la hidroquímica de las aguas y de las comunidades biológicas asociadas, y han propuesto medidas concretas para su conservación y para la difusión del patrimonio geológico y biológico que alberga.

MARCO GEOLÓGICO

Desde un punto de vista geológico, el enclave de Els Amaradors se sitúa en el extremo norte de la Sierra Litoral Catalana, concretamente en la costa del Macizo de Begur (Figura 1A). Este macizo es un fragmento de zócalo varisco individualizado por un sistema de fallas normales relacionadas con la extensión neógena del margen mediterráneo. Está constituido mayoritariamente por metasedimentos que datan del Cámbrico al Ordovícico superior, y por rocas ígneas emplazadas entre el Carbonífero superior y el Pérmico (Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya (ICGC), 2000, 2004 y 2006).

En el entorno inmediato a las charcas afloran rocas plutónicas e hipoabisales (Figura 1B). Predominan granodioritas biotíticas con megacristales de feldespato potásico, entre las que se sitúan cuerpos irregulares y de bordes difusos de granitos heterogranulares. La edad de estos materiales se ha establecido en 288±2 Ma (ICGC, 2000). La masa plutónica está atravesada por diques de rocas hipoabisales de composición félsica (aplitas, pegmatitas y pórfidos graníticos) y máfica (lamprófidos). Los lamprófidos han sido datados en esta zona en 253±5 Ma (ICGC, 2000).

La masa ígnea está intensamente meteorizada en superficie, y aparece transformada en una alterita arenosa (*grus* en el sentido estricto de Migón and Thomas, 2002) que forma un manto de alteración que alcanza un espesor de ~20 m. El frente de alteración es a grandes rasgos horizontal, y se sitúa ligeramente por encima del nivel del mar. Este hecho ha propiciado que la erosión marina haya dejado al descubierto una plataforma de roca inalterada desnuda, que se extiende hasta 80 m entre la línea de costa y la base del acantilado.

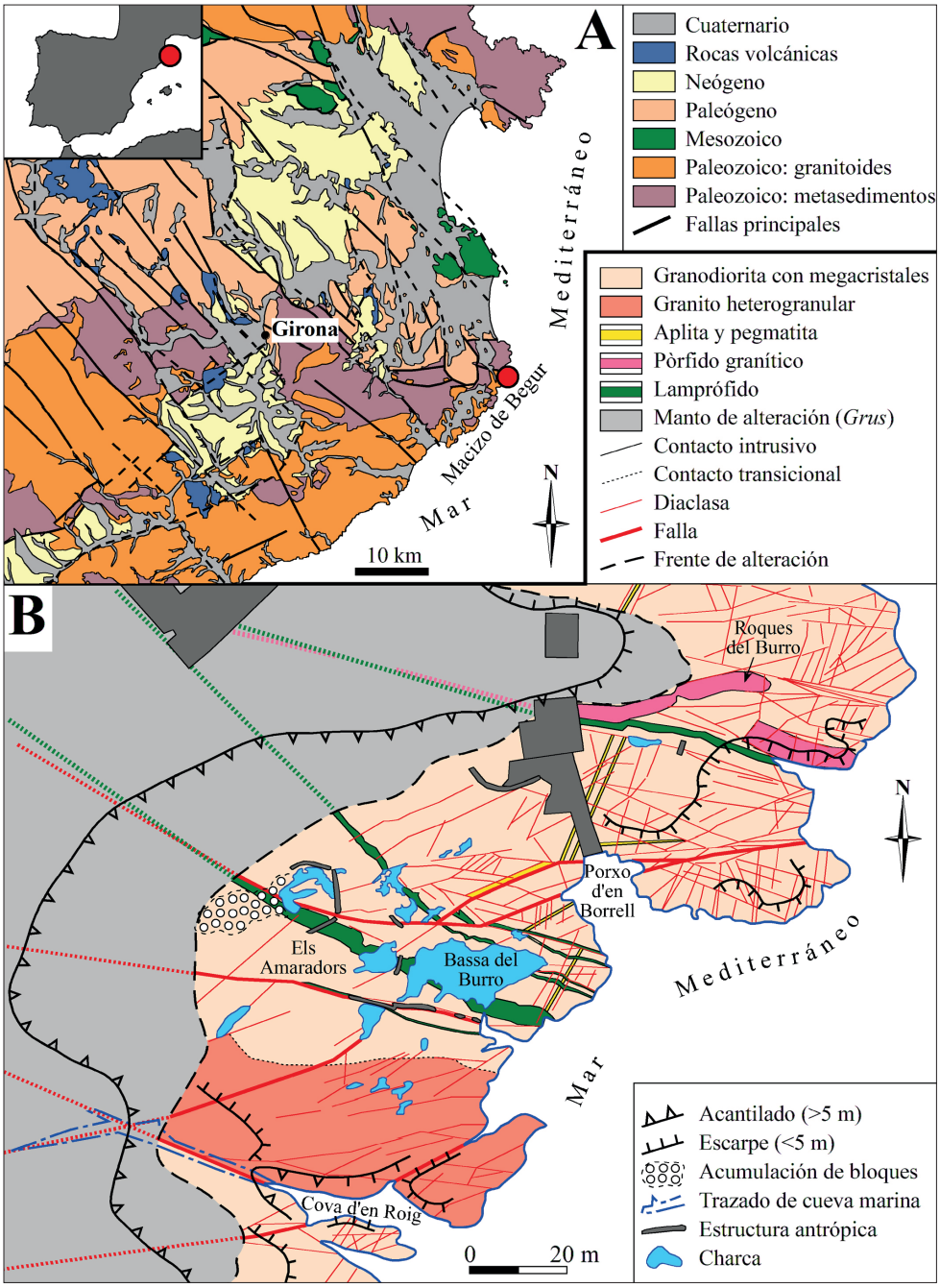


Figura 1. Contexto geológico. (A) situación de la zona estudiada en el marco geológico regional. (B) esquema geológico y geomorfológico detallado de Els Amaradors.

FUNCIONAMIENTO HIDROGEOLÓGICO

El manto de alteración constituye un acuífero superficial por porosidad intergranular, limitado en profundidad por la roca inalterada, el cual recibe los aportes de la infiltración de agua de lluvia. El flujo subterráneo local se dirige hacia la línea de costa y alimenta las surgencias de agua de la base del acantilado, y a partir de ahí, las charcas (Figura 2A, E). La cuenca receptora tiene una superficie de ~30000 m^2 y está ocupada por un bosque de *Pinus halepensis* parcialmente urbanizado. La precipitación media anual es de 650,6 L/m^2, con dos máximos pluviométricos destacados en primavera y otoño. En condiciones de descarga normal del sistema, los caudales superficiales medidos entre las charcas son del orden de 0,02 a 0,05 L/s, si bien en períodos de sequía prolongada llegan a interrumpirse por completo. En total se contabiliza una veintena de charcas, de hasta 256,5 m^2 de superficie y 0,75 m de profundidad; 7 de las cuales son permanentes (Figura 2A, Tabla 1) y el resto estacionales. Los análisis químicos muestran que la conductividad eléctrica y la concentración de Cl^-, Br^-, F^-, SO_4^-, K^+, Na^+ y Mg^{2+} aumentan progresivamente en dirección al mar, hasta alcanzar valores próximos a los del agua marina. En cambio, la concentración de HCO_3^- y de Ca^{2+} tiende a disminuir, como consecuencia de la precipitación de $CaCO_3$ por efecto del ion común (Guirado, 2015). La precipitación de calcita en los bordes de las charcas y en los regueros que las alimentan es perfectamente visible en campo. El quimismo concreto de cada una de ellas varía a lo largo del tiempo en función del caudal entrante, del alcance del oleaje y de la evaporación.

La Bassa del Burro (Figura 2A, núm. 1), la mayor del conjunto, recibe buena parte de las aguas por flujo desde las otras charcas, así como por aporte directo del oleaje de elevada frecuencia y baja magnitud. Está colonizada por organismos marinos, destacando la presencia de *Ostreopsis ovata*, una alga microscópica típica de climas cálidos que cuando prolifera en gran cantidad genera mortalidad masiva entre los invertebrados marinos y efectos negativos sobre la salud humana (Nadal, 2016).

La comunidad de *Phragmites australis* en la que se desarrolla *Marasmiellus celebanticus* se localiza en las charcas más alejadas de la costa (Figura 2A, núm. 6 y 7), cerca de la base del acantilado, allí donde la influencia marina es menor y sólo son alcanzadas por las olas en episodios de temporales de muy baja frecuencia y elevada magnitud.

	Cota topográfica (m)(*)	Profundidad máxima (cm)(*)	Superficie máxima (m^2)	Distancia al mar (m)
1	1	75	256,5	1,8
2	1,7	70	41,5	22,6
3	1,8	40	20,5	20,0
4	2,6	40	14,0	26,3
5	2,8	35	21,0	33,7
6	4,4	30	56,5	43,8
7	6,3	80	14,5	50,3

Tabla 1. Características de las charcas de Els Amaradors. (*) Valores relativos a la superficie del agua en condiciones de máximo llenado.

OTROS ELEMENTOS DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO

Dado que la plataforma rocosa está desprovista de recubrimiento y es fácilmente accesible, los afloramientos tienen una calidad excelente para la docencia, siendo posible seguir los contactos y observar la relación entre las distintas unidades litológicas y las estructuras de deformación frágil. En pocos metros se puede establecer la edad relativa de emplazamiento de la masa plutónica y de los diques de aplita, pegmatita, pórfido y lamprófido, así como del sistema de fracturas subverticales y subhorizontales (fracturas de descamación) que los afectan. Son especialmente destacables las estructuras fluidales desarrolladas en la finalización frontal del dique de pórfido en las Roques del Burro, así como los contactos intrusivos de los lamprófidos, que resaltan por el contraste de color respecto del encajante granodiorítico (verde oscuro sobre gris claro). Estos diques son verticales, se disponen orientados ENE-OSO, y tienen potencias que oscilan entre 0,2 y 2,5 m. Su trazado en detalle viene determinado por los planos de fractura de la masa plutónica, siendo habituales las ramificaciones, zigzagueos y cambios bruscos de dirección, ilustrando un emplazamiento en condiciones frágiles.

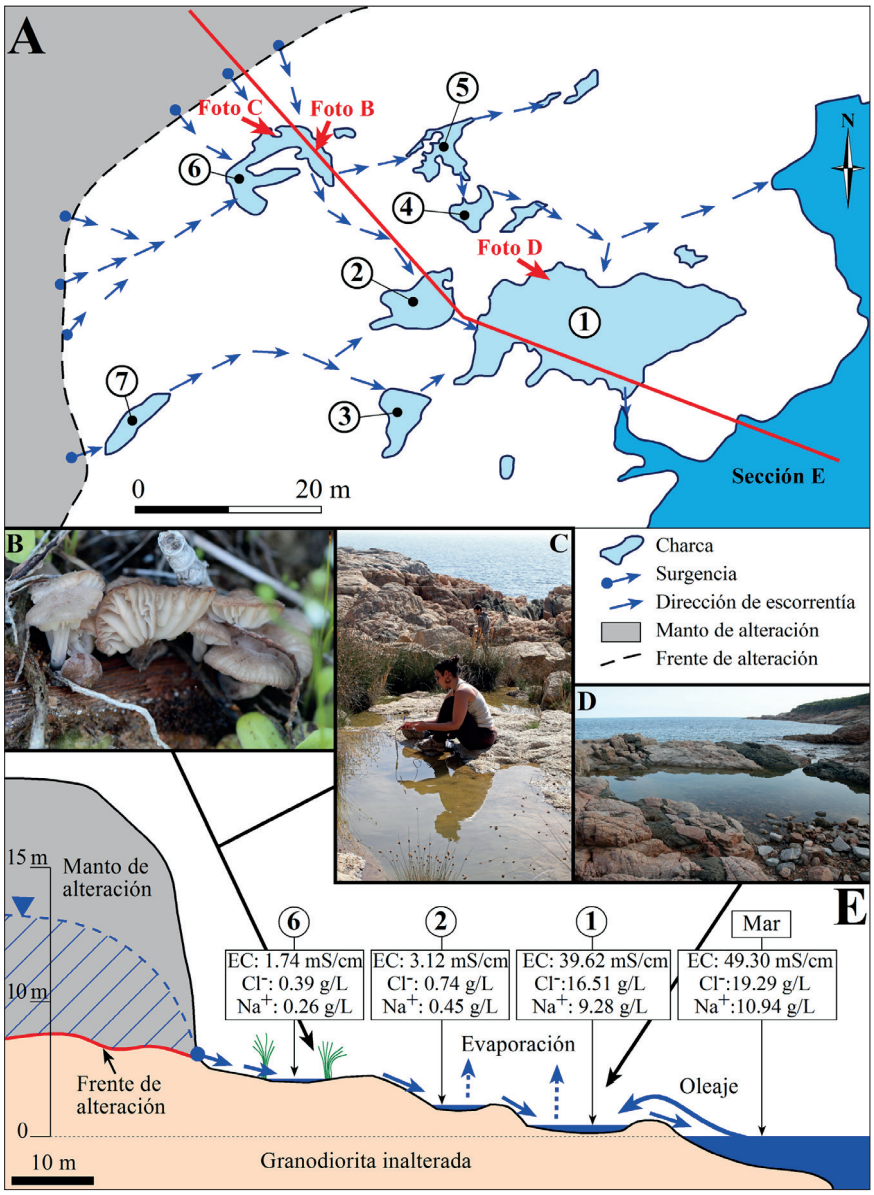


Figura 2. Funcionamiento hidrogeológico de Els Amaradors. (A) esquema en planta de las charcas principales con indicación de las direcciones de flujo superficial. (B) *Marasmiellus celebanticus* Pérez-De-Greg., Vizzini, Contu & Roqué, creciendo sobre tallos de *Phragmites australis* (Cav.) Trin. (C) aspecto general de la charca núm. 6. (D) aspecto general de la charca núm. 1. € esquema en sección del funcionamiento de las charcas. Se indican los valores medios de conductividad eléctrica y de contenido en Cl^- y Na^+ obtenidos en cuatro campañas de muestreo entre los meses de febrero y mayo de 2015 (Guirado, 2015).

A nivel geomorfológico, aparte del manto de alteración ya reseñado, destaca el elevado grado de articulación de la costa, impuesto por la existencia de franjas de rocas friables que son erosionadas fácilmente por las olas. Estos materiales corresponden a diques de lamprófido y, en mayor medida, a rocas trituradas y meteorizadas en los planos de fractura. La erosión marina a lo largo de dos planos de falla ha propiciado la formación de la Cova d'en Roig, una cavidad lineal, parcialmente sumergida, de poco más de 2 m de ancho por 8 m de alto, y una longitud de 52 m (Figura 1B). La descarga de agua dulce en su interior es abundante, especialmente en su sector más profundo, desarrollando un interesante conjunto de depósitos de espeleotemas de calcita y aragonito, poco habituales en medios graníticos.

CONCLUSIONES

La dinámica hidrogeológica de las charcas de Els Amaradors y la biota asociada a ellas, entre la que figura una especie endémica de basidiomiceto, son un buen ejemplo de interrelación entre patrimonio geológico y biológico. A su alrededor se localizan otros elementos petrológicos y geomorfológicos de un destacable interés didáctico, que acrecientan la singularidad e importancia de este espacio.

REFERENCIAS

Català, J. 2015. *Projecte de gestió de la Bassa del Burro de Tamariu (Palafrugell)*. Memòria del Treball Final de Grau en Ciències Ambientals, Universitat de Girona, Girona, 34 pp.

Fabregat, M., Lorente, L. y Lozano, L. 2012. *Itinerari d'EA des de Tamariu fins al far de Sant Sebastià de la Guarda*. Memòria del Projecte de Final de Llicenciatura en Ciències Ambientals, Universitat de Girona, Girona, 134 pp.

Guirado, L. 2015. *Dinàmica hidrogeològica de la Bassa del Burro de Tamariu (Palafrugell)*. Memòria del Treball Final de Grau en Ciències Ambientals, Universitat de Girona, Girona, 31 pp.

ICGC. 2000. *Mapa Geològic de Catalunya 1:25000. Palafrugell 335-1-1 (79-25)*. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Barcelona.

ICGC. 2004. *Mapa Geològic de Catalunya 1:25000. Calella de Palafrugell 335-1-2 (79-26)*. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Barcelona.

ICGC. 2006. *Mapa Geològic de Catalunya 1:25000. Palamós 334-2-2 (78-26)*. Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya, Barcelona.

Migón, P. y Thomas, M. F. 2002. Grus weathering mantles-problems of interpretation. *Catena*, 49, 5-24.

Nadal, M. 2016. *La Bassa del Burro. Un petit mar de vida*. Treball de Recerca de Batxillerat, IES Ridaura, Platja d'Aro, Girona, 68 pp.

Pérez-De-Gregorio, M. A., Vizzini, A., Contu, M., Roqué, C. y Ercole, E. 2011. *Marasmiellus celebanticus*, a new species of *Marasmiellus* sect. *Candidi* collected in the Mediterranean area. *Phytotaxa*, 25, 49-59.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

LAS FUENTES DE OSONA (NE DE CATALUÑA): PATRIMONIO NATURAL Y CULTURAL A PROTEGER Y RECUPERAR

THE OSONA SPRINGS (NE OF CATALONIA): NATURAL AND CULTURAL HERITAGE TO BE PROTECTED AND RESTORED

A. Menció

Centre de Geologia i Cartografia Ambiental (Geocamb). Departament de Ciències Ambientals. Universitat de Girona.
C/Maria Aurèlia Capmany, 69. 17003 Girona, España. anna.mencio@udg.edu

Resumen: Las fuentes forman parte del patrimonio cultural y natural, presentando a menudo un gran interés a nivel científico, educativo y medioambiental. Sin embargo la contaminación por nitratos puede suponer, no sólo un problema medioambiental, sino también una limitación en su uso, y así una pérdida de su valor patrimonial. En la comarca de Osona existe una gran diversidad de fuentes debido a sus características geológicas y geomorfológicas. De las más de 400 fuentes inventariadas por el Consell Comarcal de Osona, se han escogido un total de 131 para su caracterización y evaluación de los problemas de contaminación. Los resultados muestran que hay tres tipologías de fuentes principales a nivel hidrogeológico: fuentes en rocas cristalinas (ígneas y metamórficas) y fallas de tipo regional; fuentes en rocas sedimentarias precuaternarias; y, fuentes en sedimentos cuaternarios. La contaminación por nitratos afecta a más de la mitad de las fuentes, independientemente de sus características hidrogeológicas, pero en relación con los usos del suelo. En este sentido, la mejora de la gestión de los fertilizantes en esta zona evitará el impacto sobre la calidad de los recursos hídricos y, con ella, la pérdida de su valor patrimonial.

Palabras clave: contaminación por nitratos, fuentes, Osona, patrimonio cultural, patrimonio natural.

Abstract: *Natural springs must be considered as part of our cultural and natural heritage, showing great scientific, educative and environmental interest. However, nitrate pollution may cause not only an environmental impact, but also it can suppose a limitation in the use of natural springs, and thus, the loss of their value as natural and cultural heritage. A high diversity of springs has been observed in the Osona Region, due to its geological and geomorphological characteristics. The local authority (Consell Comarcal de Osona) has inventoried more than 400 springs; 131 of them have been chosen to assess nitrate pollution issues. Three main types of springs have been described in this area: springs in crystalline rocks (igneous and metamorphic) and those related to the main fault system; springs in pre-quaternary rocks; and, these in quaternary sediments. Nitrate pollution affects more than 50% of them, without a hydrogeological buffering, but with a direct relation to land uses. Consequently, the implementation of best fertilizer management practices will avoid the loss of groundwater quality, and therefore, its natural and cultural heritage value.*

Key words: *cultural heritage, natural heritage, nitrate pollution, Osona, springs.*

INTRODUCCIÓN

Las fuentes forman parte del patrimonio cultural, al haber sido (y ser aún) un lugar donde la gente acudía en busca de agua, convirtiéndose a menudo en un punto de encuentro y recreo (Iborra, 2005). Por otro lado, también pueden ser consideradas patrimonio natural. A nivel ecológico, son ecotonos, zonas de transición entre las aguas superficiales y subterráneas, que dan lugar a hábitats especiales y donde se encuentran especies únicas y muy especializadas, haciendo que las fuentes presenten además un gran valor como patrimonio biológico. Dada su relación con las aguas subterráneas, también se asocian al patrimonio hidrogeológico y como tal, pueden poseer interés a nivel científico, educativo y medioambiental. Además, pertenecen al patrimonio hidráulico, ya que a menudo incluyen elementos arquitectónicos y de ingeniería referidos a la explotación de recursos hídricos, como son las minas y albercas (Carcavilla *et al.*, 2007). De acuerdo con Morales y Rodríguez (2015) las fuentes forman parte del patrimonio hidrogeológico al ser elementos ligados con los acuíferos o con el agua subterránea, y lugares que muestran un particular uso de ésta.

En la comarca de Osona (NE Cataluña; Figura 1), existe una gran diversidad de fuentes, debido a sus características geológicas y geomorfológicas, las cuales se considera que presentan un gran valor patrimonial. Osona se encuentra en el extremo nororiental de la depresión Central Catalana, entre el Pirineo Meridional, la cordillera Transversal y la cordillera Prelitoral. Su sistema hidrogeológico principal está formado por una secuencia de rocas sedimentarias del Paleógeno, en su base constituidas por conglomerados, y una posterior sucesión de formaciones carbonatadas, con una alternancia de rocas calcáreas margas y areniscas. Este conjunto descansa sobre un zócalo varisco (rocas ígneas y metamórficas), presenta un buzamiento uniforme de 5-10° hacia el oeste y una estructura antiforme en su límite norte (Menció *et al.*, 2011a).

Sin embargo, el valor patrimonial de las fuentes de Osona se encuentra amenazado por la contaminación por nitratos al suponer, no solo un problema medioambiental, sino también una limitación en su uso. Por este motivo, el *Consell Comarcal de Osona* (CCO) empezó en 2004 un programa de monitoreo para evaluar y seguir la evolución de la contaminación por nitratos en las fuentes (Menció *et al.*, 2011b).

El objetivo principal de este estudio es caracterizar como Lugares de Interés Hidrogeológico las principales fuentes de Osona y determinar mediante su vulnerabilidad a la contaminación por nitratos, el grado de impacto que las afecta.

CARACTERIZACIÓN DE LAS FUENTES

El CCO ha inventariado y muestreado más de 400 fuentes desde 2004, de las cuales se han seleccionado un total de 131 para realizar un seguimiento semestral de los parámetros fisicoquímicos y concentración de nitrato. Este estudio se basa en estas 131 fuentes, que son representativas de las características hidroquímicas de la zona, y del patrimonio hidrogeológico intrínseco de la región.

Para la clasificación de las fuentes de Osona se ha adaptado la caracterización que propuso Fetter (1994) a las características geológicas intrínsecas de esta zona, identificándose tres grupos principales de interés (Figura 2; Menció *et al.*, 2011b):

1) *Fuentes en rocas cristalinas (ígneas y metamórficas), relacionadas con el zócalo varisco* (Figura 2, 1a, b y c): en este grupo, la porosidad es de tipo secundario, es decir que el agua circula a través de fracturas. Las fuentes aparecen cuando estas fracturas ponen en contacto el nivel freático con la superficie (1a). Si estos materiales se encuentran alterados en superficie, dando lugar a sablón, pueden

presentar una porosidad similar a un sedimento, y las fuentes pueden aparecer por un cambio de permeabilidad (1b). Se distingue también un subgrupo relacionado con las fallas de tipo regional (1c), al presentar unas características hidroquímicas e hidrogeológicas a menudo distintas.

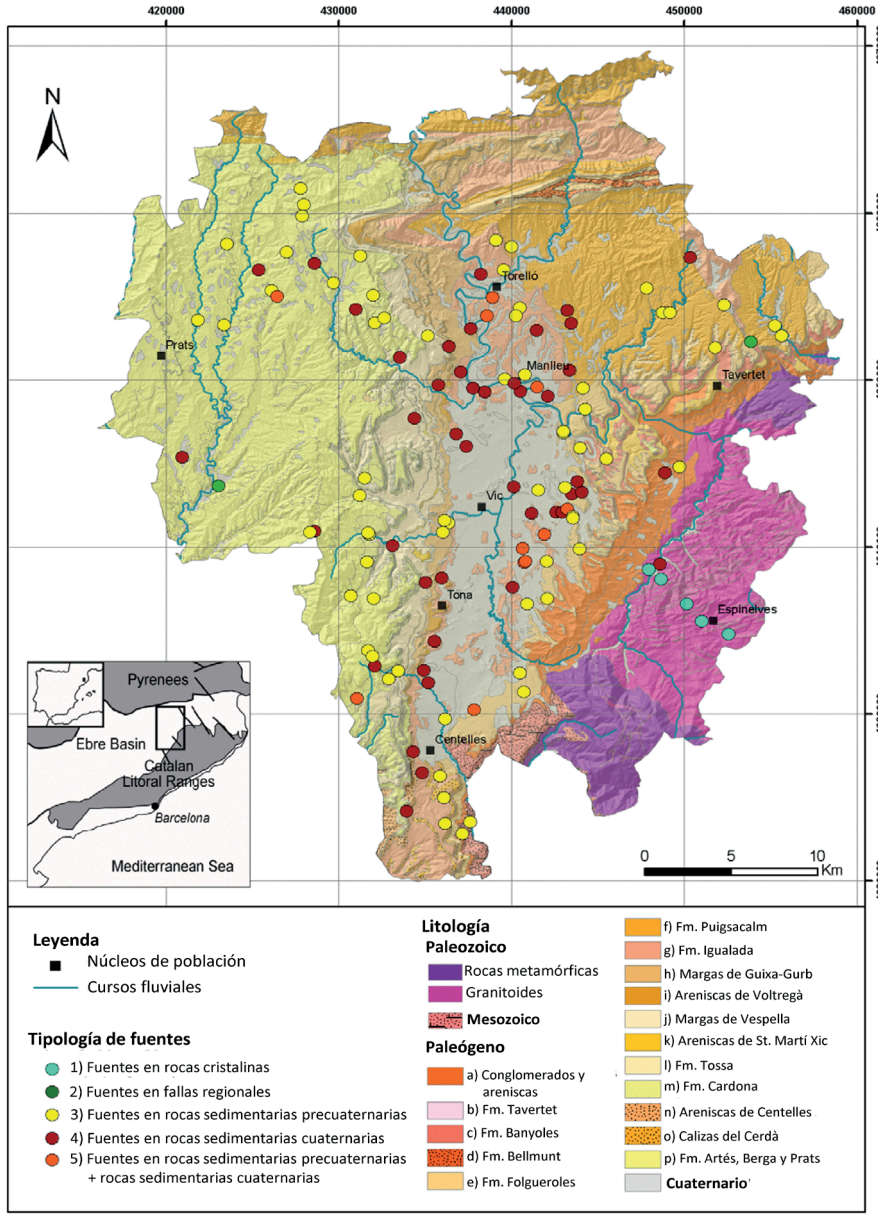


Figura 1. Situación geográfica y geológica de la zona de estudio, así como de las fuentes estudiadas (Modificado de Menció *et al.*, 2011b).

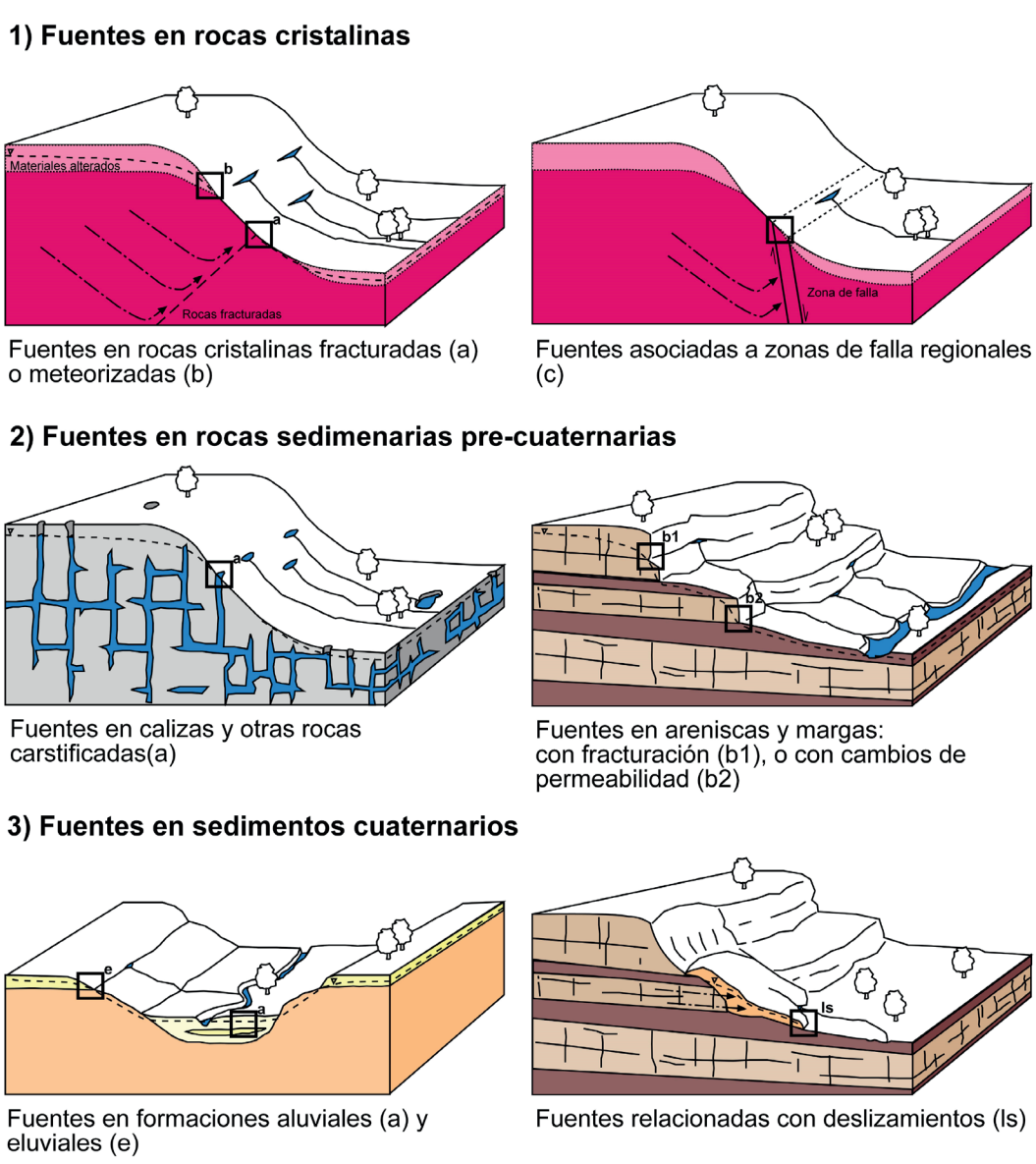


Figura 2. Ejemplos de las distintas tipologías de fuentes identificadas en Osona.

2) *Fuentes en rocas sedimentarias precuaternarias*: en función del tipo de roca, en este grupo se pueden distinguir (Figura 2):
   a) calizas y rocas carstificadas, como areniscas y conglomerados con matriz carbonatada (2a). La porosidad que presentan es de tipo secundario, principalmente por disolución.

b) areniscas y margas, donde la porosidad principal se debe a la fracturación (2b1). Aquí las fuentes aparecen debido a distintas situaciones: 1) a través de las fracturas; y 2) por un cambio de permeabilidad (2b2).

3) *Fuentes en sedimentos cuaternarios*: a diferencia de los grupos anteriores, estos materiales presentan una porosidad primaria, de tipo intergranular. Se diferencian dos subgrupos:
   a) con control sedimentario (3a), por ejemplo en sedimentos aluviales o eluviales (3a-a y 3a-e): la fuente aparece en el punto de contacto entre intercalaciones de materiales más permeables, con otros de menos permeables en la misma formación.
   b) con control deposicional (3b): la fuente aparece por el contacto de los materiales cuaternarios más permeables y los materiales sobre los que se depositan, menos permeables. Aquí se distinguen: formaciones superficiales de tipo aluvial o coluvial (3b-a o 3b-c), glacis (3b-g) y originadas por procesos gravitacionales (3b-ls); y también eluviales (3b-e).

Los resultados de la clasificación a nivel hidrogeológico muestran que más de un 51,6% de las fuentes drenan rocas precuaternarias (2a y 2b), alrededor de un 34,4% se encuentran en sedimentos cuaternarios (3a y 3b), un 5,5% son fuentes en rocas cristalinas o relacionadas con fallas regionales (1a, 1b y 1c), y el 8,5% restante presentan dos de las tipologías anteriores (Figura 1).

También se han clasificado en función del uso del suelo (agrícola, forestal o urbano) que predomina en la zona de recarga, para evaluar su posible relación con el origen de la contaminación por nitratos. Se ha observado que el uso agrícola domina en la zona de recarga en el 58,0% de las fuentes, el 31,3% se hallan en áreas de tipo forestal, y el 10,7%, en zonas urbanas.

ANÁLISIS DE LA CONTAMINACIÓN POR NITRATOS

Al analizar la distribución del nitratos en las fuentes estudiadas, se observa que más del 50% presenta concentraciones superiores a los 50 mg NO_3^-/L. Las fuentes en áreas agrícolas presentan las concentraciones más altas, con 108,2±3,7 mg NO_3^-/L, mientras que en zonas forestales y urbanas la concentración media es de 14,5±1,8 y 76,0±6,0 mg NO_3^-/L, respectivamente. En función de la tipología hidrogeológica, se observa que las fuentes que se encuentran en materiales cristalinos fracturados y zonas de fallas de tipo regional, presentan una concentración más baja de nitratos (< 5mg/L), mientras que las concentraciones más altas se detectan en los materiales precuaternarios (55,6±3,2 mg/L), cuaternarios (105,0±5,6 mg/L) y mixtos (98,7±7.1 mg/L; Figura 3). Sin embargo, al hacer la comparación entre fuentes con un mismo uso del suelo y distinta tipología hidrogeológica, no se observan diferencias significativas, indicando así que ante la contaminación por nitratos la tipología de fuente, y de acuífero, no influye.

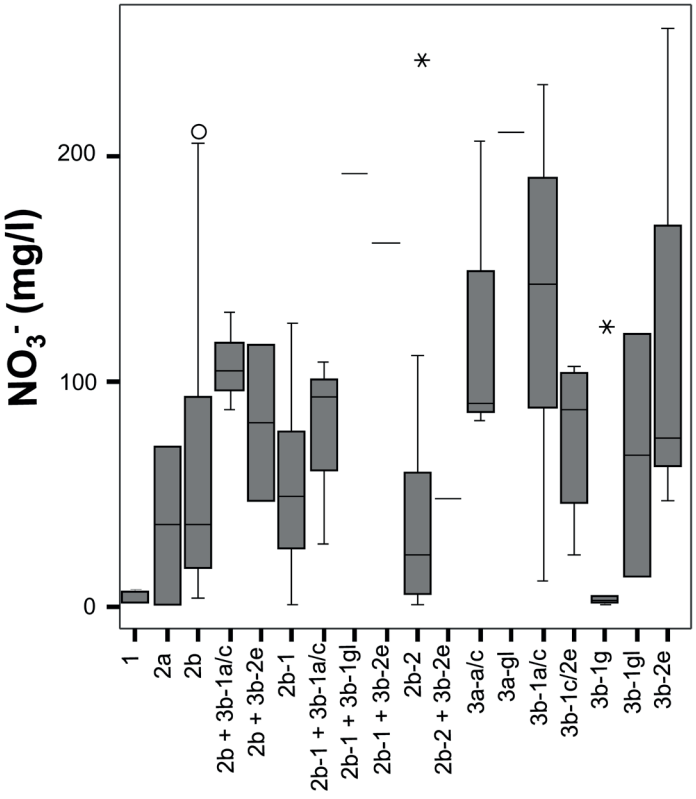


Figura 3. Concentración de nitrato en función de las subcategorías de fuentes. Leyenda: 1, fuentes en rocas cristalinas (ígneas y metamórficas) o fallas regionales; 2, fuentes en rocas sedimentarias precuaternarias; 3, fuentes en sedimentos cuaternarios (ver subgrupos en el texto).

CONCLUSIONES

Las fuentes de Osona presentan un gran valor patrimonial tanto a nivel cultural como natural. En esta zona se han podido identificar una gran diversidad de fuentes, encontrándose asociadas a tres grupos hidrogeológicos principales, y con un total de trece subcategorías distintas.

Asimismo, se ha observado que la contaminación por nitratos afecta a más de la mitad de las fuentes, suponiendo una limitación en su uso, generalmente lúdico/paisajístico, y así una pérdida de su valor a nivel cultural. Al mismo tiempo, la contaminación por nitratos supone una modificación de las características y procesos geoquímicos que tienen lugar en el acuífero (Menció *et al.*, 2016), y un impacto en los ecosistemas acuáticos subterráneos asociados (Korbel *et al.*, 2013), causando así una pérdida de su valor patrimonial natural.

Es relevante constatar que no se observan comportamientos diferenciados en los distintos tipos de fuentes frente a la contaminación por nitratos. Por consiguiente, las acciones de protección deberían ser comunes

para todas ellas. Estas acciones deben derivar de la mejora de la gestión de los fertilizantes y el establecimiento de perímetros de protección, sin que comprometa excesivamente la producción agrícola y ganadera de la zona. Se propone pues el establecimiento de zonas piloto en fuentes específicas, para poder valorar el nivel de éxito alcanzado a distintos plazos, recuperando la calidad del agua surgente y mejorando el valor patrimonial de estos elementos naturales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado gracias a la colaboración del Consell Comarcal de Osona, ha sido financiado a través de los proyectos del gobierno español CGL2014-57215-C4-2-R y de la Universitat de Girona MPCUdG2016/061, y forma parte de los proyectos de la Càtedra de l'Aigua, Natura i Benestar.

REFERENCIAS

Carcavilla, L., López, J. y Durán, J. J. 2007. Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. *Cuadernos del Museo Geominero*, 7.

Fetter, CW. 1994. *Applied hydrogeology*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Iborra, J. (coord.).2005. *Les fonts que tenim. Osona i Lluçanès*. Editorial Eumo.

Korbel, K. L., Hancock, P. J., Serov, P., Lim, R. y P., Hose, G.C. 2013. Groundwater ecosystems vary with land use across a mixed agricultural landscape. *Journal of Environmental Quality*, 16:380-390.

Menció, A., J. Mas-Pla, N. Otero, A. Soler. 2011a. Nitrate as a tracer of groundwater flow in a fractured multilayered aquifer. *Hydrological Sciences Journal*, 56(1): 108-122.

Menció, A., Boy M. y Mas-Pla, J. 2011b. Analysis of vulnerability factors that control nitrate occurrence in natural springs (Osona Region, NE Spain). *Science of the Total Environment*, 409: 3049-3058.

Morales, R. y Rodríguez, L. 2015. *Rutas Azules por el Patrimonio Hidrogeológico de Alicante*. Instituto Geológico y Minero de España y Diputación de Alicante.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

EL PATRIMONIO HIDROGEOLÓGICO DE LAS MARISMAS LITORALES: EL CASO DE LA PLETERA (NE CATALUÑA)

THE HYDROGEOLOGICAL HERITAGE OF COASTAL MARSH AREAS: THE CASE OF LA PLETERA (NE CATALONIA)

A. Menció[1], X.D. Quintana[2], J. Compte[2], J. Mas-Pla[1,3]

[1] Centre Geocamb, Departament de Ciències Ambientals. Universitat de Girona. anna.mencio@udg.edu

[2] Institut d'Ecologia Aquàtica (IEA), Universitat de Girona. xavier.quintana@udg.edu

[3] Institut Català de Recerca de l'Aigua (ICRA). josep.mas@udg.edu

Resumen: Las marismas y humedales costeros presentan un alto valor natural y patrimonial desde el punto de vista científico, de conservación o belleza natural, y ser a menudo el hábitat de especies amenazadas. La marisma de la Pletera (NE Cataluña) es el foco de un proyecto Life$^+$, cuyo objetivo es restaurar esta zona y proteger la especie amenazada *Aphanius iberus*. En este trabajo se realiza un análisis del sistema hidrogeológico para mostrar la importancia de las aguas subterráneas en el mantenimiento de este ecosistema, y por consiguiente, su valor como patrimonio hidrogeológico. Los resultados de los modelos hidroquímicos y de evaporación realizados muestran que las aguas subterráneas mantienen el ecosistema en épocas secas, a pesar de una tasa de evaporación del 45%. Este estudio enfatiza la relevancia de las aguas subterráneas como patrimonio hidrogeológico, por su valor intrínseco, así como funcional en el mantenimiento del patrimonio biológico, y su interés científico y educativo.

Palabras clave: aguas subterráneas, marismas litorales, modelo hidroquímico, patrimonio biológico, patrimonio hidrogeológico.

Abstract: *Coastal wetlands and salt marsh areas show a high natural and heritage value, from a scientific, conservational or natural beauty, and they are often the habitat of threatened species. La Pletera salt marshes (NE Catalonia) are the focus of a Life$^+$ project, whose aim is to restore this area and to protect a threatened fish species* (*Aphanius iberus*). *In this study, hydrochemical and isotopic analyses are conducted to determine the importance of groundwater in this natural system, as well as to point out its value as hydrogeological heritage. Hydrochemical and evaporation models show that groundwater maintains these ecosystems during dry seasons, even though evaporation may be higher than 45%. Therefore, the Pletera case highlights the importance of groundwater as hydrogeological heritage, due to its intrinsic and functional value in the maintenance of the biological heritage, as well as its interest from the scientific and educational point of view.*

Key words: *biological heritage, groundwater, hydrogeological heritage, hydrochemical model, littoral marshes.*

INTRODUCCIÓN

Las marismas y humedales costeros han sido descritos, desde el punto de vista ecológico, como uno de los ecosistemas más fluctuantes y productivos del mundo, proporcionando un amplio abanico de bienes y servicios ecosistémicos de gran valor socioeconómico; concretamente, la estabilización de la línea de costa, la retención de nutrientes y sedimentos, su elevada producción primaria y secundaria, sus recursos pesqueros, el hábitat y los recursos alimenticios que proporcionan a la fauna, su efecto amortiguador para la calidad del agua, su acción en la reserva de biomasa y biodiversidad, y su contribución en las actividades turísticas y recreacionales (Costanza *et al*., 1997; Badosa *et al*., 2006; Beer y Joyce, 2013).

De acuerdo con la definición del Patrimonio Natural del Convenio para la protección del patrimonio mundial cultural y natural (París, 23/11/1972, BOE 1/07/1982), estos ecosistemas presentan un alto valor patrimonial al ser el hábitat de especies amenazadas, así como lugares con un valor excepcional desde el punto de vista de la ciencia, conservación o belleza natural. Barettino *et al*. (1999), así como Carcavilla *et al*. (2007), consideran que todos los puntos relacionados con las aguas subterráneas pertenecen al patrimonio hidrogeológico, por su interés científico, cultural, educativo, medioambiental o recreativo. En este sentido, el hecho que a menudo la importancia de las aguas subterráneas en el funcionamiento de las marismas y humedales costeros pase desapercibida, hace que no sean reconocidos como puntos de interés geológico.

La marisma de la Pletera se encuentra al norte de la desembocadura del río Ter (NE, Cataluña (Figura 1) incluida en el Parc Natural del Montgrí-Baix Ter) en un área dominada principalmente por las actividades agrícolas y turísticas. Está compuesta por diferentes lagunas y humedales que se hallaban afectados por la construcción incompleta de una urbanización durante los años 80. Esta área ha sido el foco de un proyecto Life^{+}, cuyo objetivo es el de restaurar esta zona actualmente protegida y recuperar su funcionalidad ecológica, con el interés añadido de ser el hábitat de una especie amenazada, el fartet (*Aphanius iberus*).

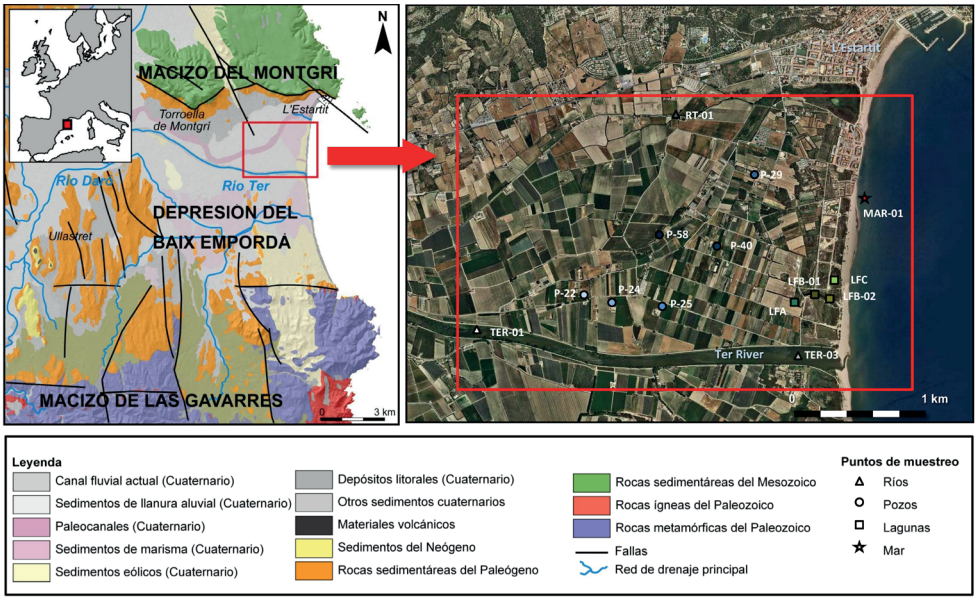


Figura 1. Situación geográfica y geológica de la zona de estudio y localización de los puntos utilizados para el muestreo.

El objetivo de este trabajo es evaluar el papel fundamental del sistema hidrogeológico en la dinámica y conservación de este ecosistema, de manera que las aguas subterráneas se incluyan y consideren como parte activa de los humedales y, por consiguiente, se les otorgue y reconozca el valor patrimonial que merecen.

Zona de estudio

La marisma de la Pletera, situada en el Baix Empordà (Figura 1), presenta un clima mediterráneo subhúmedo, con una temperatura media de 16°C y una precipitación media de 600 mm/año. Aunque las avenidas causadas por el río principal de la zona de estudio, el río Ter, afectaban la llanura aluvial, la hidrología de esta zona se ha visto significativamente modificada desde los años 60, con la regulación del caudal causada por la construcción de distintos embalses en su curso medio, y por su canalización en la zona de estudio en los años 70 (Badosa *et al*., 2006). Además, en este período también se construyeron algunos diques en escollera alrededor de las lagunas aislándolas de las posibles inundaciones fluviales.

A nivel geológico, el relleno de la depresión tectónica del Empordà está compuesto principalmente por sedimentos cuaternarios formados principalmente por depósitos fluviales originados por el río Ter, así como otros tributarios menores, con una potencia máxima de 50-60 m en la parte central de la cuenca, que dan lugar al acuífero principal de la zona, de tipo multicapa. De acuerdo con la secuencia deposicional, en éste se distinguen tres unidades principales, las cuales actúan como acuífero libre o semiconfinados. Respecto al acuífero superficial, Montaner (2010) concluyó que: a) existe una situación de río efluente a lo largo del área estudiada; y b) los paleocanales actúan como zonas de flujo preferenciales para el agua subterránea.

El sistema de lagunas de la zona de marisma de la Pletera está compuesto por tres lagunas permanentes (LFA, LFB y LFC en Figura 1), que presentan una superficie máxima de entre 2.400-17.000 m^2, y un volumen máximo de 2.400-23.000 m^3. Mientras que el origen de LFA y LFB es el abandono de un canal fluvial, LFC fue construida en la primera fase del Proyecto de Restauración en 2002. Estas lagunas forman parte de la masa de transición T10 definida por el Plan Hidrológico de las Cuencas Internas de Catalunya, se consideran de tipo talasohalino (Boix *et al*., 2005) y están incluidas en el programa de medidas del Agencia Catalana del Agua (Munné *et al*., 2016).

Las entradas más importantes de agua en las lagunas se producen durante las intensas precipitaciones y las tormentas ciclónicas cuando tanto el agua dulce, como el agua marina, alimentan las lagunas. En concreto, durante las tormentas ciclónicas asociadas a vientos del este, el nivel del mar llega alcanza más de 1 m sobre el nivel medio (Marquès *et al*., 2001). En estos períodos, las olas del mar entran en algunas de las lagunas (LFB y LFC), al mismo tiempo que aumentan los aportes de agua superficial, subsuperficial y subterránea, causando un incremento máximo de nivel de 0,3-0,9 m. Los estudios precedentes realizados en esta zona consideran estas lagunas como dependientes de las intrusiones irregulares y repentinas de agua marina durante las tormentas ciclónicas y de agua dulce durante los períodos de precipitaciones intensas, siendo posteriormente afectadas por la falta de una entrada continua de agua durante largos períodos de tiempo, tendiendo así a su desecación (Badosa *et al*., 2006; López-Flores *et al*., 2006 y 2014). Sin embargo, estos estudios consideran un balance hidrológico meramente superficial, sin atender a la importancia del sistema hidrogeológico.

METODOLOGÍA

Con la finalidad de determinar la importancia de las aguas subterráneas, así como del sistema hidrogeológico en el mantenimiento de estas lagunas, se realizó un muestreo mensual durante un año (2014-2015), en el que se tomaron: una muestra agua marina, 6 muestras de agua subterránea, y 8 muestras de agua superficial (3 en ríos y 5 en las lagunas; Figura 1) en cada campaña. Estas muestras fueron almacenadas a 4°C en un ambiente oscuro hasta su análisis, y en el caso de las muestras para el análisis de los iones fueron previamente filtradas a 0,22 µm. En el campo se analizó el pH, conductividad eléctrica (CE), Eh, O_2 disuelto (OD), y temperatura. En el laboratorio se determinaron los cationes y aniones mayoritarios (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Na^{+}, K^{+}, CO_3^{2-}, HCO_3^{-}, Cl^{-}, SO_4^{2-}, F^{-}, Br^{-}) a través de cromatografía iónica, obteniendo un balance iónico con un error inferior al 5%. Asimismo, también se analizaron los isótopos estables del agua ($\delta^{18}O$ y δD), en base a espectrometría de masas con relaciones isotópicas (EMRI), con una precisión de ±0,06‰ para $\delta^{18}O$ y ±0,7‰ para δD.

Los datos hidroquímicos de las muestras más características de las aguas subterráneas y del mar fueron utilizados para realizar un modelo de mezcla y evaporación con PhreeqC 3.3.0, que se comparó los datos de las analíticas para deducir el origen del agua de las lagunas. Complementariamente, se realizó un modelo de evaporación considerando el enriquecimiento isotópico de una masa de agua (véanse detalles en Menció *et al.*, 2017).

RESULTADOS

Los análisis hidroquímicos llevados a cabo permiten identificar dos grupos de muestras:

- El primer grupo está constituido por muestras de agua dulce pertenecientes tanto al acuífero aluvial como a los ríos. Este grupo presenta una facies de tipo HCO_3-Ca y una baja CE, con valores medio de 1200±256 y 999±890 µS/cm respectivamente; tendiendo a concentraciones más elevadas de Na^{+} y Cl^{-} cerca del mar.
- El segundo grupo lo forman las muestras de elevada salinidad, con una facies Cl-Na, principalmente procedentes del mar y las lagunas. Aunque las lagunas presentan una CE similar (p-valor de 0,391), la variabilidad en las lagunas es mucho mayor, mostrando un valor de 46.679±22.779µS/cm.

Los resultados de los modelos de mezcla y evaporación, representados junto con las muestras de agua tomadas en la zona de estudio (Figura 2), muestran como a finales de otoño (diciembre de 2014 y enero de 2015) el agua de lagunas se sitúa en posiciones intermedias de la línea de mezcla entre el agua de mar y el agua dulce del acuífero, con una proporción de agua marina entre el 35-60%. En las campañas sucesivas, se produce un incremento progresivo de la evaporación (alcanzando valores superiores al 45% del agua de las lagunas), manteniéndose la relación entre el agua dulce y marina hasta finales de julio. Después de esta campaña se observa un descenso del porcentaje de evaporación, así como un cambio en la proporción de agua marina, que llega a alcanzar valores del 70-80% en todas las lagunas.

Además, los resultados obtenidos muestran que, aunque en las campañas de verano la evaporación es máxima (entre julio y septiembre), el aumento de la evaporación queda enmascarado por la entrada de aguas subterráneas en el sistema que no permiten observar la evaporación real producida durante este período. Al mismo tiempo, el cambio en la proporción de agua marina en las lagunas denota los cambios que en verano se producen en el acuífero, al desplazarse la cuña marina hasta posiciones más alejadas de la línea de costa (Figura 3).

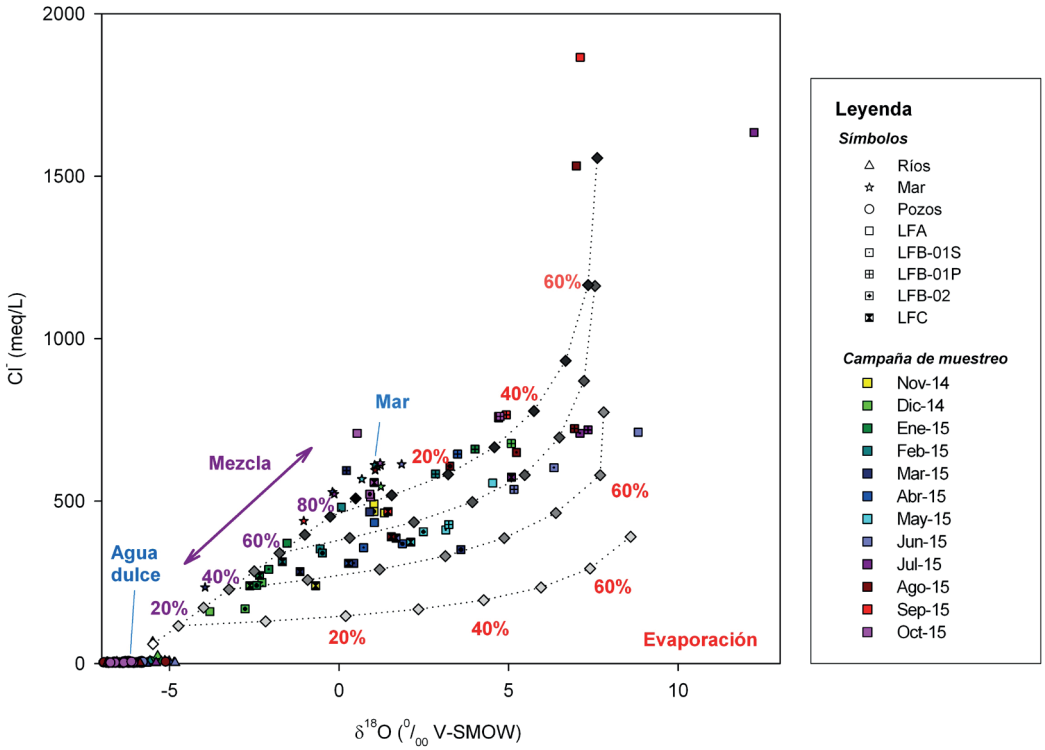


Figura 2. Comparación de los resultados del modelo hidroquímico e isotópico con las muestras obtenidas en las lagunas (modificado de Menció *et al.*2017).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A través del estudio hidroquímico e isotópico del sistema hidrogeológico de las lagunas de la Pletera se ha podido determinar su elevado grado de dependencia de las aguas subterráneas, así como de la dinámica hidrogeológica del acuífero aluvial (Figura 3).

En este sentido, los resultados de este estudio ponen de manifiesto que las marismas y lagunas costeras como la Pletera, deben considerarse como parte del patrimonio hidrogeológico tanto por su valor intrínseco como, especialmente, por su valor funcional como sustento de la biodiversidad, además de su interés científico, medioambiental y educativo.

Asimismo, insistimos en reconocer explícitamente el agua subterránea y su dinámica estacional natural como un elemento patrimonial que determina la calidad ecosistémica de las lagunas costeras y que, por ello, requiere un especial trato de protección en los planes hidrológicos y en la gestión territorial.

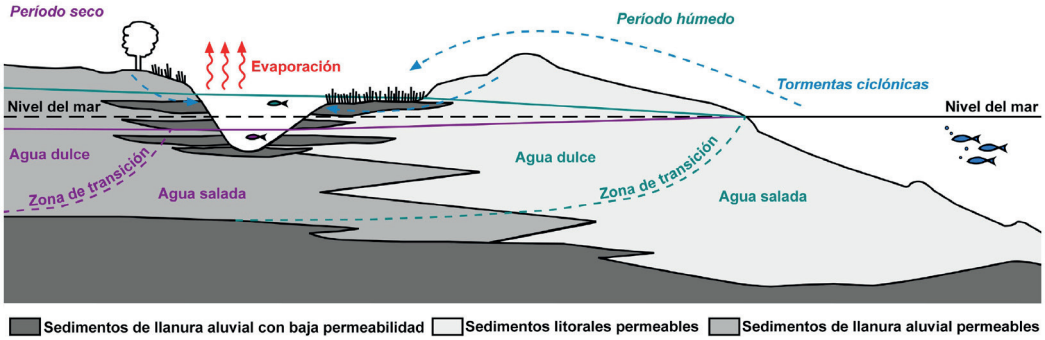


Figura 3. Esquema del funcionamiento hidrogeológico de las lagunas de la Pletera (modificado de Menció et al., 2017).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado a través de los proyectos del gobierno español CGL2014-57215-C4-2-R y CGL2016-76024-R, de la Comunidad Europea LIFE 13 NAT/ES/001001, y de la Universidad de Girona MPCUdG2016/061.

REFERENCIAS

Badosa, A., Boix, D., Brucet, S., López-Flores, R. y Quintana, X. D. 2006. Nutrients and zooplankton composition and dynamics in relation to the hydrological pattern in a confined Mediterranean salt marsh (NE Iberian Peninsula). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 66, 513-522.

Barettino, D., Vallejo, M., y Gallego, E. (eds.) 1999. *Towards the balanced management and conservation of the geological Heritage in the New Millennium*. Sociedad Geológica de España, Instituto Tecnológico Geominero de España y European Association for the Geological Heritage. Madrid.

Beer, N. A. y Joyce, C. 2013. North Atlantic coastal lagoons: conservation, management and research challenges in the 21th century. *Hydrobiologia*, 701, 1-11.

Boix, D., Gascón, S., Sala, J., Martinoy, M., Gifre, J. y Quintana, X. D. 2005. A new index of water quality assessment in Mediterranean wetlands based on crustacean and insect assemblages: the case of Catalunya (NE Iberian peninsula). *Aquatic conservation: marine and freshwater ecosystems,* 15:635-651.

Carcavilla, L., López, J. y Durán, J. J. 2007. Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. *Cuadernos del Museo Geominero*, 7.

Costanza, R., d'Arge R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., Hannon, V., Limburg, K., Naeem S., O'Neill, R.V., Paruelo, J., Raskin, R. G., Sutton, P., y van den Belt, M. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 287, 253-260.

López-Flores, R., Boix, D., Badosa, A., Brucet, S. y Quintana, X.D. 2006. Pigment composition and size distribution of phytoplankton in a confined Mediterranean salt marsh ecosystem. *Marine Biology*, 149, 1313-1324.

López-Flores, R., Quintana, X.D., Romaní A.M., Bañeras, L., Ruiz-Rueda, O., Compte, J., Green, A.J. y Egozcue, J.J. 2014. A compositional analysis approach to phytoplankton composition in coastal Mediterranean wetlands: Influence of salinity and nutrient availability. *Estuarine, Cosatal and Shelf Science*, 136, 72-81.

Marquès, M.A., Psuty, N.P. y Rodríguez, R. 2001. Neglected effects of eolian dynamics of artificial beach nourishment: the case of Riells, Spain. *Journal of Coastal Research*, 17(3), 694-704.

Menció, A., Casamitjana, X., Mas-Pla, J., Coll, N., Compte, J., Martinoy, M., Pascual, J. y Quintana, X.D. (submitted in 2017) Groundwater dependence of coastal lagoons: the case of La Pletera salt marshes (NE Catalonia). *Journal of hydrology*.

Montaner, J. (eds.). 2010. *El flux hidrològic de la plana litoral del Baix Ter. Evolució fluvial, caracterització hidrològica i pautes de gestió*. Càtedra d'ecosistemes litorals mediterranis. Recerca i Territori, 2.

Munné, A., Ginebreda, A., y Prat, N. (eds.) 2016. Experiences from Surface Water Quality Monitoring. The EU Water Framework Directive Implementation in the Catalan River Basin District (Part I). Springer.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS VOLCÁNICOS EN LA PROVINCIA MAGMÁTICA ROMANA (PMR): SOVANA, SUTRI Y CIVITÀ DE BAGNOREGIO

ADVANTAGE OF VOLCANIC RESOURCES IN THE ROMAN MAGMATIC PROVINCE: SOVANA, SUTRI AND CIVITÀ OF BAGNOREGIO

E. Escobar[1,3], M.E. González[1,3], F.J. Dóniz-Páez[2,3]

[1] GEOVOL–UCLM, Dpto. Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Castilla-La Mancha. Facultad de Letras. Avda. Camilo José Cela s/n, 13071, Ciudad Real. estela.escobar@uclm.es , elena.gonzalez@uclm.es

[2] Dpto. Geografía e Historia – Universidad de La Laguna. Facultad de Humanidades, Campus de Guajara s/n, 38071, La Laguna (Tenerife). jdoniz@ull.es

[3] INVOLCAN. Instituto Volcanológico de Canarias. Antiguo Hotel Taoro. Puerto de la Cruz (Tenerife).

Resumen: El objetivo del presente trabajo es mostrar la relación entre el ser humano y su entorno geológico. Para ello, se describen las principales características geológico-geomorfológicas de varios edificios volcánicos en una de las provincias magmáticas en las que se divide Italia Peninsular, la Provincia Magmática Romana (PMR) y su implicación en el Patrimonio Histórico-Cultural desde las primeras civilizaciones asentadas en el territorio. Los depósitos y formaciones procedentes de las grandes explosiones volcánicas acaecidas en el entorno han sido susceptibles de explotación desde los propios orígenes de la civilización romana como material de construcción, dejando una huella patrimonial de gran relevancia gracias a su excelente estado de conservación.

Palabras clave: Geología-geomorfología, Italia, patrimonio histórico-cultural, recursos, volcanes.

Abstract: *The objective of this work is to show the relationship between man and his geological environment. The main geological-geomorphological features of some of the volcanic buildings in one of the magmatic provinces in which Italy Peninsular is divided, the Roman Magmatic Province (RMP) and their involvement in the historical-cultural heritage from the earliest civilizations settled in the territory. The deposits and formations from the great volcanic explosions that occurred in the surroundings have been susceptible of exploitation from the origins of the Roman civilization as a construction material, leaving a patrimonial trace of great relevance thanks to its excellent state of conservation.*

Key words: *Geology-geomorphology, Historical-cultural heritage, Italy, resource, volcanoes.*

INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente se ha asociado el volcanismo italiano a los procesos de subducción relacionados con el levantamiento de los Montes Apeninos, aunque investigaciones del profesor Stoppa *et al.* (2004) vinculan

importantes regiones volcánicas del centro y sureste de la península (Lacio, Umbría y Basilicata) a procesos de distensión cortical y generación de rift. Buena parte de la cuenca del antepaís Tirreno de la cordillera Apenina se encuentra jalonada de campos volcánicos con temporalidad y propiedades eruptivas diversas. Pero todos tienen en común la violencia puntual de su actividad en forma de importantes erupciones plinianas que generaron grandes estructuras tipo caldera (Lago Vico, Bracciano y Nemi entre otros), o estratovolcanes (Monte Amiata, Vulture, Roccamonffina, Vesubio, etc.) asociados a la emisión de magmas sálicos. También existieron episodios estrombolianos con formación de pequeños volcanes monogénicos, normalmente basálticos, como el de San Venanzo.

El magmatismo Plio-Cuaternario de Italia ofrece unas características petrológicas diversas, reflejo de una gran geodiversidad magmática. Esto ha permitido distinguir varias Provincias Magmáticas (Stoppa *et al.*, 2004, Peccerillo, 2005 Cadoux and Pinti, 2008) (Figura 1), entendidas como áreas donde los materiales depositados comparten características específicas composicionales, espaciales y geocronológicas, que permiten su individualización. Estas Provincias Magmáticas son: P.M. Toscana, P.M. Romana (PMR), P.M. Ernici-Roccamonfina, P.M. de la Campania y la Provincia Ultra Alcalina Intramontana (La Intra-Mountain Ultra-alkaline Province se considera una provincia petrográfica singular que comprende el distrito ultraalcalino de Umbría–Lacio más el estratovolcán de Vulture según Lavecchia and Stoppa, 1996. Denominada también como Provincia intra-Apenina, o Distrito Ultra Alcalino Umbria Lazio por Washington, 1906).

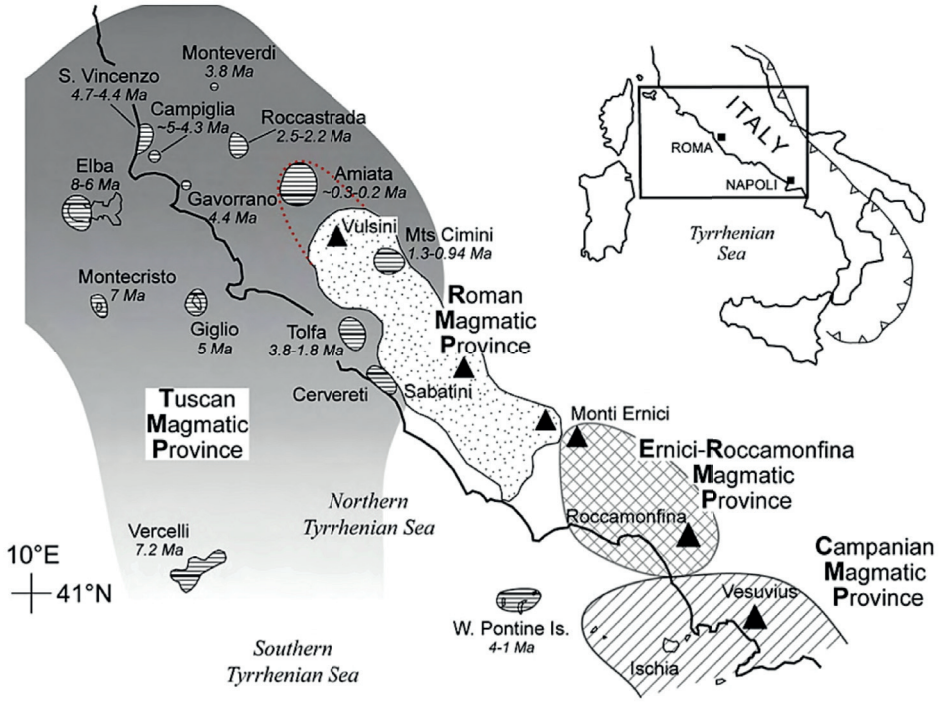


Figura 1. Provincias magmáticas de Italia Central, según Cadoux and Pinti (2008 p.170, recuperado de Peccerillo, 2005).

Esta comunicación se centra en las características geológicas y geomorfológicas de la Provincia Magmática Romana (PMR) y los aprovechamientos antrópicos de los productos volcánicos a lo largo de la historia. La gestión actual de estos espacios, que disfrutan de un excelente grado de conservación, es tanto pública como privada. Están englobados en el Conjunto Monumental General de Italia, como figuras de protección de Parque Arqueológico y Parque Regional, con una presencia central del Patrimonio Geológico y Geomorfológico.

MARCO GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO

La PMR es la región más grande de volcanismo potásico extendiéndose desde el sur de la Toscana a la zona de Campania (Washington, 1906). En la zona norte, sus estructuras volcánicas se superponen a las rocas de la Provincia Magmática de la Toscana, aunque en muchas áreas se ha producido mezcla de magmas de esas dos provincias (Cadoux and Pinti, 2008). La zona sur de la PMR está delimitada por la línea tectónica Ancona-Anzio que atraviesa los Apeninos. La actividad volcánica de la PMR fue principalmente explosiva, con numerosas erupciones plinianas con colapsos que produjeron calderas. Resultado de la alta explosividad volcánica son abundantes los mantos ignimbríticos, mientras que los flujos de coladas lávicas son escasos (Peccerillo, 2005). Cronológicamente, los centros eruptivos de la PMR se han desarrollado durante el lapso Mioceno-Cuaternario en una región con tectónica distensiva, asociada a la migración hacia el este de los Apeninos y a la apertura simultánea del mar Tirreno. Este volcanismo está ubicado sobre una gran cuenca sedimentaria Neógena ligada a un sistema de fallas de dirección NW-SE que, posteriormente, fue atravesada por otro de orientación NE-SW. Estos sistemas de fallas representan las zonas de debilidad a lo largo de los cuales ascendieron los magmas.

Con el fin de comprender mejor la relación entre los depósitos de los principales edificios volcánicos con sus aprovechamientos, describiremos las principales características geológicas y geomorfológicas de los complejos volcánicos de Vulsini y Vico-Monte Cimico (Figura 1).

El complejo volcano-tectónico de Vulsini (Peccerillo, 2005) tiene una edad de ~400 ka. Se trata de un gran distrito volcánico formado por varios centros eruptivos del norte de la PMR donde la actividad explosiva ha sido más importante. Los productos volcánicos dispersos en una superficie de 2.200 km^2 son mantos de ignimbritas, acumulaciones de piroclastos y flujos de lava. La geomorfología actual de la zona se debe a dos procesos: a) continuados procesos de subsidencia asociados a fracturas regionales y b) erupciones explosivas de hace ~160 ka que dieron lugar al colapso y formación de la gran caldera, de ~8 km de diámetro.

El complejo eruptivo de Vico-Monte Cimino (Peccerillo, 2005) se localiza al norte de la PMR (Figura 1) en la cuenca de Siena-Radicofani junto con los complejos Vulsini, Sabatini y Colli Alabani. De todos ellos, Vico es el edificio más pequeño con menos de 100 km^3 de material volcánico emitido disperso en un área de 784 km^2. Se relaciona con sucesivos periodos eruptivos que abarcan desde erupciones plinianas con depósitos de ignimbritas a conos de escorias, coladas y abundantes depósitos de caída relacionadas con erupciones menos explosivas. Asociado al edificio volcánico Vico, con el que forma un complejo eruptivo, se encuentra el estratovolcán de Monte Cimino, que es el volcán más antiguo de este territorio, cuya actividad está comprendida entre los ~1.350 ka y ~800 ka (Cimarelli y De Rita, 2006). Su historia eruptiva, es similar a la de otros emisores volcánicos de la zona: emisión de magmas ácidos a través de fisuras regionales generando eventos explosivos, con formación de domos y avalanchas piroclásticas incandescentes que originaron una vasta meseta ignimbrítica.

APROVECHAMIENTO DE LOS RECURSOS VOLCÁNICOS EN LA PMR

Como se ha visto, en la PMR hay espectaculares edificios eruptivos asociados a potentes depósitos volcánicos, productos de su actividad, que han sido utilizados por los humanos desde los orígenes de Italia. Primero los etruscos los horadaron para albergar sus necrópolis y después los romanos los extrajeron como material de construcción para edificios urbanos.

Antiguas necrópolis etruscas excavadas directamente en ignimbritas se pueden visitar en el *Parque Arqueológico de la Città del Tufo* en Sovana (ignimbrita de Vulsini) y en el *Parque Regional de la Antigua Città de Sutri* (ignimbrita del Lago Vico).

En Sovana (Figura 2a) las numerosas tumbas etruscas excavadas en las ignimbritas de Vulsini, conocidas como *Tufo de Sovana*, tienen un alto interés histórico ya que se encuentra el mausoleo de Ildebranda (s. III a.e.c), el más importante hallado hasta el momento de la civilización etrusca, y la Tumba del Tifone (s. II a.e.c) (González *et al,* 2015) (Figura 2b). La entrada y el tránsito por la necrópolis se realizan por "trincheras" abiertas con el típico perfil trapezoidal, trincheras que a su vez fueron reutilizadas durante la Segunda Guerra Mundial. El conjunto se encuentra protegido bajo la figura de Parque Arqueológico. Los depósitos de los episodios eruptivos de Vulsini, con una dispersión radial de ~60 km, también se han utilizado para la construcción y ubicación de ciudades que hoy día son reclamo turístico: la città de Bagnoregio, Orvieto o Montefiascone, entre otras.

La città de Bagnoregio (Figura 2c), fundada por los etruscos en el s. VII (González *et al,* 2015), se ubica en un emplazamiento defensivo formado por un cerro testigo de ignimbritas que destaca sobre una cobertera sedimentaria que rellena, entre otras, las depresiones tectónicas del Tíber y de Siena-Radicofani. Esta monumental ciudad está considerada como uno de los cien monumentos más amenazados del Planeta, debido a los importantes procesos erosivos fluviales que tienen lugar en su base. Se accede a ella por un puente peatonal atravesando fallas generadas en el terremoto de 1695. El cerro testigo en el que se ubica Bagnoregio está rodeado por los depósitos de cuenca afectados por las fracturas distensivas que han originado la fosa del Tíber. Su emplazamiento sobre esta importante área fracturada explica su actividad sísmica, entre la que cabe destacar el mencionado seísmo de junio de 1695 (González *et al,* 2015). El pequeño núcleo está construido en su totalidad por material volcánico consolidado, tanto de composición ignimbrítica como basáltica (Figura 2d).

En relación a Sutri, la leyenda atribuye su fundación a Saturno, padre de todos los dioses y de los hombres. De su denominación etrusca "Sutrinas" derivaría el topónimo de la ciudad. El núcleo de población dependía del centro etrusco de Veio, para pasar en ~383 a.e.c, a depender de la dominación romana que la utilizó como baluarte militar y lugar estratégico en la conquista de Etruria. El asentamiento etrusco primitivo de Sutri está excavado en un potente promontorio de toba (*tufo* en italiano) originada en la explosiva erupción freatomagmática del lago Vico (Figura 2e). Tras la caída de los etruscos, Sutri adquiere una función agrícola y artesana debido a su localización respecto a la Via Cassia, principal arteria de tránsito y comercio desde y hacia Roma (González *et al,* 2015).

Cabe destacar la reutilización del espacio de Sutri por el Imperio Romano, cuyo ejemplo más notable es el anfiteatro excavado completamente en la colina de toba aprovechando la pendiente y los afloramientos rocosos (Figura 2f). El anfiteatro es el actual "símbolo de la ciudad", enterrado durante siglos fue sacado a la luz en el s. XIX. Consta de una pista elíptica y tres filas de gradas, que podría albergar hasta siete mil espectadores fácilmente distribuidos por escaleras y vomitorios, hoy día sólo perdura una de las dos entradas de acceso. Su alto grado de deterioro está relacionado con la ubicación descrita, que favorece su exposición a procesos de meteorización y erosión tanto eólica como torrencial.

Por último, cabe destacar que sobre las ignimbritas del Monte Cimino, en la provincia de Viterbo, hay un famoso jardín que contiene una obra escultórica de seres imaginarios de época renacentista y estilo manierista. Ese entorno no deja indiferente a nadie, siendo actualmente un gran reclamo turístico, se trata de: El Bosque Sagrado o Fantástico, también llamado de los Monstruos de Bomarzo (Figuras 2g y 2h). El objetivo en su realización, según palabras de su promotor el atormentado Pier Francesco Orsini, Duque de Bomarzo, era que "no se pareciese a otro más que así mismo", las obras se llevaron a cabo después del fallecimiento de su esposa Julia Farnesio (Martín Martín, 2011). Una buena descripción del Bosque de los Monstruos aparece en la novela histórica Bomarzo (Manuel Mujica Laínez, 1962) donde recrea la vida del Duque en este contexto. Las obras del Jardín, se realizaron en dos fases, iniciadas a mediados s. XVI (~1552) concluyeron tres décadas después (~1580). Las esculturas adquieren su valor no solo por su iconografía sino también por su petrología.



Figura 2. Ejemplos de aprovechamiento de recursos volcánicos en la PMR

CONCLUSIONES FINALES

La actividad eruptiva volcánica, en gran parte explosiva, ha originado en la PMR no solo edificios y otras estructuras volcánicas sino también una gran cantidad de depósitos (ignimbritas y basaltos) dispersos por un amplio territorio. Éstos han sido aprovechados en actividades antrópicas desde los orígenes de la civilización

italiana (etruscos y romanos). La geodiversidad de formas creadas por los diferentes erupciones y su uso por parte del hombre, dotan a estos espacios de un alto interés desde la perspectiva del Patrimonio Geológico y Geomorfológico, en la medida que se combinan los valores intrínsecos de cada uno de los geositios con su valor cultural. Muchos de estos lugares son explotados como recursos geoturísticos, introduciendo en su gestión criterios relacionados con la geoconservación de los geositios y de sus valores patrimoniales así como con la geodivulgación de los contenidos geológicos y geomorfológicos de los mismos. Las características propias del área tratada, están directamente relacionadas con las estructuras y depósitos volcánicos que han facilitado tanto su habitabilidad como su extracción por diferentes comunidades a lo largo de la historia. Las figuras de protección bajo las que se encuentran estos espacios, no sólo reflejan su reconocida importancia cultural sino también su relación con un entorno geológico singular.

En Sovana la necrópolis etrusca está reconocida como Parque Arqueológico, por la relevancia de sus monumentales tumbas excavadas en el *Tufo de Sovana* (toba volcánica).

El *Parco Urbano dell'Antichissima Città di Sutri*, enmarcado dentro de la figura de Parque Regional, es un importante recurso para la ciudad como punto de atracción de visitantes. El área protegida incluye además de la meseta volcánica con vistas a la Via Cassia, un grupo de pequeños territorios ricos en valores históricos, arqueológicos, geológicos, geomorfológicos y ambientales. Aunque su extensión es de sólo 7 hectáreas (es el parque más pequeño de la Región Lazio), incluye una notable variedad de ambientes naturales. El 24 junio de 1988, la Ley regional n° 38, decretó la ciudad de Sutri como figura Parque Urbano bajo el nombre de "*Parque Regional de la Antigua Città de Sutri*", donde se hacía referencia a sus valores relacionados con el Patrimonio Geológico.

REFERENCIAS

Cadoux, A. y Pinti, D.L. 2008. Hybrid character and pre-eruptive events of Mt Amiata volcano (Italy) inferred from geochronological, petro-geochemical and isotopic data. *Journal of Volcanology and Geothermal Research,* 179. 169-190.

Cimarelli, C. y De Rita, D. 2006. Structural evolution of the Pleistocene Cimini trachytic volcaniccomplex (Central Italy). *Bull.Volcanol.* 68:538-548.

Comune di Sutri. Portale di informazione del Comune di Sutri. (15/01/2017) http://www.comune.sutri.vt.it/new/il-parco/142-il-parco-naturale-regionale

Escobar, E. 2016. *Aprovechamiento de los Recursos Volcánicos: Mediterráneo Central (Italia Peninsular), Mediterráneo Occidental (Campo de Calatrava) y entorno atlántico (Islas Canarias).* Tesis Doctoral UCLM, C. Real, 1278 pp.

González, E., *et al.* 2015. *Itinerarios Geopatrimoniales por los volcanes de Italia continental. Toscana, Lacio, Campania, Basilicata. Guía de campo.* Facultad de Letras, UCLM. (Publicación Electrónica, DVD). UCLM. 324 pp.

Lavecchia, G. y Stoppa, F. 1996. The tectonic significance of Italian magmatism: an alternative view to the popular interpretation. *Terra Nova.* 8. 435-446.

Martín Martín, F. 2011. Bomarzo: Una experiencia humanística y sensitiva. *Laboratorio de arte* 23 pp. 65-77.

Mujica Láinez, M. 1962. *Bomarzo. La vida y aventuras del Duque de Orsini, un visionario del Renacimiento italiano.* Sudamericana, Argentina, 670 pp.

Peccerillo, A. 2005. *Plio-Quaternary Volcanism in Italy: Petrology, Geochemistry, Geodynamics.* Springer, Berlin, 365 pp.

Stoppa, F, *et al.* 2004. Extrusive carbonatites and their meaning: the case of Italy. *Memorie descrittive della carta geologica d'Italia,* v.63 (5), BW02 1-24.

Washington H.S. 1906. *The Roman Comagmatic Region. Carnegie* Inst. Washington Publ. 57, 199 pp.

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

CENTRO DE INTERPRETACIÓN DEL VOLCÁN CERRO GORDO COMO EJEMPLO DE DINAMIZACIÓN ECONÓMICA EN EL CAMPO DE CALATRAVA (CIUDAD REAL, ESPAÑA)

INTERPRETATION CENTER OF CERRO GORDO VOLCANO AS AN EXAMPLE OF ECONOMIC DYNAMIZATION IN CAMPO DE CALATRAVA (CIUDAD REAL, SPAIN)

E. Escobar[1,3], M.E. González[1,3], R. Becerra-Ramírez[1,3], R.U. Gosálvez[1] y F.J. Dóniz-Páez[2,3]

[1] GEOVOL–UCLM, Dpto. Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Castilla-La Mancha. Facultad de Letras. Avda. Camilo José Cela s/n, 13071, Ciudad Real. estela.escobar@uclm.es
[2] Dpto. Geografía e Historia – Universidad de La Laguna. Facultad de Humanidades, Campus de Guajara s/n, 38071, La Laguna (Tenerife). jdoniz@ull.es
[3] INVOLCAN. Instituto Volcanológico de Canarias. Antiguo Hotel Taoro. Puerto de la Cruz (Tenerife).

Resumen: El volcán Cerro Gordo de la Región Volcánica del Campo de Calatrava, sito en los municipios de Granátula de Calatrava y Valenzuela de Calatrava (Ciudad Real), se ha convertido en un importante Centro de Interpretación de ese territorio volcánico. Este volcán posee una gran variedad eruptiva puesta de manifiesto a raíz de la cesión de un sector de la cantera por parte de la empresa Lafarge-Holcim. Desde su apertura en abril de 2016, el Centro de Interpretación ha atendido a más de 9.500 visitantes, procedentes principalmente de Castilla-La Mancha y Madrid. El Centro cuenta con aparcamiento para autobuses y turismos, una pequeña cabaña de madera para recepción de visitantes y un circuito cerrado con 10 paneles interpretativos. Cerro Gordo se ha convertido en una de las visitas más reclamadas del "Parque Cultural Calatrava", junto al Corral de Comedias de Almagro, el Castillo de Calatrava La Nueva y la propia ciudad de Almagro. También cuenta con la página web: Cerro Gordo. Fuego, cenizas, cemento.

Palabras clave: Campo de Calatrava, cantera, Cerro Gordo, interpretación, volcán.

Abstract: *The Cerro Gordo Volcano of the Volcanic Region of Campo de Calatrava, located in the municipalities of Granátula de Calatrava and Valenzuela de Calatrava (province of Ciudad Real), has become an important Interpretation Center of this volcanic territory. This volcano has a great eruptive variety evidenced as a result of the transfer of a sector of the quarry by the Lafarge-Holcim company. Since its opening in April 2016, the Interpretation Center has served more than 9,500 visitors, mainly from Castilla-La Mancha and Madrid. The Center has parking for buses and cars, a small wooden cabin for reception of visitors and a closed circuit with 10 interpretive panels. Cerro Gordo has become one of the most sought after visits of the "Cultural Park Calatrava", next to Corral de Comedias de Almagro, the Castle of Calatrava La Nueva and the city of Almagro itself. It also has the website: Cerro Gordo. Fire, ash, cement.*

Key words: *Campo de Calatrava, Cerro Gordo, interpretation, quarry, volcano.*

INTRODUCCIÓN

La Región Volcánica del Campo de Calatrava ocupa un área de ~5.000 km^2 en el centro de la provincia de Ciudad Real, y se caracterizada por un volcanismo básico y ultrabásico. Sus límites sobrepasan la comarca histórica del Campo de Calatrava, extendiéndose al norte por los Montes de Toledo, al sur por el Valle de Alcudia y Sierra Morena, y al este por las llanuras de La Mancha. La distribución de volcanes está regida por la orientación de grandes desgarres corticales (ONO-SSE) y representan un volcanismo intracontinental (Ancochea, 1983). Se han identificado más de 330 edificios eruptivos, el 53% de génesis magmática (hawaiana y estromboliana) y el resto de actividad hidromagmática, con morfologías típicas de volcanismo basáltico tanto monogénico como policíclico: conos piroclásticos, coneletes escoriáceos, coladas con diversas morfologías, *maares*-diatrema y *maares* con anillos de tobas, así como flujos piroclásticos (Gosálvez, 2011; Becerra-Ramírez, 2013).

La intensa explotación minera del material volcánico ha provocado el deterioro de estas singulares formaciones geológicas de la Península Ibérica (González, 1991). En el Campo de Calatrava se han extraído desde antiguo hormigones, "picones" o "carbonillas" en explotaciones rudimentarias para abastecimiento local (González, 1991). El área de mayor intensidad extractiva ha sido el triángulo formado por Ciudad Real, Puertollano y Almagro. Los materiales volcánicos se han destinado a distintos usos, en función de su tamaño: a) las cenizas para enmiendas de suelos calizos, b) los piroclastos como áridos para caminos, jardinería japonesa, xerojardinería y fabricación de cementos, c) los bloques para construcción de tapiales y adornos de parques y jardines, y d) las coladas para fabricación de adoquines y balastros de ferrocarril incluido el AVE. Se han explotado unas treinta canteras agrupadas en dos categorías, minas de piedra pómez y canteras de roca basáltica. El volumen anual de extracciones llegó a alcanzar 1.336.000 Tm (González, 1991).

La población local ha permanecido ajena ante la destrucción sistemática de los volcanes calatravos, por desconocer su valor, aunque en 1978 el padre Candelo López Serrano alzó la voz contra la puesta en explotación del volcán del Cerro de los Molinos en Almodóvar del Campo (Gosálvez *et al.* 2010). La progresiva concienciación del valor de los volcanes del Campo de Calatrava llevó a la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha ha adoptar medidas e instrumentos para proteger las manifestaciones volcánicas más interesantes (Gosálvez *et al.* 2010). Este proceso de protección y divulgación culmina con la apertura del Centro de Interpretación de Cerro Gordo a iniciativa del Grupo de Investigación GEOVOL-UCLM, la Asociación de Desarrollo Campo de Calatrava y la empresa Lafarge-Holcim. Este Centro de Interpretación es el objeto principal de esta comunicación.

MARCO GEOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO.

La masiva presencia de edificios volcánicos en el sector oriental de El Campo de Calatrava está causada por la intersección de un desgarre cortical NE-SW con el eje principal del volcanismo calatravo ONO-SSE (Becerra-Ramírez, R. 2013).

El Volcán Cerro Gordo (Figura 1) está en la crestería cuarcítica del flanco sur del anticlinal erosionado de Almagro-Valenzuela (Domo de Almagro), a favor de una fractura NE-SW. La actividad polígenica con erupciones magmáticas e hidromagmáticas producen un cono de piroclastos (Cerro Gordo) y un *maar* (Barranco Varondillo) (González *et al.*, 2010).

La historia eruptiva comienza con un evento freatromagmático que produce el primitivo *maar* de Varondillo, posteriormente en su borde se formará el cono de piroclastos Cerro Gordo. Este cono se inicia con

una erupción estromboliana de piroclastos finos, vesiculados, negros, sin trazas de soldadura, que forman un edificio cónico, disimétrico, con un cráter en herradura abierto al SSW. El mismo foco emitirá lavas fluidas que desarrollaron una amplia colada, bifurcada en dos ramas por un espigón cuarcítico, que fluyó más de 2 Km hacia el interior de la cuenca Valenzuela, con una anchura máxima de 700 m y una potencia superior a los 20 m. A esa erupción lávica le sigue otra explosiva, de carácter freatomagmático, que abre un gran cráter y genera flujos piroclásticos que forman un anillo de tobas alrededor de la depresión explosiva. Estos depósitos (Figura 2) recubren íntegramente el cono preexistente, con potencias superiores a los 20 m (González *et al*., 2010).

Las erupciones en Cerro Gordo finalizan con emisiones lávicas del cráter somital, que descargan importantes volúmenes de salpicaduras (*spatter)* acumuladas en su borde NE. Las altas temperaturas de emisión y deposición del *spatter*, unido a su peso y plasticidad provocaron su flujo por la ladera dando lugar a una morfología lobulada y aterrazada en la zona baja en tanto que en la parte superior, el enfriamiento rápido lo agrietó y requebrajó creando una morfología superficial enlosada y fracturada (González *et al*., 2008).



Figura 1. Volcán de Cerro Gordo.

LA INTERPRETACIÓN DEL VOLCÁN CERRO GORDO

Origen y desarrollo de la actuación interpretativa

En los últimos 17 años, Cerro Gordo ha sufrido una intensa actividad extractiva, primero de áridos y después de aditivos para la fabricación de cementos. Paradójicamente, la destrucción del volcán ha permitido una mejor interpretación de sus procesos eruptivos. Esto es debido a que la propietaria de la cantera "Mina San Carlos", la empresa Lafarge-Holcim, ha cedido parte de los terrenos excavados para uso científico-didáctico.

Tras largas e intensas negociaciones, en febrero de 2011, la empresa Lafarge cede 2.000 m^2 de la cantera abierta en el flanco del volcán para el proyecto "Parque Cultural Calatrava" promovido por la Asociación de Desarrollo Campo de Calatrava. La cesión se realiza mediante un Convenio Marco de Colaboración con nueve pactos y condiciones revisables anualmente, pudiendo rescindirse con un mes de antelación o por incumplimiento de los compromisos adquiridos por cualquiera de las partes. El condicionado primero del Convenio acuerda que el Grupo de Investigación GEOVOL del Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio de la Universidad de Castilla-La Mancha, colaborará y asesorará la transferencia de conocimientos para el diseño y ejecución del Centro de Interpretación, formando parte, con voz pero sin voto, de cuantas comisiones se establezcan. El condicionado segundo del Convenio, recoge la obligación de establecer una Comisión de Seguimiento para supervisar el programa de ejecución del proyecto de puesta en valor del volcán, reu-

niéndose como mínimo una vez al año. Esta Comisión está presidida por el Presidente de la Asociación de Desarrollo Campo de Calatrava, y compuesta por seis vocales, tres nombrados por esta asociación y tres por Lafarge. El objeto de esta Comisión de Seguimiento es abordar las cuestiones que resulten de la ejecución del proyecto de interpretación y la implementación del programa para su ejecución, gestión y explotación del centro interpretativo.

Posteriormente, el programa europeo LEADER 2007-2013, otorgó al Ayuntamiento de Granátula de Calatrava una subvención de 120.000 € con los que se sufragó el proyecto de interpretación, que fue adjudicado a la empresa Paleoymás, S.L., con sede en Zaragoza, y que contó con la supervisión científica de GEOVOL.

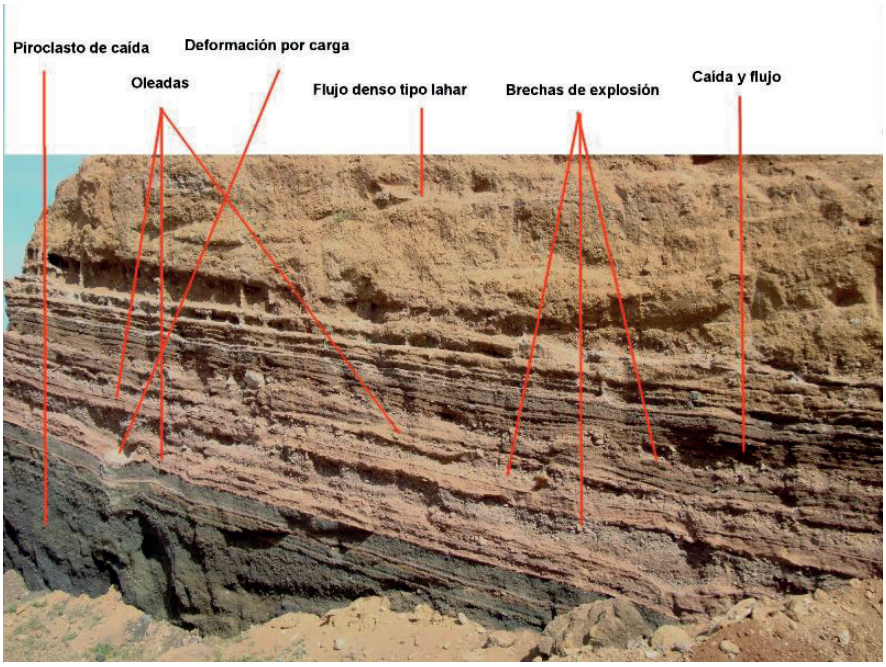


Figura 2. Secuencia de depósitos en Cerro Gordo.

El Centro de interpretación: equipamiento y discurso interpretativo.

El equipamiento del Centro de Interpretación cuenta con aparcamiento para autobuses y turismos, una pequeña cabaña de madera para recepción de visitantes, un circuito cerrado con una pasarela metálica que ofrece 10 paneles interpretativos agrupados en tres bloques: I) La ciencia de los volcanes (paneles "Un planeta dinámico"; "Volcanismo, el latido del planeta"; "¿Qué es un volcán?"; "El volcán bajo el microscopio" y "El volcán construye el paisaje"), II) Vivir junto al volcán ("¿Un volcán en Calatrava?"; "La vida al pie de un volcán" y "Un ecosistema modelado por volcanes"), y III) Volcán de Cerro Gordo ("Cerro Gordo: historia de un volcán" y "La cantera de San Carlos"). Los paneles abordan el fenómeno volcanológico a tres niveles, el general, el del Campo de Calatrava y el concreto del volcán Cerro Gordo describiendo sus características geomorfológicas y biogeográficas (Figura 3).

En la página web del Centro de Interpretación (Cerro Gordo. Fuego, cenizas, cemento) se ofrece información práctica y complementaria para su visita. Destaca la posibilidad de bajarse una autoguía en forma de aplicación *app* gratuita de *Google Play Store*, para uso de particulares. Los grupos organizados pueden gestionar la visita en horario y día abierto.

Cabe destacar que la atención en el Centro de Interpretación durante sus primeros seis meses (mayo-octubre de 2016) corrió a cargo de ocho alumnos del Taller de Empleo ("Agua y Volcanes, Parque Cultural de Calatrava") promovido por la Asociación de Desarrollo Campo de Calatrava para formar en divulgación del volcanismo del Campo de Calatrava, y financiado por la Consejería de Economía, Empresas y Empleo de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha. A partir de entonces, personal municipal y del Grupo de Investigación GEOVOL-UCLM son quienes acompañan a los visitantes.

Evaluación y caracterización de los visitantes

"Cerro Gordo" se ha convertido en una de las visitas más reclamadas del "Parque Cultural Calatrava", junto al Corral de Comedias de Almagro y el Castillo de Calatrava La Nueva, al margen de la propia ciudad de Almagro, por su atractivo para descubrir aspectos sencillos sobre volcanismo. Según la Asociación para el Desarrollo del Campo de Calatrava, a 12 de enero de 2017, el Centro de Interpretación de Cerro Gordo ha recibido unas 9.500 personas procedentes de 14 comunidades autónomas españolas y 5 países.

Las visitas tanto individuales como en grupo (colegios, institutos, asociaciones de todo tipo y universidades) han sido principalmente de Castilla-La Mancha y Madrid, aunque ha habido al menos 50 personas procedentes de Alemania, Francia, Guinea Ecuatorial y Holanda.



Figura 3. Elementos del volcán-museo Cerro Gordo.

CONCLUSIONES

La Región Volcánica del Campo de Calatrava con más de 330 edificios eruptivos, de génesis y morfologías muy diferentes y variadas, es única en la Península Ibérica tanto por número de volcanes como por el territorio que ocupan. En otro orden de cosas, la provincia de Ciudad Real es la única (en la España peninsular) que cuenta con dos parques nacionales, y otros dos en la periferia de la región volcánica. Esto debe conllevar acciones dirigidas a revalorizar este paisaje eruptivo como nexo de unión entre los paisajes de las zonas bajas húmedas, paisajes del agua (Tablas de Daimiel y Ruidera) y los sobrios entornos montañosos con relieves apalachenses (Cabañeros y Alcudia-Sierra Madrona). La declaración de algún volcán como Monumento Natural es importante para conseguir su geoconservación y geodifusión. La musealización de Cerro Gordo aúna Patrimonio Geológico y Geomorfológico con Patrimonio Cultural e Inmaterial fruto de la rica y dilatada historia de estos territorios de paso y frontera. La conjunción de intereses en bien del patrimonio geológico-geomorfológico de la zona, ha culminado en 2016 con la apertura del Centro de Interpretación del volcán de Cerro Gordo convertido rápidamente en un importante reclamo turístico.

REFERENCIAS

Ancochea, E. 1983. *Evolución espacial y temporal del volcanismo reciente de España central.* Tesis Doctoral UCM, Madrid. 675 pp.

Becerra-Ramírez, R. 2013. *Geomorfología y Geopatrimonio de los volcanes magmáticos de la región volcánica del Campo de Calatrava.* Tesis Doctoral UCLM, Ciudad Real. 818 pp.

Cerro Gordo. Fuego, cenizas, cemento. Centro de Interpretación del volcán Cerro Gordo. Asociación para el Desarrollo del Campo de Calatrava, Grupo de Investigación GEOVOL-UCLM y Lafarge-Holcim. 27/03/2017, http://volcancerrogordo.es/

Escobar, E., Becerra-Ramírez, R., González, E. y Gosálvez, R.U. 2009. Interacción con el medio a través del itinerario didáctico: Un paseo por la región volcánica del Campo de Calatrava. *IV Congreso Internacional de Competencias.* Ciudad Real.

Escobar, E. 2016. *Aprovechamiento de los Recursos Volcánicos: Mediterráneo Central (Italia Peninsular), Mediterráneo Occidental (Campo de Calatrava) y entorno atlántico (Islas Canarias).* Tesis Doctoral UCLM, Ciudad Real. 1278 pp.

González, E. 1991. El deterioro del paisaje volcánico del Campo de Calatrava. *XII Congreso Nacional de Geografía.* Valencia, 33-40.

González, E., Becerra-Ramírez, R., Gosálvez, R.U. y Escobar, E. 2010. Dinámicas eruptivas en el complejo volcánico de Cerro Gordo, Campo de Calatrava (España). En: González, E. Escobar, E., Gosálvez, R.U., Becerra-Ramírez, R. y Dóniz, J. (eds. cients.) *Aportaciones recientes en Volcanología 2005-2008.* Ed. Centro de Estudios Calatravos, UCLM y Ministerio de Ciencia y Tecnología. Almagro, 57-65.

González, E., Becerra-Ramírez, R., Gosálvez, R.U. y Escobar, E. 2010. Depósitos de flujos de spatter en el volcán Cerro Gordo. Región Volcánica del Campo de Calatrava (Ciudad Real, España). En: González, E. Escobar, E., Gosálvez, R.U., Becerra-Ramírez, R. y Dóniz, J. (eds. cients.), *Aportaciones recientes en Volcanología 2005-2008*. Ed. Centro de Estudios Calatravos, UCLM y Ministerio de Ciencia y Tecnología. Almagro, 97-99.

González, E., Gosálvez, R.U., Escobar, E. y Becerra-Ramírez, R. 2013. *Los volcanes. El latido del Campo de Calatrava*. Lafarge S.A. 185 pp.

González, E., Escobar, E., Gosálvez, R.U., Becerra-Ramírez, R. y Dóniz-Páez, F. J. 2015. Quarry Museumization as a Didactic Practice and Enviromental Regeneration process: the case of Cerro Gordo volcano (Campo de Calatrava, Spain) *2nd VOLCANOPARK Conference.* Lanzarote.

Gosálvez, R. U, 2011. *Análisis biogeográfico de las lagunas volcánicas de la península Ibérica. Bases científicas para su gestión.* Tesis Doctoral UCLM, Ciudad Real. 1040 pp.

Gosálvez, R. U., González, E., Becerra-Ramírez, R., Escobar, E. y Morales, M. 2010. La conservación de los volcanes del Campo de Calatrava (Ciudad Real, España): hitos a considerar. En: González, E. Escobar, E., Gosálvez, R. U., Becerra-Ramírez, R., Dóniz, J. (eds. cients.), *Aportaciones recientes en Volcanología 2005-2008*. Ed. Centro de Estudios Calatravos, UCLM y Ministerio de Ciencia y Tecnología. Almagro, 389-401.

Memoria de la jornada de campo central de la *XII Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España*

L. Carcavilla, J. Duque-Macías, J. Giménez, A. Hilario, M. Monge-Ganuzas, J. Vegas y A. Rodríguez (Eds.),
Patrimonio geológico, gestionando la parte abiótica del patrimonio natural. Cuadernos del Museo Geominero, nº 21
Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2017. ISBN 978-84-9138-032-0
© Instituto Geológico y Minero de España

PAISAJE Y GEOLOGÍA: UN PROYECTO DE GEOCONSERVACIÓN CENTRADO EN LA GEODIVERSIDAD INSULAR

LANDSCAPE AND GEOLOGY: GEOCONSERVATION PROJECT FOCUSED ON INSULAR GEODIVERSITY

A. Rodríguez[1,2], B. Gelabert[3] y F. de Pablo[2,4]
(con la colaboración de A. Obrador[2,5] (paradas 2 y 5) y B. Caritg[6] (parada 3))

[1] GEOSERVEI S.L. Projectes i Gestió Ambiental, Himàlaia, 37, 07703, Maó. a.rodriguez@geoservei.com

[2] Institut Menorquí d'Estudis (IME) Camí des Castell, 28 07702, Maó

[3] Universitat de les Illes Balears. Carretera de Valldemossa km 7,5, 07122, Palma de Mallorca. bernadi.gelabert@uib.es

[4] Consell Insular de Menorca. Departamento de Medio Ambiente y Reserva de Biosfera. Plaza de la Biosfera, 5, 07703, Maó. felix.depablo@cime.es

[5] Mare de Deu de Montserrat, 19, 3er, 1ª. 08024, Barcelona. antoni.obrador@gmail.com

[6] SGS Tecnos. C/ Cap Artrutx, 10H, 07714, Poima, Maó. bernat.caritgmonfort@sgs.com

Resumen: Desde el año 2013 la principal institución de Menorca, el Consejo Insular, está trabajando en promover el conocimiento y garantizar la protección del patrimonio geológico insular bajo el amparo de la figura de la Reserva de Biosfera. Se describen los avances en el modelo de gestión de la geodiversidad insular, con especial atención a la elaboración del Inventario de Lugares de Interés Geológico de la Reserva de Biosfera de Menorca, que a su vez sirven como introducción a la memoria de la jornada de campo central de la XII Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (CPG) de la Sociedad Geológica de España (SGE) organizada por la Reserva de Biosfera de Menorca.

Palabras clave: XII Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico, geodiversidad, memoria de campo, Menorca, Reserva de Biosfera.

Abstract: Since *2013, the main Minorcan institution, Insular Council, is working to promote knowledge and ensure the protection of the insular geological heritage under cover of the Biosphere Reserve. The progress in the management model of island geodiversity are described, with special attention to the development of the Inventory of geosites of the Biosphere Reserve of Menorca, which are used as an introduction of the field trip report of XII Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (CPG) de la Sociedad Geológica de España (SGE) organized by Biosphere Reserve of Menorca.*

Key words: *XII Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico, Biosphere Reserve, field trip report, geodiversity, Menorca.*

INTRODUCCIÓN A LA MEMORIA DE CAMPO

Los elementos de interés geológico están recibiendo un incremento de atención en muchos países del mundo y se han revelado como un potente recurso para la promoción de actividades de interés social y económico que ofrecen importantes posibilidades para el desarrollo local. A la vez, su estudio, es el resultado de una nueva manera de entender los recursos geológicos como bien de interés científico y cultural que deben ser protegidos. Con esta premisa, desde la Agencia Menorca Reserva de Biosfera, una organización especializada sin personalidad jurídica propia dependiente del Consell Insular de Menorca y adscrita al Departamento de Medio Ambiente y Reserva de Biosfera, se está trabajando en un modelo de gestión de la geodiversidad que gire especialmente alrededor de la sostenibilidad, y que permita establecer los criterios para la conservación y gestión del patrimonio geológico insular, fomentando principalmente el conocimiento entre la sociedad local (Rodríguez *et al*., 2015).

En estos momentos, el proyecto de valorización de la geodiversidad insular, al contar con la voluntad y predisposición de los actores significativos, avanza con paso firme, y a su vez está recibiendo una importante aceptación por parte de la población local, consiguiendo un creciente interés sobre el valor del patrimonio geológico y su necesidad de protección. Para lograr estos avances ha sido fundamental relacionar el proyecto con una figura consolidada como es la Reserva de Biosfera, declarada en 1993 y que representa un compromiso firme para compatibilizar el desarrollo local con la conservación del territorio.

Antecedentes

Podemos diferenciar dos épocas en relación a la gestión del patrimonio geológico en Menorca. En una primera época que abarca desde finales de los años setenta hasta principios del siglo XXI, la geología estuvo presente en casi todas las escuelas para educadores que anualmente organizó el Movimiento de Renovación Pedagógica de Menorca y que culminó con la edición de una guía de geología práctica (Méndez y Obrador, 1985) y la organización de una exposición sobre la geología de Menorca, que contó con una gran repercusión mediática (Fernández *et al*., 1994). Además, durante esta época numerosas entidades de ámbito local, pero también nacional, se interesaron en el patrimonio geológico de la isla realizando jornadas y cursos de geología, contribuyendo a la generación de conocimiento y a su protección. Del mismo modo, la calidad didáctica que presentan muchos afloramientos, hizo que la isla fuera durante mucho tiempo un laboratorio al aire libre para realizar prácticas de campo por estudiantes de las universidades de Central y Autònoma de Barcelona. No obstante, este interés no se había traducido en una implicación de las instituciones públicas en la valorización y preservación de los elementos geológicos de interés.

A partir del año 2011, se inicia la segunda época, un período marcado por la participación activa de las administraciones insulares, especialmente de la Agencia Menorca Reserva de Biosfera. El inicio de esta segunda época es impulsada a partir de un proyecto LIFE ejecutado por el CIMe, donde se incluye la caracterización de varios elementos de interés geológico (Rodríguez *et al.,* en prensa), además del interés promovido por el Institut Menorquí d'Estudis para que la isla presentara una candidatura para formar parte de la Red de Geoparques (Poch *et al*., 2013). Cabe señalar que durante esta segunda época, el interés de las administraciones locales ha ido acompañada del trabajo de la Associació de Geòlegs de les Illes Balears (AGEIB) que, especialmente desde el año 2012 organiza en la isla el Geolodía, con una afluencia anual superior a las 100 personas.

La puesta en valor del patrimonio geológico y la geodiversidad en el marco de la Reserva de la Biosfera se ha centrado en varias actuaciones entre las cuales se deben destacar:

- Septiembre de 2014. Inauguración del Centro de Geología de Menorca con el objetivo principal de promover el conocimiento del patrimonio geológico mediante la educación geológica y ambiental de la población. Desde octubre de 2015, ofrece unidades didácticas destinadas a los centros educativos.
- Noviembre de 2014. Celebración de las *I Jornadas sobre Patrimonio Geológico de Menorca y desarrollo local sostenible*, con el fin de dar a conocer actividades e iniciativas desarrolladas en toda España que promuevan el respeto por este patrimonio y para su adecuada gestión y conservación y elaboración de 12 rutas geológicas, disponibles a través de la web del proyecto (www.geologiamenorca.org).
- Diciembre de 2014. Reedición de la guía de geología práctica *El Naixement d'una illa Menorca* (Rosell y Llompart, 2002), una de las aportaciones más significativas a la divulgación y difusión del patrimonio geológico de Menorca, que fue agotada a los pocos años de salir a la luz.
- Febrero de 2015. Desarrollo de un completo programa de salidas geológicas guiadas, centrado en dar a conocer la geodiversidad insular y que despierta un gran interés por parte del público local.
- Junio de 2015. Organización de la Semana de la Geodiversidad en la Reserva de Biosfera de Menorca, donde se desarrollaron 14 actividades, con muy buena aceptación de público y que además de seguir contribuyendo a la divulgación de este patrimonio, permitió incluir por primera vez a asociaciones y empresas en el proyecto.

Divulgación y educación

Una de las finalidades de los territorios reconocidos como reserva de biosfera en el ámbito nacional y que han apostado por la geoconservación, consiste en desarrollar actuaciones para la utilización del patrimonio geológico con fines educativos, divulgativos y turísticos (Monge-Ganuzas y Martínez-Jaraiz, 2013). La divulgación y la educación han sido desde el primer momento el pilar de las actuaciones desarrolladas en Menorca. Ya en los años setenta se llevaron a cabo gran cantidad de actividades siguiendo esta finalidad y, actualmente, el proyecto iniciado por el Consell Insular centra la mayor parte de sus esfuerzos en promover la divulgación y educación en consonancia con uno de los principales objetivos de las reservas de biosfera.

Todas las actuaciones desarrolladas en el marco de este proyecto siguen el concepto de la *Menorca de los colores* (Obrador, 2010), donde rocas, colores y disposición estructural permiten diferenciar, tal y como sugirió originalmente Hermite (1879), cuatro tipo de paisajes que se pueden identificar con claridad y que representan una potente herramienta para la educación y divulgación de la geología insular: la *Menorca oscura*, la *Menorca roja*, la *Menorca gris* y la *Menorca blanca*.

La actuación más significativa se ha centrado en la creación del Centro de Geología de Menorca desde donde se impulsan y canalizan las actividades educativas y divulgativas del proyecto. El funcionamiento de este centro permite ofrecer un programa continuo de actividades divulgativas, didácticas y lúdicas que permiten fomentar el conocimiento y difundir el valor geológico de la isla entre su población y el visitante. La gestión y actividad del Centro de Geología de Menorca se describe posteriormente (Parada 6).

Se ha apostado por desarrollar un proyecto audiovisual que se ha iniciado con la grabación de un documental sobre el paisaje y la geología de Menorca, con el objetivo de que sea utilizado para la promoción de la geodiversidad como un elemento excepcional de la isla. Igualmente, se ha previsto su proyección en ferias y otros eventos relacionados con el medio natural de la isla, para captar y generar interés hacia este patrimonio insular. El documental se estrena con motivo de la XII Reunión Nacional de la CPG de la SGE. Del mismo modo, se ha procedido a la instalación de elementos en el campo que den visibilidad al proyecto, y que a la vez actúan como herramientas para la divulgación de la geodiversidad in situ. Estos elementos, en

formato paneles con explicaciones divulgativas sobre la geología del sitio, han sido ubicados en función de tres condicionantes: (1) interés geológico del lugar, (2) posibilidades para la divulgación y educación y (3) frecuentación y accesibilidad.

También se está trabajando en la participación de los ayuntamientos de la isla en el proyecto de geoconservación. La realización de rutas geourbanas supone una oportunidad de integración e implicación de los consistorios en el proyecto, y al mismo tiempo una potente herramienta para la divulgación de la geología entre la población. Se ha editado una primera ruta geourbana en el municipio de Maó, editada por el propio consistorio, y se espera que la iniciativa se extienda al resto de municipios.

Inventario de lugares de interés geológico de la Reserva de Biosfera de Menorca

Los inventarios son imprescindibles para gestionar y proteger el patrimonio geológico. Menorca fue incluida en los trabajos pioneros de catalogación estatal del patrimonio geológico mediante el inventario en 1988 de 77 localidades, que posteriormente fueron reducidas a 22 puntos de interés (PIG). Estos puntos se establecieron a partir de la información generada durante la labor cartográfica del mapa geológico de Menorca (Rosell *et al*., 1989). Con posterioridad a esta iniciativa, la Sociedad Histórico Arqueológica Martí y Bella, elaboró, entre los años 2002 y 2006, el *Inventario de Yacimientos paleontológicos y geológicos de interés científico de la isla de Menorca*" que incluye 210 yacimientos paleontológicos. En el año 2006, la Consejería de Medio Ambiente del Govern Balear, con la colaboración del IGME, publicó el libro *Islas de agua, patrimonio geológico y Hidrogeológico de las Islas Baleares* donde se elaboró un listado de 26 LIG para Menorca a partir del inventario de 22 PIG establecidos en 1988 y lo incluyó en un *Borrador de decreto sobre aprobación del inventario de lugares de interés geológico de las Islas Baleares y de protección del patrimonio geológico*. Además, en el marco del Proyecto Geoparque Menorca, en 2013 el CIMe inventarió 36 LIG de la isla. Por último, en 2008 la Federación Balear de Espeleología elaboró el documento técnico *Cavidades de Baleares como patrimonio geológico* donde constan 12 cavidades de interés en Menorca y por otra parte varias canteras y cuevas de la isla han sido registradas como Bienes de Interés Cultural (BIC).

Considerando que un inventario debe ser un instrumento vivo, que debe ser actualizado periódicamente, la falta de consenso entre los diferentes inventarios elaborados y la carencia de información en las descripciones de algunos de los lugares propuestos que justifiquen su selección, es imprescindible consensuar mediante la consulta y asesoramiento de expertos, administraciones y entidades implicadas, un listado de LIG de Menorca, que sirva como una herramienta para condicionar la planificación territorial y para activar políticas que aseguren su uso y preservación. Para ello, la Agencia Menorca Reserva de Biosfera planteo en el año 2016 un proceso dividido en dos fases y adaptado de la metodología desarrollada en el IELIG (García-Cortés *et al*., 2014).

El proceso se planteó como una revisión del listado promovido por el Govern Balear. Para obtener la máxima participación y evitar que ningún posible interesado quedara excluido, se optó por solicitar a las instituciones y entidades baleares que se estimaron procedentes, que hicieran llegar una carta de invitación al proceso a sus miembros o socios. A continuación, en una primera fase se consultó a las personas interesadas en participar que considerasen si era necesario añadir nuevas localidades al listado de 26 LIG elaborado por el Govern Balear y el IGME en el 2006. En una segunda fase se pidió a los participantes que valorasen, siguiendo la metodología propuesta en el IELIG, los 26 LIG del inventario de 2006, así como los que surgieron en la primera fase del proceso. Posteriormente se aplicaron los parámetros de valoración del IELIG enfocados a establecer la susceptibilidad de degradación de cada LIG por un lado, y por otro disponer de conjuntos distinguibles de lugares con valor científico, didáctico o recreativo-turístico.

El proceso contó con 22 participantes que propusieron, en la primera fase, 26 localidades nuevas que no estaban incluidas en el listado promovido por el Govern Balear. Sin embargo, a propuesta de algunos participantes y a criterio de los gestores del proyecto, se creyó conveniente asociar algunas localidades, por lo que el listado a valorar en la segunda fase, que inicialmente incluía 26 LIG del listado de 2006 y 26 LIG surgidos durante el período de consulta, fue reducido a 49 posibles LIG. A partir de las valoraciones de la segunda fase se consideraron como lugares de relevancia nacional el tercio mejor valorado.18 LIG que coincidieron con localidades que obtuvieron una valoración superior o igual a 15 puntos. El resto de localidades, aquellas que obtuvieron una valoración superior o igual a 10 puntos, fueron consideradas como lugares de interés local y correspondieron a 23 LIG. Finalmente, 8 localidades fueron descartadas por no superar el consenso mínimo establecido en el proceso. De este modo, los 49 LIG potenciales fueron reducidos a 41. Teniendo en cuenta especialmente la coincidencia en su interés principal, así como también su proximidad o incluso (como es el caso de algunas cuevas) la inclusión de unos LIG en otros, se creyó necesario asociar algunas de estas 41 localidades. Por ello, el listado final de este proceso fue de 35 LIG que constituyen el Inventario de Lugares de Interés Geológico de la Reserva de Biosfera de Menorca.

El documento resultante del proceso de participación consiguió mejoras sustanciales respecto a los numerosos listados elaborados anteriormente. Así, cabe destacar que se ha contado con la implicación de personas conocedoras del medio geológico insular que han permitido elaborar un inventario de consenso. Se ha creído adecuado que la participación no fuera restringida al mundo académico y fuera abierta a otras entidades con miembros con un considerable conocimiento del medio físico insular. Se trabajó siguiendo una metodología ya establecida, y se han asumido de forma explícita las definiciones de patrimonio geológico y geodiversidad incluidas en la Ley 42/2007, entre otros términos. Además de especificar los tipos de interés y actualizar e incorporar las descripciones justificativas del interés de los LIG (hasta entonces excesivamente centradas en los aspectos descriptivos y con escaso contenido interpretativo y justificativo de las razones objetivas que motivaron la selección del lugar), se desarrolló un intenso trabajo de selección de referencias bibliográficas de cada localidad, un elemento hasta ahora completamente descuidado. Para facilitar la gestión del patrimonio geológico a las administraciones competentes se delimitaron los LIG geográficamente, y no como hasta ahora, únicamente indicados con las coordenadas de un punto señalado en la cartografía 1: 25.000. Además, se obtuvo un conjunto ordenado de localidades, no únicamente en función de la valoración realizada por los colaboradores al proyecto, sino también atendiendo a su potencialidad de uso científico, didáctico y turístico-recreativo con el objetivo de facilitar el aprovechamiento práctico del inventario por parte de todos los potenciales usuarios. A la vez, se estableció la susceptibilidad de degradación de cada localidad a partir de su fragilidad y vulnerabilidad, que teniendo en cuenta el interés de los LIG, ha permitido obtener las prioridades de protección.

Conclusiones

La educación y la divulgación son dos factores clave para la conservación del patrimonio geológico a largo plazo. El proyecto desarrollado en la isla gira en torno a estos factores, consiguiendo un interés creciente de la sociedad en torno al patrimonio geológico y la geodiversidad. Por su parte, cabe destacar que los trabajos necesarios para la elaboración del "Inventario de Lugares de Interés Geológico de la Reserva de Biosfera de Menorca" mediante el consenso de los actores implicados han permitido dar un paso adelante fundamental en la gestión y conservación del patrimonio geológico de Menorca.

PARADA 1 (EL TORO): GENERALIDADES TECTÓNICAS Y ESTRATIGRÁFICAS DE LA ISLA DE MENORCA

Situada en el extremo nororiental del Promontorio Balear, la estructura y la estratigrafía generales de la isla de Menorca son bien conocidas a partir de los trabajos de Fallot (1923) y de Bourrouilh (1973). Estos estudios muestran que la isla está estructurada en un sistema de láminas cabalgantes que involucran materiales paleozoicos, mesozoicos y oligocenos. Las láminas están recubiertas discordantemente por depósitos de edad Mioceno medio-superior Los distintos materiales citados y su disposición conforman, según Obrador (2010), cuatro tipos de paisajes que se pueden identificar con claridad en el campo: 1) la *Menorca oscura*, coincidente con los afloramientos de materiales del Carbonífero y Devónico; 2) la *Menorca roja* conformada a partir de los materiales del PermoTrías; 3) la *Menorca gris*, tonalidad tomada a partir de las calizas y dolomías del Triásico Medio y Superior, del Jurásico y del Cretácico; y 4) la *Menorca blanca* coincidente con la rampa carbonatada y plataforma arrecifal del Mioceno superior del Migjorn (Sur) de la isla.

Menorca dentro del contexto del Mediterráneo Occidental

La posición de la isla de Menorca respecto al orógeno bético-balear ha sido, desde el siglo pasado, objeto de discusión. La representativa presencia de materiales paleozoicos en la isla y, las marcadas diferencias estratigráficas entre Menorca y el resto de las islas Baleares han dado lugar a la generación de, básicamente, dos grupos de hipótesis: a) las que interpretan Menorca como parte del edificio bético-balear y b) las que, postuladas con anterioridad, consideran Menorca como un fragmento del antepaís bético o de la placa ibérica que se habría desplazado en el Oligoceno, unos 70 km hacia el SE, durante la apertura de las cuencas Ligur-Provenzal y Catalano-Balear.

De acuerdo con los últimos datos de tomografía sísmica (Spakman y Wortel, 2004), donde se "escanea" la losa oceánica localizada en el manto del arco de Gibraltar y que, por tanto, reproduce la morfología de la cuenca oceánica anterior a la subducción, el Promontorio Balear constituye la prolongación nororiental del arco orogénico bético-balear. Esta losa oceánica era parte del océano Tethys (océano que durante el Mesozoico se encontraba entre Eurasia y Gondwana – India, África, Sudamérica y Antártica) la cual entró en subducción, en general, hacia el E y NE (Figura 1). Los terremotos profundos de la zona bética interna pueden asociarse a esta losa en subducción. En este contexto, el Promontorio Balear conforma la parte más nororiental del arco, mientras que la cuenca de Alborán y parte de la cuenca de Argelia se consideran cuencas de retro-arco asociadas al arco de Gibraltar (Wortel y Spakman, 2000; Spakman y Wortel, 2004). La subducción que dio lugar a la actual configuración de arco orogénico y cuencas del Mediterráneo más occidental se inició al final del Paleógeno y en la actualidad todavía es activa al oeste del arco de Gibraltar (Gutscher et al., 2002) (Figura 1).

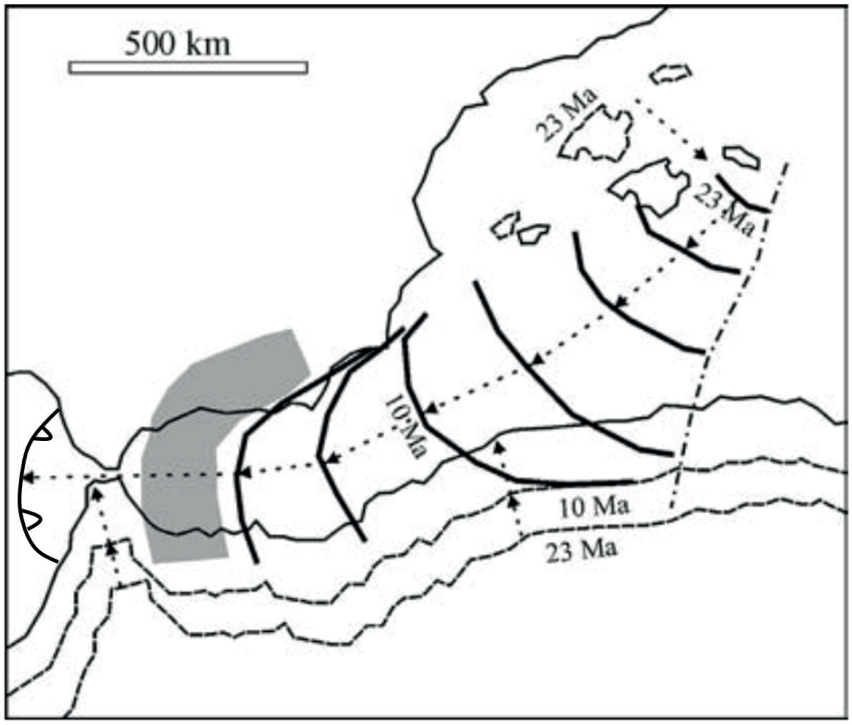


Figura 1. Evolución cinemática del retroceso de la subducción en el orógeno Bético-Balear-Rifeño, según Spakman y Wortel (2004). La figura muestra la posición de la zona de subducción a lo largo del tiempo (trazo negro grueso) desde el Mioceno inferior (23 Ma) hasta la actualidad. Las islas Baleares forman la rama septentrional del arco, en sus primeras etapas de evolución. La trama gris corresponde a la localización actual de la losa oceánica desprendida detectada por tomografía sísmica a una profundidad de 200 km.

Estructura geológica de Menorca

Tanto desde un punto de vista geológico como geomorfológico, Menorca se divide en dos partes separadas por una línea imaginaria WNW-ESE que se extiende desde la localidad de Maó hasta Cala Morell, pasando por Ferreries (Figura 2): a) área del Migjorn, que abarca todo el S de Menorca, está formado por materiales del Mioceno superior que forman un anticlinal muy laxo con el eje orientado N-S; y b) área de la Tramuntana, que reúne todos los afloramientos de edad paleozoica, mesozoica y oligocena; estos materiales se encuentran fallados y plegados por la orogenia alpina y constituyen la mitad septentrional de la isla.

Con una estructura y unos materiales diferentes, cada uno de estos dos sectores registra etapas diferentes de la estructuración mesozoica y cenozoica de la isla. De este modo, la estructura de Tramuntana refleja principalmente la etapa compresiva desarrollada durante el Oligoceno superior y el Mioceno medio, mientras que la estructura del Migjorn refleja básicamente una etapa extensiva del Mioceno superior seguida de una compresión de menor escala e intensidad durante el Plio-Cuaternario.

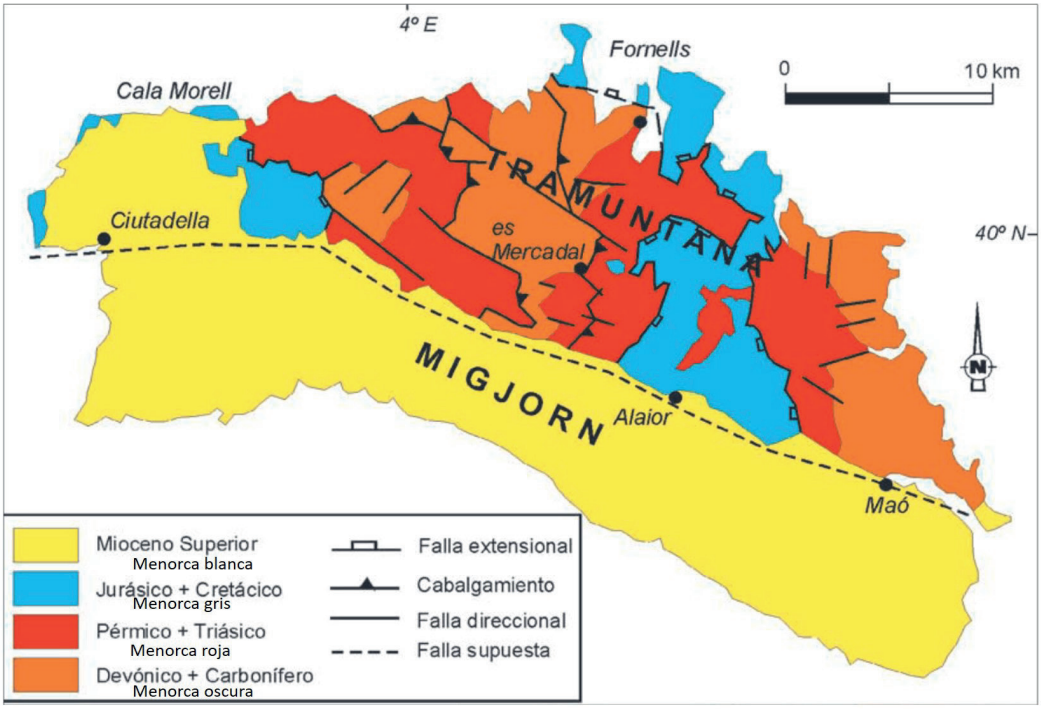


Figura 2. Mapa geológico simplificado de Menorca (Giménez, *et al.*, 2007).

Tramuntana

La zona de Tramuntana se caracteriza, desde un punto de vista estratigráfico, por la presencia de series turbidíticas del Silúrico, Devónico y Carbonífero (las cuales corresponden a la "Menorca oscura" de Obrador -2010-), de depósitos rojos continentales detríticos del Permotrías, de facies Buntsandstein (que se corresponden con la "Menorca roja") y de materiales carbonatados (dolomías, calizas y margo-calizas) del Triásico medio y superior, Jurásico y Cretácico (que se corresponden con la "Menorca gris").

Desde un punto de vista estructural, la zona de Tramuntana se caracteriza por la presencia de un conjunto de fallas direccionales WNW-ESE y de un sistema de cabalgamientos y pliegues que en superficie presentan una dirección NE-SW y también NW-SE. La presencia de estructuras vergentes hacia el NE como también hacia el NW y SW originó que Bourrouilh (1973) interpretase la estructura compresiva de Menorca como el resultado de dos fases tectónicas: una primera compresiva NE-SW y una segunda también compresiva NW-SE. Roca (1992), a partir de datos cartográficos, deduce que se trata de una sola etapa compresiva con emplazamiento de las láminas cabalgantes hacia el WNW. La geometría ortogonal que presenta la estructura de Tramuntana sería el resultado de la interacción entre las rampas frontales (NNE-SSW) y las oblicuas (NW-SE) de los cabalgamientos. Gelabert (2003) interpreta como fallas extensionales anteriores a los cabalgamientos (estos últimos pliegan a los primeros) unos contactos que Roca (1992) consideró como un sistema de cabalgamientos fuera de secuencia.

En definitiva, la estructura geológica de la zona de Tramuntana consiste en un sistema de fallas extensivas, de orientación NE-SW y NW-SE y de edad anterior al Oligoceno superior, plegado, cortado y parcialmente invertido por un sistema de cabalgamientos vergentes hacia el WNW (Figura 3) durante el periodo comprendido entre el Oligoceno superior y el Mioceno medio.

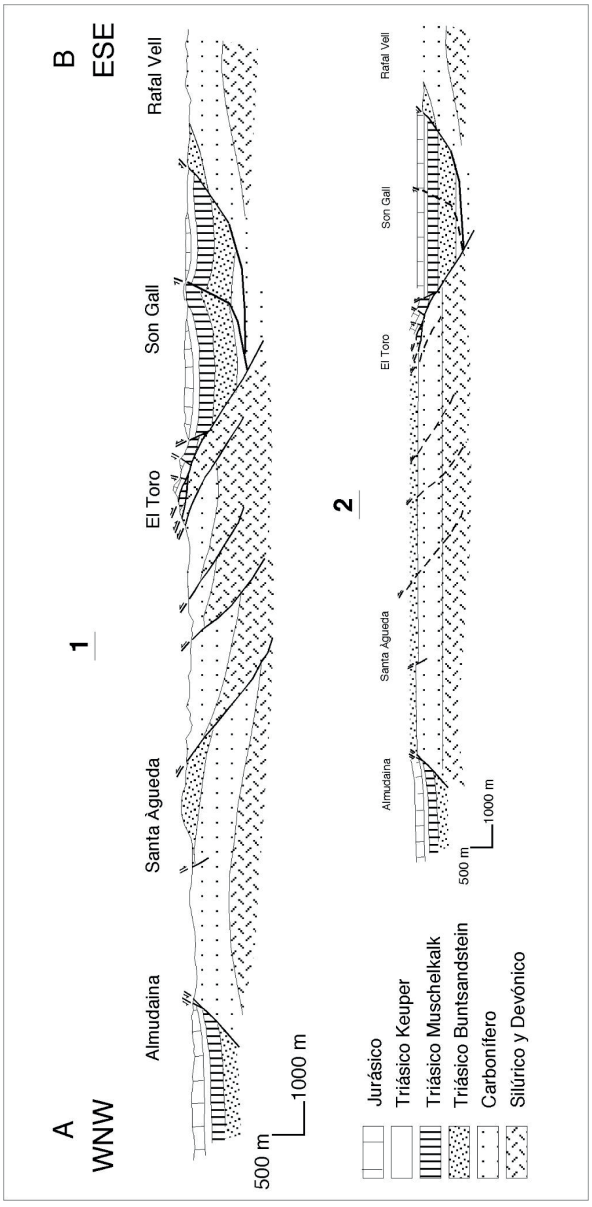


Figura 3. Corte geológico simplificado de la zona de Tramuntana de Menorca (Gelabert, 2003).

Migjorn

El Migjorn se caracteriza por la presencia de materiales carbonatados, en su mayoría calcareníticos, correspondiente especialmente a una rampa carbonatada y una plataforma arrecifal del Mioceno medio y superior. Esta zona se corresponde con la *Menorca blanca* de Obrador (2010). La Figura 4 es un esquema de la evolución geodinámica del Migjorn y su sistema de torrentes, de acuerdo con los datos geológicos y sísmicos existentes (Gelabert, 2003; Gelabert *et al*., 2005). La inversión y levantamiento de la cuenca del Mioceno superior produjo un amplio y laxo anticlinal con fracturas asociadas paralelas a la dirección del eje del anticlinal (Figura 4-2). Las fracturas representan caminos preferentes para el desarrollo de torrentes por erosión remontante. Como la litología predominante del Migjorn es la caliza y esta es muy permeable, cuanto mayor sea la superficie de la cuenca correspondiente a los materiales impermeables de Tramuntana, mayor es la incisión de los torrentes. Simultáneamente, torrentes más superficiales se desarrollan en aquellas cuencas cuya área de drenaje corresponda únicamente a las calizas permeables del Migjorn. Finalmente, durante el último episodio transgresivo del Pleistoceno superior-Holoceno, se produce el relleno del valle de aquellos torrentes que presentan una mayor incisión (los de la parte central del Migjorn).

Recapitulación

La isla de Menorca forma parte del Promontorio Balear, el cual constituye la prolongación hacia el NE del orógeno Bético-Rifeño. La estructura geológica general de la isla de Menorca es el producto de cuatro etapas de deformación: una primera etapa extensiva durante el Mesozoico y/o Cenozoico inferior, una primera compresión durante el Oligoceno superior-Mioceno inferior, seguida de una extensión durante el Mioceno superior y una compresión suave final durante el Plioceno o Cuaternario. Cada una de estas etapas, en función de su duración, intensidad y edad, ha dejado una huella en la actual estructura de Menorca.

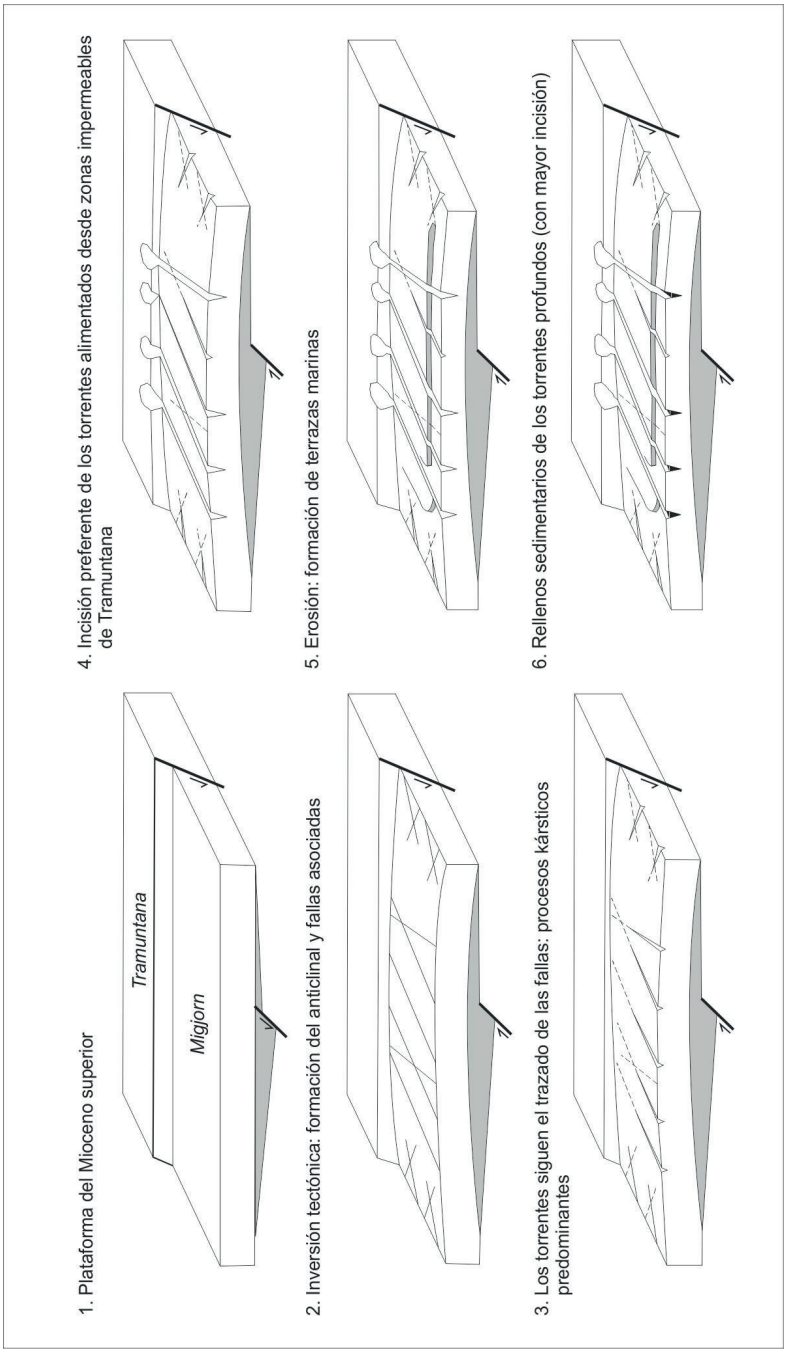


Figura 4. Esquema de la evolución geodinámica del sistema de torrentes del Migjorn de Menorca (Gelabert, 2003).

PARADA 2 (ES MURTAR): LOS CONGLOMERADOS DE ES MURTAR (*MENORCA OSCURA*)

Introducción

Los conglomerados de Es Murtar afloran, de manera espectacular, en la Punta Negra (conocida como *ses Carotes* por los lugareños) e islotes adyacentes. Este afloramiento, propuesto como un Punto de Interés Geológico en el inventario realizado por el Instituto Geológico y Minero en 1988, también figura en el elaborado por la Agencia Menorca Reserva de Biosfera del Consejo Insular de Menorca el 2016. Representativo de una parte del paleozoico menorquín es descrito en uno de los itinerarios propuestos por Rosell y Llompart (2002), y es uno de los pocos que permite ser visitado por un grupo numeroso que se desplaza en autocar con la finalidad de obtener, en una sola jornada, una visión amplia de la geodiversidad de la isla y en concreto de la denominada *Menorca oscura.*

Contexto geológico

Desde el punto de vista geológico estos conglomerados se sitúan en la parte media-superior de la denominada, por Rosell y Elizaga (1989) "unidad superior del Paleozoico menorquín" de edad carbonífera y facies Culm que tan solo aflora en el extremo oriental de la isla. Con un espesor superior a 4000 m (Rosell y Arribas, 1989) está probablemente relacionada con una tectónica de carácter distensivo que origina variaciones bruscas de potencia y facies.

La serie carbonífera, interpretada en su conjunto como una sedimentación turbidítica siliciclástica, está formada por una alternancia de lutitas (conocida con el nombre local de *llosella*) y areniscas (grauwacas) de grano fino (*thin beds*) que intercalan potentes cuerpos canalizados (hasta 40 m) de areniscas gruesas, con frecuentes amalgamaciones (*channel fill deposits*), microconglomerados y, por supuesto, los conglomerados (*debris flow*) que comentamos. Una descripción detallada de todas estas facies en una zona relativamente próxima (sa Mesquida) ha sido realizada por Obrador *et al*. (1978).

En esta localidad los conglomerados, con una potencia superior a los 10 m, reposan sobre una alternancia de lutitas y areniscas de grano fino que en general muestran una secuencia de Bouma incompleta en la que los niveles areniscosos (de 5-10 cm) presentan abundantes estructuras de corriente (*ripples*). Localmente se pueden apreciar niveles más potentes (superiores a 1 m) con una granulometría más grosera y secuencia de Bouma completa. Los niveles lutíticos están ampliamente bioturbados y en ellos Rosell *et al*. (1989) han identificado, en las inmediaciones de esta cala, *Archaeocalamites* Stur, 1875 y Llabrés *et al*., 1990 *Dytiodora liebeana* (Geinitz 1867) y *Lophotecnium culmi* Bourrouilh. Estos últimos autores mencionan el hallazgo de goniatites y moldes de trilobites que, con toda probabilidad, pueden ser atribuidos a *Drevermannia* Richter, 1909.

La descripción más detallada de estos conglomerados se debe a Bourrouilh (1973) que los interpreta como una colada fangosa intercalada en una serie turbidítica. Los cantos, flotando sobre una abundante matriz limo-arenosa, están perfectamente redondeados, pudiendo identificar entre ellos diferentes tipos de granito, lavas o rocas piroclásticas ácidas (riolitas y probablemente dacitas), rocas metamórficas (cuarcitas y gneis), y rocas sedimentarias (areniscas cuarzosas, radiolaritas y calizas fosilíferas). No obstante la característica que mejor define a los mismos son los bloques, algunos de más de 2 m procedentes de la erosión y resedimentación de los materiales encajantes no totalmente litificados (turbiditas y coladas fangosas anteriores) que evidentemente han de ser considerados de origen intracuenca. Algunos de estos bloques se presentan plegados y muestran evidentes deformaciones internas.

Las características petrológicas de las areniscas que forman los cuerpos canalizados a que he hecho referencia en párrafos anteriores han sido analizadas con detalle por Rosell y Arribas (1989) que las clasifican como grauwacas con un importante contenido en matriz generada por procesos de compactación mecánica (pseudomatriz). El componente mayoritario es el cuarzo (60-70%) y en menor proporción, fragmentos de rocas (15-35%, metamórficas y sedimentarias) y feldespato (5-20%). Cabe señalar la presencia, muy minoritaria, de chert con fantasmas de radiolarios, fragmentos de rocas volcánicas, fragmentos de cuarzoqueratófidos y componentes intracuencales carbonáticos. El reconocimiento de fragmentos de cuarzoqueratofidos hace pensar a los autores mencionados que estas rocas plutónicas (o subvolcánicas) podrían corresponder a las raíces de las propias áreas volcánicas.

Es muy difícil sacar conclusiones paleogeográficas acerca de la cuenca sedimentaria, evidentemente relacionada con los afloramientos equivalentes de la Península Ibérica y del norte de África. La orientación de la cuenca turbidítica carbonífera posiblemente fuera norte-sur (Bourrouilh, 1973) con un sentido de transporte hacia el S tal como indica el sentido de las estructuras de corriente (*flute cast*) localizados en la base de una potente capa de arenisca; asimismo este autor sugiere, para la colada fangosa, un aporte procedente del talud de una plataforma situada al E.

PARADA 3 (S'ARANJÍ): LA *MENORCA ROJA*, UNA PARTE DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO AÚN POR DESCUBRIR

Introducción

Si atendemos a la división paisajística por colores propuesta originalmente por Hermite, 1879 y motor del proyecto de geoconservación impulsado por la Agencia Menorca Reserva de Biosfera, los materiales de la *Menorca roja* se sitúan en la zona de Tramuntana (al norte de la isla) intercalándose entre los de la Menorca gris y la Menorca oscura y ocupando un 12% del territorio insular. Están formados predominantemente por areniscas y pelitas del Permotrias (facies Buntsandstein) cuya edad oscila en los materiales de la isla entre 260 y 240 Ma (Rosell y Llompart, 2002). Destacan de manera considerable en el paisaje, bien por su color, bien por su relieve o por una combinación de ambos.

Los afloramientos más espectaculares de la Menorca roja se localizan en una desconocida Menorca interior. Corresponden a zonas de difícil acceso (sin camino definido) y habitualmente en áreas de propiedad privada, que aunque en un pasado era permitido su acceso, con el paso de los años, en ocasiones por el comportamiento incívico de algunos usuarios, se ha tendido a prohibir completamente el paso. Por ello, los afloramientos de la Menorca roja son poco conocidos, con la salvedad de algunos localizados en zonas litorales de gran afluencia como El Pilar o Cala Pregonda, o de la popular "Penya de s'Indi", un monolito ubicado junto la carretera principal (Me-1) que une las dos principales localidades de la isla y que se caracteriza por su particular aspecto, algo que implica que represente el elemento más popular del patrimonio geológico menorquín.

La Penya de s'Indi

En el montículo del Puig Mal, la erosión eólica ha modelado caprichosas formas en las areniscas masivas del Triásico inferior, dejando un monolito conocido por todos los isleños como la "Penya de s'Indi" (el peñasco

del indio) ya que desde una determinada distancia y ángulo se asemeja al perfil de forma altiva, de un gran jefe indio apache con su nariz aguileña y su gran plumaje (Figura 5a). Corresponde a una de las localidades que se incluyen en el inventario de LIG elaborado en 2016 por la Agencia Menorca Reserva de Biosfera (mediante la consulta y asesoramiento de expertos), aunque cabe destacar que este LIG recibe una valoración global de 11 puntos, siendo una de las localidades con menor puntuación del inventario, muy por debajo de otros LIG con características geológicas muy similares.

Una de las principales características de esta localidad es que actualmente es visitable gracias a la adquisición en 2002 por parte del Gobierno Balear de la finca de s'Arangí que fue abierta al público en el 2012 y que cuenta con una elevada frecuentación. Se han adaptado 30 Ha de terreno de la finca para nuevos usos, donde se han creado tres kilómetros de itinerarios de diferentes dificultades que recorren sus lugares más singulares y entre los que se ha habilitado un recorrido didáctico enmarcado en el proyecto LIFE+BOSCOS (lifeboscos.cime.es). Hasta el momento no existe información específica sobre el patrimonio geológico de la finca pública en los carteles de los itinerarios interpretativos.

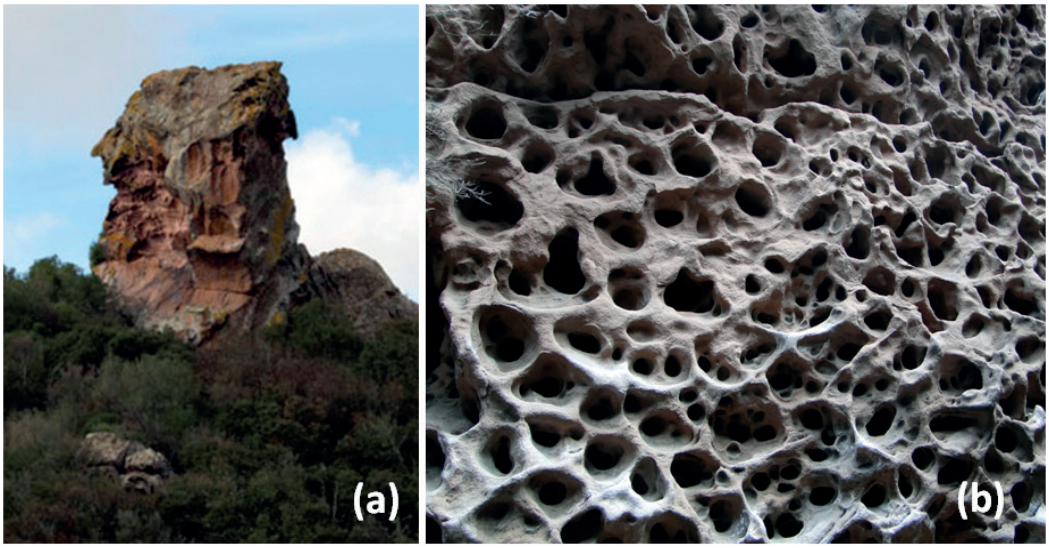


Figura 5. Detalle del monolito (a) y del tafonni (b) de "Sa Penya de s'Indi".

El interés geológico de esta localidad se asocia especialmente a las formas de erosión de las areniscas rojas masivas, muchas veces con estratificaciones cruzadas bien conservadas, donde los planos de estratificación están muy espaciados y buzando hacia el SW y el diaclasado laxo e inclinado al N favorece la aparición de monolitos aislados. En cualquier caso, las formas más espectaculares, en esta y otras localidades de la *Menorca roja*, se asocian especialmente a formas de erosión en nido de abeja o "tafonnis" algunos de ellas caracterizados por un gran tamaño (Figura 5b), resultantes de la erosión eólica de las areniscas.

El viento más importante de la isla, tanto por frecuencia como por velocidad, pero también por sus efectos ambientales, económicos y sociales, es la Tramontana que llega a soplar prácticamente tres cuartas partes del año con velocidades sostenidas de 90 Km/h y con rachas de hasta 120 Km/h y que implica una saliniza-

ción eólica por la gran carga de sales marinas que transporta el aire y que va precipitando mientras el viento atraviesa la isla (Jansà, 2004). Un efecto que tiene una importante incidencia en la vegetación, provocando el abanderamiento de algunas especies hacia el sur y también sobre las areniscas, favoreciendo la aparición de estas bellas formas, en unas rocas que a su vez han sido previamente debilitadas por la tectónica, la actividad orgánica, los cambios de temperatura o el diferente grado de cementación.

PARADA 4 (CALA MORELL): LA TRAMUNTANA Y EL MIGJORN: FALLA Y CONGLOMERADOS DE CALA MORELL

Introducción

Las condiciones de observación de Cala Morell son únicas en el conjunto de la isla. Destaca un magnífico y amplio afloramiento de conglomerados que corresponden a los primeros depósitos del Neógeno de Menorca. Resulta también especialmente interesante el contacto de estos materiales del Neógeno con los del Jurásico pertenecientes a la unidad paisajística de la *Menorca gris*. Todo ello ha provocado que esta localidad haya alcanzado la mayor valoración entre los LIG que constituyen el Inventario de Lugares de Interés Geológico de la Reserva de Biosfera de Menorca. A su vez, cabe considerar que esta cala se incluye como uno de los puntos geoculturales que recoge la guía de geología practica de Rosell y Llompart (2002).

Contexto geológico

Desde la punta Campanar o punta de s'Elefant, en el extremo occidental de la cala, se observa claramente como los característicos conglomerados de la cala, relacionados con las unidades detríticas del Mioceno (Región de Migjorn), se ponen bruscamente en contacto con las calizas y dolomías brechificadas grises del Jurásico (Región de Tramuntana). Este contacto se interpreta como una falla fosilizada.

El origen del espectacular depósito conglomerático de Cala Morell se relaciona con parte de un *fan delta* con un sentido de transporte hacia el W (Bourrouilh, 1973), tal y como indica la progresiva disminución del tamaño de los conglomerados, hasta desaparecer completamente hacia esta dirección. Probablemente representan el desmantelamiento de los relieves originados a principios del Cenozoico en una Región Tramuntana más extensa que la actual. El tamaño y mala clasificación de los conglomerados indica un transporte en un medio de alta viscosidad, de carácter discontinuo y muy enérgico (Rosell *et al*., 1976, Estrada y Obrador, 1998). Su acumulación tendría lugar en forma de abanicos aluviales en la parte distal de los torrentes encajados entre los relieves de la Región de la Tramuntana, algunos de los cuales desembocarían directamente en el mar donde eran retrabajados por las olas, como demuestran las estructuras sedimentarias y los guijarros con marcas de bioerosión (esponjas y moluscos litófagos) (Rosell *et al*., 1976, Obrador *et al*., 1983). En el depósito se detectan pequeñas fracturas subverticales, paralelas a la falla principal, que le confieren un marcado escalonado. La composición de los conglomerados permite deducir claramente dos áreas fuentes diferentes, permo-triásica (dominante) y jurásica. Según su procedencia los conglomerados presentan diferentes grados de redondeo y tamaño (los guijarros más grandes del Permo-Trias llegan a alcanzar aproximadamente los 4 m de diámetro máximo).

Este sistema de transporte-sedimentación en un ambiente de alta energía quedaría anulado por efecto de una transgresión marina que daría inicio a la sedimentación que originaria la potente serie calcarenítica

que domina la Región de Migjorn (Hermite, 1879). Esta serie, que en Cala Morell está limitada en la base por una superficie de erosión con otro nivel de conglomerados (Obrador *et al.*, 1983 y Obrador y Pomar, 2004) es perfectamente observable en el cul de sa Ferrada, así como también lo es la unidad superior de carácter arrecifal. Es decir, la zona de Cala Morell-Cul de sa Ferrada, siguiendo la línea argumental de Obrador *et al.*, 1983 y Obrador y Pomar, 2004, permite la clara observación de las tres unidades principales que forman la serie miocènica menorquina, la inferior conglomerática (Mioceno inferior-medio), la intermedia predominantemente calcarenítica (Tortoniense) y la superior arrecifal (Tortoniense superior-Mesiniense). Cabe destacar también que cerca del contacto mecánico afloran restos de una antigua playa colgada de edad Tirreniana.

Valor de la localidad

Las características litológicas de cala Morell le conciernen unos rasgos muy peculiares que la diferencian del resto de calas de Menorca. En la cala dominan las dolomías de la Menorca gris en su extremo de levante y los conglomerados miocénicos, con cantos predominantemente rojos procedentes de la erosión de los relieves del Permotriásico, en el interior y margen de poniente (Figura 6). En cala Morell, estos conglomerados rompen puntualmente con la división paisajística por colores en la cual se centra el proyecto de geoconservación que se desarrolla en la isla, donde las rocas del Mioceno se asocian a la *Menorca blanca*, que a su vez, también se observa en la localidad en la línea de costa que desde el *cul de sa Ferrada* se dirige hacia Ciutadella. Por otra parte, corresponde sin lugar a dudas al lugar más espectacular para apreciar el contacto mecánico entre las dos regiones geológicas en que se suele dividir la isla (Tramuntana y Migjorn).

En el proceso de participación del inventario de LIG elaborado por la Agencia Menorca Reserva de Biosfera, esta localidad ha recibido una valoración global de 19 puntos (de un máximo de 20) con un amplio consenso entre los participantes, destacando especialmente su valor didáctico que es justificado principalmente por su contenido o uso, así como por su accesibilidad, condiciones y estado de observación de los afloramientos o espectacularidad de los mismos. Además, cabe destacar que corresponde a la única localidad del inventario que se encuentra entre los 10 LIG con una valoración más alta tanto desde un punto de vista científico, divulgativo, como turístico-recreativo. Este interés ha conducido que cala Morell sea uno de los lugares elegidos para la instalación de paneles interpretativos sobre la geodiversidad insular. Esta decisión fue reforzada por la petición por parte de la asociación de propietarios de la urbanización que se encuentra en la cala, que conscientes de su valor geológico, solicitaron la instalación de elementos que hicieran referencia a su interés geológico.

Se debe considerar también la presencia en la localidad de una de las necrópolis más espectaculares de Menorca formada por un conjunto de catorce cuevas artificiales en actividad como cementerio desde el Bronce Medio hasta el siglo II d. C., así como un asentamiento costero habitado durante la Edad de Bronce, delimitado por una muralla y formado por trece unidades de habitación (Figura 6). Ambos yacimientos arqueológicos se incluyen como monumentos de la candidatura Menorca Talayótica como Patrimonio Mundial de la UNESCO.



Figura 6. Panorámica de cala Morell e indicación de las principales litologías.

PARADA 5 (BINIDALÍ): YACIMIENTO PALEONTOLÓGICO DE BINIDALÍ *(MENORCA BLANCA)*

Introducción

El yacimiento paleontológico de Binidalí fue incluido en 1988 en el Inventario Nacional de Puntos de Interés Geológico impulsado por el Instituto Geológico y Minero de España. Es considerado un Punto Geocultural por Rosell y Llompart (2002) y en el listado más reciente, elaborado el 2016 por la Agencia Menorca Reserva de Biosfera fue el undécimo mejor valorado del conjunto de la isla por su alto interés estratigráfico y paleontológico.

Contexto geológico

Una de las características que le hace optar al calificativo de Punto de Interés Geológico es la inusitada abundancia de rodolitos y su disposición sedimentaria. Los rodolitos son nódulos algales formados principalmente por algas coralináceas que, con estructura incrustante, laminar, columnar o ramificada, crecen alrededor de un núcleo que puede ser cualquier fragmento arenoso. Se forman siempre en la zona fótica, dado que las algas precisan de la luz para su crecimiento. Asimismo son buenos indicadores de la temperatura y de las condiciones hidrodinámicas existentes en el medio marino. Su morfología externa puede variar, entre otras, desde esférica a formas más o menos aplanadas (discoidales y/o elípticas).

Desde que describí por primera vez este afloramiento (Obrador, 1970) ha sido estudiado por numerosos autores que han ido ajustando su interpretación paleoambiental de acuerdo con la evolución de los conocimientos ecológicos relacionados con las algas coralináceas. Entre otras cosas, ha variado la interpretación inicialmente admitida (Obrador, 1970; Llompart *et al.*, 1979; Llompart, 1982) de que el crecimiento de los rodolitos estaba restringido a aguas someras, cálidas y agitadas.

En este afloramiento, la mayor parte de los rodolitos son de forma elipsoidal con el eje mayor entre 8 y 4,5 cm, situándose la media entre 7 y 4 cm y el menor entre 5 y 2,5 cm. El núcleo está formado prácticamente en su totalidad por fragmentos esqueléticos. Domina la estructura laminar (un 73%) con paso a columnar de crecimiento asimétrico y la estructura columnar con paso a laminar hacia el exterior del rodolito (13%); otras estructuras reconocidas son la laminar y la columnar con paso a ramificada. Las algas coralináceas dominan-

tes son de la familia de las Melobesioideae (77,1%), siendo *Lithothamnion* Heydrich 1897 */Phymatolithon* Foslie 1898, las más frecuentes, y el mastophoroideo *Spongites* Kützing 1841 (21,8%) que solamente se localiza en las primeras envueltas alrededor del núcleo. Otras algas reconocidas son *Mesophyllum* Lemoine, 1928, *Lithoporella* Foslie, 1909, *Titanoderma* Nägeli, 1858 *y Sporolithon* Heydrich 1897.

Desde el punto de vista litológico, la mayor parte del afloramiento corresponde a una alternancia de dolorudstones/floatstones de rodolitos de unos 10-15 m de potencia y grainstones bioclásticos dolomitizados de unos 16 m de espesor. Los niveles rudstones se organizan en capas de 20-50 cm, con grainstones bioclásticos en los interestratos, y los niveles grainstones en capas de 10 a 60 cm Los componentes esqueléticos dominantes son fragmentos de algas rojas, foraminíferos (*Heterostegina* d'Orbigny, 1926, *Amphistegina* d'Orbigny, 1926, rotálidos y textuláridos), briozoos, moluscos, fragmentos de equínidos y muy esporádicamente, fragmentos de corales (porítidos).

Esta litofacies ha sido interpretada (Obrador *et al.,* 1992) como taludes progradantes de una rampa con ruptura distal (*distally steepened ramp*) de edad tortoniense. Los estratos presentan una inclinación de 15-20º hacia el S, una longitud visible en el afloramiento de 100 a 200 m y una progradación que ha podido ser reconocida a lo largo de unos 2,5 km. Las relaciones laterales de esta litofacies han sido ampliamente documentadas por Pomar *et al.* (2002) en el sector sur-oriental de la isla. Estos autores atendiendo a la geometría de los estratos, la posición de los cinturones de facies y la estrecha relación entre los rodolitos (y otros componentes esqueléticos) y la zona fótica, proponen el modelo de rampa esquematizado en la Figura 7. Esta interpretación difiere de la propuesta por Rosell *et al.* (1989) que consideran estos depósitos como taludes de un sistema arrecifal de edad messiniense.

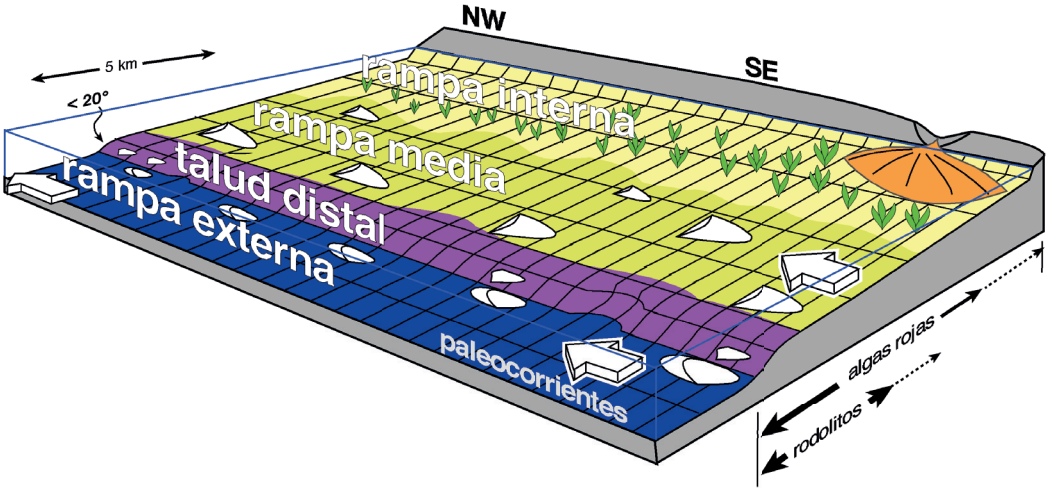


Figura 7. Modelo deposicional de la rampa Tortoniense de Menorca (modificado de Pomar *et al.*, 2002).

El análisis de las significativas diferencias de composición taxonómica que presentan los rodolitos en relación con el gradiente proximal/distal que existe desde la rampa media a la parte baja del talud, han permitido a Brandano *et al.* (2005) realizar, entre otras, las siguientes consideraciones:

- la presencia de *Lithoporella* y *Sporolithon* en los ambientes someros de la rampa es indicativo que la producción de carbonato tuvo lugar en aguas tropicales.
- la presencia del genero *Spongites* en el núcleo de los rodolitos de este afloramiento indica un crecimiento en aguas someras que prosigue en un ambiente más profundo.
- el incremento del porcentaje de las subfamilias de las melobesioideas y de las mastophoroideas desde la rampa media (55,8%) a la parte baja del talud (97%) y la presencia, en esta localidad, de abundantes mastophoroideas en el núcleo de los rodolitos sugiere una transferencia de los mismos desde zonas más someras.

La profundidad de este sector de la rampa es evaluada por estos autores en unos 70-100 m. Estos datos son consistentes con las batimetrías inferidas del análisis sedimentológico realizado por Pomar (2001) y Pomar *et al.* (2002).

Valor de la localidad

Estando los comentarios anteriores destinados a una explicación general de la geología de Menorca dentro de una Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico pienso que debo hacer referencia a las manifestaciones acaecidas en 1979 relacionadas con la defensa de este yacimiento frente al inicio y avance de una urbanización que no disponía de licencia municipal. A mediados de 1979 la corporación mahonesa aprobó la demolición de dos chalets ubicados junto a la zona marítima de la cala de Binidalí y no muy lejos de un solar, cercado por una valla, situado sobre una parte del yacimiento. Numerosas cartas aparecidas en la sección de "Opinión" del diario "Menorca" rompían una lanza a favor de la conservación de este interesantísimo yacimiento. Pensamos que ello obligó al director del Instituto Geológico y Minero a solicitar a la Delegación provincial de industria un informe para tener conocimiento del asunto. Con fecha 1 de noviembre de 1979 tres ingenieros de minas pertenecientes a estos organismos visitaron el lugar para recoger muestras y emitir el informe solicitado. Como es evidente, y no podía ser de otro modo, la urbanización siguió su curso legal pero el afloramiento fue respetado.

PARADA 6 (FERRERIES): EL CENTRO DE GEOLOGÍA DE MENORCA

Introducción

Las actuaciones realizadas en el proyecto encaminado a contribuir al conocimiento de la geodiversidad y el patrimonio geológico menorquín, incidiendo en sus posibilidades de aprovechamiento público y sostenible han recibido una importante aceptación por parte de la sociedad local, logrando un creciente interés sobre el valor del patrimonio geológico y la geodiversidad insular y su necesidad de protección, hasta el momento desconocida en muchos casos.

La actuación más significativa, que ha representado un papel fundamental en el progreso de estas actuaciones, ha sido la creación del Centro de Geología de Menorca. Este centro de interpretación fue inaugurado en septiembre de 2014 y es el fruto de un convenio de colaboración entre la Agencia Menorca Reserva de Biosfera y el Ayuntamiento de Ferreries (localidad donde se ubica el centro). Desde su inauguración el centro ha sido visitado por más de 6.000 personas y durante este periodo se ha trabajado especialmente en consolidar su vertiente cultural.

Campo de actuación

El Centro de Geología representa un espacio único para fomentar el conocimiento y difundir el valor geológico de la isla entre su población y la visitante, por lo que se considera una excelente herramienta para el desarrollo de actividades culturales y lúdicas para tal fin. De esta manera, el Centro de Geología de Menorca tiene como principal objetivo fomentar el conocimiento activo de la geología insular. Sus objetivos son:

- Aplicar medios didácticos y divulgativos utilizados en la enseñanza de las ciencias de la tierra para difundir el valor geológico de la isla entre su población.
- Desarrollar actividades lúdicas y divulgativas para acercar el patrimonio geológico a un público familiar y/o no habitual que permita generar conocimiento sobre la geodiversidad de la isla y la necesidad de su protección.
- Recuperar patrimonio geológico mueble menorquín estableciendo convenios de colaboración con los propietarios de colecciones privadas para garantizar la conservación de una parte de este tipo de patrimonio y evitar su pérdida irreparable.
- Ofrecer asesoramiento científico a personas interesadas en el medio físico de la isla a título personal o procedente de centros educativos o de investigación.
- Fomentar la consolidación de una oferta geoturística en la isla, mediante actuaciones y programas adecuados hacia la sostenibilidad.

Actividades educativas y divulgativas

El Centro de Geología cuenta con una serie de recursos didácticos destinados especialmente a los centros educativos, que permiten hacer entender y valorar a los estudiantes los aspectos geológicos insulares, sus características intrínsecas, su fragilidad, sus amenazas potenciales y especialmente su importancia ambiental relacionada por ejemplo con la gestión hídrica o los riesgos geológicos. Complementariamente, este material es utilizado por otros grupos, no escolares, durante sus visitas al centro. En el curso 2016/17 este material se ha incluido en un taller del programa "Salut Jove i Cultura" del Consell Insular de Menorca, un programa que pone a disposición de los centros escolares de la isla una oferta amplia y estructurada de talleres y que ha permitido impulsar el programa educativo del Centro de Geología de Menorca.

Por su parte, desde el Centro de Geología también se organizan actividades lúdicas destinadas al público en general como son salidas guiadas o concursos de fotografía geológica que permiten acercar a sus instalaciones un público no habituado a este tipo de exposiciones medioambientales. Mención especial merecen los ciclos de actividades familiares, normalmente en formato taller, que se realizan desde el 2016 y que acogen un considerable número de niños y niñas y que se centran especialmente en la conservación del medio geológico y donde se propone convertir a los participantes en pequeños geólogos con el fin de que puedan experimentar algunas de las tareas que realizan los profesionales.

Patrimonio geológico mueble

Por otra parte, el Centro de Geología trabaja en la recuperación de colecciones privadas y públicas que se encuentren infrautilizadas o infravaloradas. Algunas de estas colecciones sólo son conocidas por su mención en artículos científicos o por haber sido expuestas parcialmente. Se establecen convenios de colaboración

con los propietarios o responsables de estas colecciones, a fin de garantizar la accesibilidad y conservación de una parte del patrimonio geológico mueble menorquín y evitar en algunos casos su pérdida irreparable.

El Centro de Geología de Menorca cuenta con 867 muestras de rocas, fósiles y minerales (marzo de 2017) procedentes de varias colecciones diferentes y donaciones. Estas colecciones pertenecen a organizaciones, instituciones y particulares que de forma desinteresada han cedido o donado sus colecciones, o parte de ellas, al Ayuntamiento de Ferreries. Atendiendo a su valor científico, didáctico y/o divulgativo, se han escogido 364 muestras de estas colecciones para ser expuestas en el centro, aunque se trabaja en una renovación continua que incentive al público a repetir la visita. A su vez, se ha iniciado la campaña "Lleva tu fósil al Centro de Geología" con la voluntad de explicar la importancia de no extraer los fósiles del campo y de incentivar a todas aquellas personas que tienen fósiles en propiedad a que hagan donación para que estén disponibles para todo aquel que lo desee y para que se garantice su conservación.

Al disponer de un conjunto de bienes culturales, con medidas de conservación y custodia, que a pesar de no reunir todos los requisitos necesarios para desarrollar las funciones propias de un museo, se encuentran expuestos al público con criterio museográfico y de forma coherente y ordenada, el Ayuntamiento de Ferreries ha solicitado al Consell Insular de Menorca el reconocimiento del centro como Colección Museográfica Pública.

Conclusiones

El Centro de Geología actúa como eje central, apoyo logístico y punto de información para el desarrollo del proyecto de geoconservación promovido por la Agencia Menorca Reserva de Biosfera. Su objetivo primordial es impulsar y dar a conocer el patrimonio geológico de la isla y su necesidad de conservación mediante una exposición permanente. Además, ofrece una oportunidad única para la recuperación del patrimonio geológico mueble menorquín.

REFERENCIAS

Bourrouilh, R. 1973. *Stratigraphie, sediméntologie et tectonique de l'île de Minorque et du Nord-Est de Majorque (Baléares). La terminaison Nord-orientale des Cordillères Bétiques en Méditerranée occidentale*. Thèse, Departement de Géologie Structurale. Université de Paris, 822 pp.

Brandano, M., Vanucci, G., Pomar, L., y Obrador, A. 2005. Rhodolith assemblages from the lower Tortonian carbonate ramp of Menorca (Spain): Environmental and paleoclimatic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 226, 307-323.

Estrada, R. y Obrador, A. 1998. Exemples de dipòsits conglomeràtics a l'illa de Menorca. En: Fornós J. J. (ed.), *Aspectes geològics de les Balears*. Universitat de les Illes Balears, 221-249.

Fallot, P. 1923. Le problême de Minorque. *Bulletin de la Société Géologique de France*, Série 4, XXIII (1), 3-44.

Fernández, M., Florit, J., Monjo M. y Obrador A. 1994. *Catàleg de l'exposició "Pedres de Menorca"*. Biblioteca Pública de Maó, 60 pp.

García-Cortés, A., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E. y Vegas, J. 2014. *Documento metodológico para la elaboración del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG)*. Instituto Geológico y Minero de España, Versión 16, Madrid, 72 pp.

Gelabert, B. 2003. La estructura geológica de Menorca: las zonas de Tramuntana y Migjorn. En: Roselló, V. M., Fornós, J. J., Gómez-Pujol, Ll. (eds.), *Introducción a la Geografía Física de Menorca*. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears, 10, 39-48.

Gelabert, B., Fornós, J. J., Pardo, J. E., Rosselló, V. M. y Segura, F. 2005. Structurally controlled drainage basin development in the south of Menorca (Western Mediterranean, Spain). *Geomorphology*, 65, 139-155.

Giménez, J., Gelabert, B. y Sàbat, F. 2007. El relieve de las Islas Baleares. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15, 2: 175-184.

Gutscher, M. A., Malod, J., Rehault, J. P., Contrucci, I., Klingerhoefel, F., Mendes-Victor, L. and Spakman, W. 2002. Evidence for active subduction beneath Gibraltar. *Geology*, 30, 1071-1074.

Hermite, H. 1879. *Études géologiques sur les îles Baléares. Première Partie: Majorque et Minorque.* F. Savy, Paris, 362 pp.

Jansà, A. 2004. El clima del Migjorn. En: Fornós, J. Obrador, A. y Rosselló, V. (eds.), *Història Natural del Migjorn de Menorca. El medi físic i l'influx humà.* Societat d'Història Natural de les Balears, Institut Menorquí d'Estudis y Fundació Sa Nostra, 39-52.

Llabrés, A., Escandell, G., Escandell, R., Escandell. A. y Fernández, M. 1990. *Bolletí Societat Historia Natural de Balears*, 24, 93-96.

Llompart, C., Obrador, A. y Rosell, J. 1979. Geologia de Menorca. En: *Enciclopédia de Menorca*, Obra cultural Balear, 1-82 pp.

Llompart, C. 1982. Los nódulos algales (rodolitos) del Neógeno de la Cala Binidalí (Menorca). *Estudis Baleàrics*, 2, 31-41.

Méndez, L. y Obrador, A. 1985. *Guia didàctica de Geologia de Menorca.* CEP Menorca, 65 pp.

Monge-Ganuzas, M. y Martínez-Jaraiz, C. 2013. El Patrimonio Geológico en la Red de Reservas de la Biosfera. En: Vegas, J., Salazar, A., Díaz-Martínez, E. y Marchán, C. (eds.), *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo.* Cuadernos del Museo Geominero. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 15, 313-321.

Obrador, A. 1970. *Estudio estratigráfico y sedimentológico de los materiales miocénicos de la Isla de Menorca.* Tesis doctoral. Universitat de Barcelona (inédito).

Obrador, A., Estrada, R. y Rosell, J. 1978. Facies de abanico submarino en el Paleozoico de la isla de Menorca. *Estudios Geológicos*, 34: 133-138.

Obrador, A., Pomar, L., Jurado, M. J., Rodríguez-Perea, A. y Fornós, J. 1983. El Neógeno del sector de Ciutadella. En: Pomar, L., Obrador, A., Fornós, J. y Rodríguez-Perea, A. (eds.), *El Terciario de las Baleares (Mallorca-Menorca).* Institut d'Estudis Baleàrics y Universitat de Palma de Mallorca, 233-255.

Obrador, A., Pomar, L. y Taberner, C. 1992. Late Miocene breccia of Menorca (Balearic Islands): a basis for the interpretation of a Neogene ramp deposit. *Sedimentary Geology*, 79, 203-223.

Obrador, A. y Pomar, L. 2004. El Miocè del Migjorn. En: Fornós, J. Obrador, A. y Rosselló, V. (eds.), *Història Natural del Migjorn de Menorca. El medi físic i l'influx humà.* Societat d'Història Natural de les Balears, Institut Menorquí d'Estudis y Fundació Sa Nostra, 73-92.

Obrador, A. 2010. Geología y estanques temporales. En: Fraga, P., Estaún, I. y Cardona, E. (eds.), *Estanques temporales mediterráneos. LIFE BASSES: gestión y conservación en Menorca.* Col·lecció Recerca. Institut Menorquí d'Estudis, Maó, 15, 52-77.

Poch, J., Quintana, R., Marí, S., Juaneda, J. y Orfila, J. 2013. La Reserva de la Biosfera de Menorca estrena un modelo de gestión del patrimonio geológico para entrar en la Red de Geoparques. En: Vegas, J., Salazar, A., Díaz-Martínez, E. y Marchán, C. (eds.), *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo.* Cuadernos del Museo Geominero. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 15, 121-130.

Pomar, L. 2001. Ecological enhancement of sedimentary accommodation: evolution from a carbonate ramp to rimmed shelf, Upper Miocene, Balearic Islands. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. En: Camoin, G. (ed.) *Paleoceanology of reefs and carbonate platforms: Miocene to Modern,* 175, 249-272.

Pomar, L., Obrador, A. y Westphal, H. 2002. Sub-wavebase cross-bedded grainstones on a distally steepened carbonate ramp, Upper Miocene, Menorca, Spain. *Sedimentology,* 49, 139-169.

Roca, E. 1992. *L'estructura de la conca Catalano-Balear: paper de la compressió i de la distensió en la seva gènesi.* Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona (inédito).

Rodríguez, A., de Pablo, F., Marí, S., Solà, J., Joaneda, J. y Orfila, J. L. 2015. Valorización de la geodiversidad en el marco de la Reserva de la Biosfera de Menorca. En: Hilario, A., Mendia, M., Monge-Ganuzas, M., Fernández, E., Vegas, J. y Belmonte, A. (eds.), *Patrimonio geológico y geoparques, avances de un camino para todos.* Cuadernos del Museo Geominero. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 18, 293-298.

Rodríguez, A., Estaún, I., Solà, J., Comas, M., Fraga, P. y Cardona, E. (en prensa). Diagnosis geomorfológica y gestión territorial litoral en el marco del proyecto Life+Reneix. En: Pons, G. X, y Gómez-Pujol, L. (eds.), *Geomorfología litoral de Menorca: dinámica, evolución y prácticas de gestión*. Monografies de la Societat d'Història Natural de Balears.

Rosell, J., Obrador, A. y Mercadal, B. 1976. Las facies conglomeráticas del Mioceno de la isla de Menorca. *Bolletí de la Societat d'Història Natural de les Illes Balears*, 21, 76-93.

Rosell, J., Gómez-Gras, D. y Elízaga, E. 1989. *Memorias del Mapa geológico de España a escala 1:25.000 (hojas 618, 619, 646, 647 y 673).* Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid.

Rosell, J. y Arribas, J. 1989. Características petrológicas de las areniscas del Carbonífero de facies Culm de la isla de Menora. *Boletín Geológico y Minero,* 100 (5), 853-864.

Rosell, J. y Elizaga, E., 1989. Evolución tectosedimentaria del Paleozoico de la Isla de Menorca. *Boletín Geológico y Minero*, 100 (2), 193-204.

Rosell, J. y Llompart, C. 2002. *El naixement d'una illa. Menorca. Guia de geologia pràctica*. Impressió i relligat Dacs, Indústria Gràfica, S.A. Moncada i Reixac, 279 pp.

Spakman, W. y Wortel, R. 2004. A Tomographic View on Western Mediterranean Geodynamics. En: Cavazza, W., Roure, F., Spakman,W., Stampfli, G. M. y Ziegler, P. A. (eds.), *The TRANSMED ATLAS – The Mediterranean Region from Crust to Mantle*. Springer, Berlin Heidelberg, 31-52.

Wortel, R. y Spakman, W. 2000. Subduction and slab detachment in the Mediterranean-Carpatian region. *Science*, 290, 1910-1917.



MINISTERIO
DE ECONOMÍA, INDUSTRIA
Y COMPETITIVIDAD

