

Geo-Temas



Sociedad Geológica Española



Volumen 12

VIII Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico Daroca, 18-21 junio 2009



AYUNTAMIENTO DE DAROCA



I. C. O. G. Aragón



Universidad Zaragoza

SOCIEDAD GEOLÓGICA DE ESPAÑA

La Sociedad Geológica de España fue fundada en 1985 la promoción, fomento y difusión del conocimiento, progreso y aplicaciones de la Geología, el asesoramiento en materia científica y educativa a las Instituciones y Entidades que lo requieran, y la representación de los intereses científicos de la comunidad geológica de España a nivel internacional. Sus miembros tienen derecho a participar en todas las actividades organizadas por la Sociedad, a optar y ocupar cualquiera de sus cargos directivos y a recibir gratuitamente las publicaciones periódicas de la Sociedad: Geogaceta y Revista de la Sociedad Geológica de España.

Junta de Gobierno de la Sociedad Geológica de España

Ana Crespo Blanc (Presidenta)
Marcos Aurell Cardona (Vicepresidente)
José Eugenio Ortiz Menéndez (Secretario 1º)
Gabriel Gutiérrez Alonso (Tesorero)
Francisco Morales Martos (Vicesecretario)
Arantxa Aramburu Artano (Secretaria 2ª)
Enrique Díaz Martínez (Vocal)
Isabel Rábano Gutiérrez del Arroyo (Vocal)
Luís Carcavilla Urquí (Vocal)
Joaquina Álvarez Marrón (Vocal)
Andrés Díez Herrero (Vocal)
Luis Pedro Fernández (Vocal)

Editores de la Sociedad Geológica de España

Juan Antonio Morales (Editor Principal de la Revista de la Sociedad Geológica de España)
Francisco Manuel Alonzo Chaves (Editor Principal de Geogaceta)
Carlos Fernández Rodríguez (Editor Adjunto de Geogaceta)
Ferràn Colombo Piñol (Editor Principal de revistas no periódicas)

Dirección de la sede de la Sociedad Geológica de España: Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, Plaza de la Merced s/n, 37008 Salamanca.

Geo-Temas

Geo-Temas es una publicación de carácter no periódico en la que se recogen resúmenes extensos de las comunicaciones presentadas en los Congresos Geológicos que, con carácter cuatrienal, celebra la Sociedad Geológica de España, así como en los congresos, simposios u otras reuniones de carácter científico organizadas por las Comisiones de la SGE y las asociaciones afiliadas o vinculadas a ésta mediante convenios específicos. La publicación de los resúmenes de comunicaciones presentadas a cualquiera de estos eventos es resultado del acuerdo entre los órganos rectores de la Sociedad Geológica de España y los comités organizadores de dichos actos. Los organizadores de cada reunión son responsables de la obtención de los fondos necesarios para cubrir en su totalidad la edición y difusión del correspondiente número de Geo-Temas. Al no constituir una publicación de carácter periódico y no estar contemplada estatutariamente dentro de la SGE, Geo-Temas es distribuida exclusivamente a los inscritos en los actos a los cuales va dirigida la edición, reservándose no obstante un cierto número de ejemplares para la distribución por parte de la Sociedad Geológica de España. La Sociedad Geológica de España no se hace responsable de las opiniones vertidas por los autores de los artículos firmados, siendo por tanto responsabilidad exclusiva de los autores respectivos. La propiedad intelectual atribuye al autor la plena disposición y explotación de la obra creada, de acuerdo con las leyes vigentes. Queda prohibida la reproducción total o parcial de textos e ilustraciones de esta revista con fines comerciales sin autorización escrita de la Sociedad Geológica de España. Se permite sin necesidad de autorización la reproducción en fotocopias para uso personal.

Depósito legal: Z-213-2012

ISSN: 1576-5172

Maquetación: Eduardo Pola

Octavio y Felez, S. A.

Avd. San Juan de la Peña, 160-168

50015 Zaragoza



VIII REUNIÓN DE LA COMISIÓN DE PATRIMONIO GEOLOGICO



Editores:
Guillermo Meléndez Hevia
Javier Ramajo Cordero
Andrés Pocoví Juan



AYUNTAMIENTO
DE
DAROCA



I. C. O. G.
Aragón



SUDISMIN
Cátedra de Residuos Sudismin



Universidad
Zaragoza

COMISIÓN DE PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA SGE

En la Asamblea General de la Sociedad Geológica de España, celebrada en la Escuela de Minas de Manresa el día 29 de octubre de 1993, el entonces Secretario 2º de la SGE, Dr. Ángel García Cortés, presentó la propuesta de creación de la Comisión de Patrimonio Geológico (CPG). Esta propuesta fue aprobada y su acto de constitución tuvo lugar el 14 de enero de 1994, en la Fundación Gómez-Pardo de Madrid.

La CPG tiene como objeto primordial promover la investigación, conservación, uso, gestión y divulgación de la Geodiversidad y el Patrimonio Geológico.

Por Geodiversidad se entiende el número y la variedad de estructuras (sedimentarias, tectónicas, geomorfológicas, hidrogeológicas y petrológicas) y de materiales geológicos (minerales, rocas, fósiles y suelos), que constituyen el sustrato físico natural de una región, y que son la consecuencia del desarrollo de procesos geológicos.

Por Patrimonio geológico se entiende el conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y, o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar: a) el origen y evolución de la Tierra, b) los procesos que la han modelado, c) los climas y paisajes del pasado y presente y d) el origen y evolución de la vida.

La Geoconservación es la protección y preservación de la Geodiversidad y del Patrimonio Geológico en el marco del desarrollo sostenible. Así, para fomentar la geoconservación, la CPG promueve diversas actividades para cumplir los objetivos siguientes:

- Informar a la sociedad de la importancia de la geodiversidad y del patrimonio geológico, así como de la necesidad de su conservación y uso sostenible.
- Fomentar la ejecución de inventarios con modelos estandarizados, que faciliten el conocimiento de la geodiversidad y el patrimonio geológico.
- Definir criterios objetivos de valoración de los georrecursos culturales que permitan catalogarlos como Lugares o Puntos de Interés Geológico y así proponer inventarios del patrimonio geológico con protección legal.
- Promocionar la declaración y conservación del Patrimonio Geológico local, regional y nacional, velando por su consideración en la normativa como una parte fundamental del Patrimonio Natural.
- Velar por la protección del patrimonio geológico y de la geodiversidad especialmente cuando están afectados por las actividades antrópicas, así como apoyar las iniciativas para su protección, independientemente del promotor de ellas.
- Favorecer las iniciativas de intercambio de conocimientos y experiencias sobre cualquier aspecto relacionado con la geodiversidad, patrimonio geológico y geoconservación.
- Representar a la SGE en los foros y en las asociaciones nacionales e internacionales (ProGEO, IUCN, IUGS,...) que tengan entre sus objetivos la conservación de la Naturaleza, y en particular la geodiversidad, el patrimonio geológico y/o la geoconservación.
- Fomentar la inclusión de las enseñanzas de la geología y el patrimonio Geológico en todos los niveles educativos y en las actividades extracurriculares relacionadas con la cultura, el turismo y el medio ambiente.
- Asesorar sobre geoconservación, uso y gestión de la geodiversidad, patrimonio geológico a la SGE y a cualquier entidad pública que lo solicite.

Junta directiva de la Comisión de Patrimonio de la SGE

Enrique Díaz Martínez (Presidente)
Francisco Guillén Mondéjar (Vicepresidente)
Nadia Herrero Martínez (Secretaria)
José María Mata-Perelló (Vocal)
Carlos de Santisteban (Vocal)
Guillermo Meléndez Hevia (Vocal)
Luís Carcavilla Urquí (Vocal)
Ángel Salazar (Vocal)

Foto de portada: La Puerta Baja, Daroca (Zaragoza)
Autora de la fotografía: Pilar Cucalón Moncayola

**VIII REUNIÓN DE LA COMISIÓN DE TECTÓNICA
SOCIEDAD GEOLÓGICA DE ESPAÑA
DAROCA 2009**

Autoridades invitadas

Alcalde – Presidente del Ayuntamiento de Daroca

D. Álvaro Blasco Martín

Vicerrectora de Relaciones Institucionales y Comunicación / Universidad de Zaragoza

Dña. Pilar Zaragoza Fernández

Decana de la Facultad de Ciencias / Universidad de Zaragoza

Dña. Ana Isabel Elduque Palomo

Presidente del Colegio de Geólogos (Aragón)

D. Javier San Román Saldaña

Viceconsejero de Turismo / Gobierno de Aragón

D. Javier Callizo Soneiro

Director General de Patrimonio Cultural / Gobierno de Aragón

D. Jaime Vicente Redón

Directora General de Energía y Minas / Gobierno de Aragón

Dña. Pilar Molinero García

Jefe del Servicio de Ordenación Minera / Gobierno de Aragón

D. Jaime Sirvent Mira

Presidente de la Comarca Campo de Daroca

D. Esmeraldo Marzo Marín

Consejero Delegado de SUDISMIN

D. Paulino Pérez Alegre

Organizadores:

Enrique Díaz Martínez, IGME
Carlos Galé Bornao, Cátedra de Residuos Sudismin, Univ. Zaragoza
Francisco Guillén Mondéjar, Univ. Murcia
Marceliano Lago San José, Univ. Zaragoza
Joaquín Lahoz Gimeno, Dpto. Industria, Comercio y Turismo, Gobierno de Aragón
Eladio Liñán Guijarro, Univ. Zaragoza
Josep María Mata Perelló UPC – EPSI – Manresa
M.Cinta Osácar Soriano, Univ. Zaragoza
Andrés Pocoví Juan, Cátedra de Residuos Sudismin, Univ. Zaragoza
Javier Ramajo Cordero, IGME – Zaragoza
Carlos de Santisteban Bové, Univ. Valencia
Enrique Villas Pedruelo, Univ. Zaragoza

Comité científico:

Blanca Bauluz Lázaro, Univ. Zaragoza
Enrique Díaz Martínez, IGME
Margarida Genera Monell, Patrimoni, Generalitat de Catalunya
Francisco Guillen Mondéjar, Univ. Murcia
Marceliano Lago San José, Univ. Zaragoza
Josep María Mata Perelló, UPC – EPSI - Manresa
Guillermo Meléndez Hevia, Univ. Zaragoza
M.Cinta Osácar Soriano, Univ. Zaragoza
Andrés Pocoví Juan, Univ. Zaragoza
Carlos de Santisteban Bové, Univ. Valencia

Entidades Colaboradoras:

Ayuntamiento de Daroca
Gobierno de Aragón
Instituto Geológico y Minero de España
Ilustre Colegio Oficial de Geólogos (Delegación de Aragón)
Geotransfer (Grupo de Investigación Consolidado, U. Z. / D. G. A.)
Patrimonio y Museo Paleontológico (Equipo consolidado E 17)
Geoambiente
Facultad de Ciencias, U. Z.
Cátedra de Residuos Sudismin, U. Z.

PRESENTACIÓN

El patrimonio geológico y la geodiversidad forman parte de nuestro patrimonio natural y merecen ser conservados en igual medida que otros valores naturales. Con este objetivo en mente, la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España organizó, durante los días 18 a 21 de junio de 2009, su 8ª Reunión Nacional en Daroca (Zaragoza). Este volumen contiene la mayor parte de los trabajos presentados en esta reunión y de las excursiones que se realizaron durante la misma.

Conservar nuestro patrimonio, gestionarlo adecuadamente y darlo a conocer no es tarea sencilla. Para empezar, hace falta cambiar mentalidades y conceptos. No es raro encontrar quien cree que el patrimonio geológico es renovable, que geodiversidad y patrimonio geológico son la misma cosa, o que todo elemento geológico es patrimonio. Poco ayuda que nuestro sistema de educación formal dé cada vez menos importancia a la geología, y a menudo los que hacemos divulgación nos vemos explicando al público conceptos básicos que ya deberían ser conocidos. Es innegable que los procesos geológicos nos afectan en todo momento: hundimientos del terreno, inundaciones, corrimientos de tierra, tsunamis, cambios climáticos, terremotos... Comprender el funcionamiento de la Tierra en su conjunto empieza por comprender los aspectos geológicos de nuestro entorno más cercano: ¿por qué ese cerro de enfrente tiene ese relieve?, ¿por qué los páramos son tan planos?, ¿por qué las gravas de un río son tan diferentes a las de otro río? La respuesta no sólo interesa a los escaladores y excursionistas que suben a la montaña o a las empresas que explotan las gravas para hacer el hormigón con que nuestra sociedad mantiene su crecimiento. La respuesta nos interesa a todos, porque nos permite valorar lo que tenemos y comprender por qué es importante, si es que queremos asegurarnos un futuro sostenible.

La Comisión de Patrimonio Geológico tiene entre sus fines proporcionar a la sociedad el conocimiento y la información precisa en relación con la conservación del patrimonio geológico y la geodiversidad. Esta función incluye el desarrollo de reuniones científicas en las que los profesionales aportan su conocimiento y los resultados de su investigación, aprovechando para actualizar su conocimiento y compartir experiencias. Desde su inicio, estas reuniones han tenido una gran acogida en la sociedad, lo que ha animado a sus organizadores a compendiar este volumen. Esperamos que el resultado sea también de utilidad para el público interesado en el tema.

Enrique Díaz Martínez
Presidente de la Comisión de Patrimonio Geológico
Madrid, 20 de diciembre de 2011

Índice

PONENCIAS

- L. Alcalá, L. Mampel, A. Cobos y R. Royo-Torres**
Valorando el patrimonio dinosauriológico turolense 15
- P. Alfonso., D. Parcerisa., M. Grané, y G. Novoa**
El alabastro de Fuentes de Jiloca: Patrimonio geológico e histórico..... 19
- M. Arbizu1, I. Méndez-Bedia, P. Busquets y A. Pérez-Estaún**
El Parque Geológico-Paleontológico de Castrillón (Asturias)..... 23
- J. Bastida, A.M. López-Buendía y M.M. Urquiola**
Los depósitos de Turba como Patrimonio Geológico en España..... 27
- F. Beltrán**
Gestión de proyectos, figuras de protección y legislación..... 31
- M. Calvo Rebollar**
El patrimonio mineralógico y minero como parte del patrimonio geológico..... 35
- J. Carreras, E. Druguet y C. S. Siddoway**
El Anfiteatro de Red Rocks (Colorado, EUA): paradigma de sincretismo entre geocon-
servación y antropización..... 39
- N. Carulla Gratacòs.**
La utilización de espacios arqueológicos como áreas de interés geológico. Ejemplo de
Tarragona..... 43
- R. Cruz, M. Gaité, J.-L. Goy y C. Zazo**
Divulgación del patrimonio Natural y Paisajístico del Parque Nacional de Monfragüe
a través de las nuevas tecnologías. Guía didáctica e itinerarios geoambientales interactivos..... 47
- G. Fermeli y G. Meléndez**
Using Geotopes as a powerful educational tool for Earth sciences: some cases in Greece
and Spain..... 51
- M. Genera Monells y A. Pocoví Juan**
Un punto singular de interés patrimonial en la Cuenca del Ebro:El Pas de l'Ase (Ascó-
Vinebre-García, comarca de la Ribera d'Ebre, Tarragona)..... 55

N. Herrero Martínez

Actuaciones prioritarias de conservación y recuperación del patrimonio geológico 59

J. A. Lebrón, A. Calonge y L. Carcavilla

El patrimonio geológico de la comarca del Señorío de Molina – Alto Tajo (Provincia de Guadalajara) y aplicación como recurso didáctico..... 63

C. Martínez Jaraiz y L. Carcavilla Urquí

Global Geosites y espacios naturales protegidos..... 67

J. M. Mata-Perelló, R. Mata Leonart, A. Pocoví Juan y J. Vilaltella

Comarca de la Ribagorza (Huesca, Aragón, Pirineos): Contribución al Inventario del Patrimonio Geológico..... 71

J. M. Mata-Perelló, R. Mata Leonart y J. Vilaltella

Contribución al inventario del Patrimonio Geológico de la Comarca del Matarraña. Cuenca del Ebro y Cadena Ibérica (NE de España)..... 75

J. M. Mata-Perelló, M. J. Arpón Moreno, S. Larruga Jiménez, R. Mata Leonart, A. Pocoví Juan y J. Vilaltella

Comarca de Gúdar-Javalambre: Contribución al Inventario del Patrimonio Geológico. (Teruel, Aragón, Sistema Ibérico)..... 79

J. M. Mata-Perelló, R. Mata Leonart, A. Pocoví Juan y J. Vilaltella

Contribución al inventario del Patrimonio Geológico de dos comarcas aragonesas del extremo Sur de la Cuenca del Ebro: Bajo Aragón y Bajo Aragón – Caspe (NE de España)..... 83

J. M. Mata-Perelló, R. Mata Leonart, A. Pocoví Juan y J. Vilaltella

Las comarcas del Aranda y Valdejalón. Inventario del Patrimonio Geológico. (Zaragoza, Aragón, Sistema Ibérico)..... 87

J. M. Mata-Perelló, R. Mata Leonart, A. Pocoví Juan y J. Vilaltella

Contribución al Inventario del Patrimonio Geológico de la Comarca del Campo de Daroca (Zaragoza, Aragón, Sistema Ibérico)..... 91

I. Mateos Royo y M. Pollán Bella

La Ruta Geológica Transpirenaica: la geología de una cordillera al alcance de la mano..... 95

M. C. Osácar, C. Arenas, C. Sancho, G. Pardo, M. Vázquez-Urbez, L. Auqué, M. V. Lozano y J. L. Peña.

El pasado y el presente de la formación de tobas en la Cordillera Ibérica: interés patrimonial... 97

A. Paradas y R. Yagüe

Patrimonio geológico mueble histórico de los principales institutos madrileños de enseñanza secundaria: Las colecciones geológicas del IES Cardenal Cisneros..... 101

D. Parcerisa, P. Alfonso, A. Cobo y D. Fernández

Las Areniscas de Manresa y su valor como patrimonio geológico y arquitectónico..... 105

D. I. Pereira, P. Pereira y J. Brilha

Estado actual da Geoconservação em Áreas Protegidas de Portugal Continental..... 109

J. Ramajo, G. Meléndez, I. Gil-Aznar y D. Ramón

La evaluación y protección del patrimonio paleontológico en las obras públicas: importancia de la correcta valoración y catalogación de los yacimientos paleontológicos..... 113

T. Rodríguez-Estrella y F. Ballesta Sánchez

El parque geológico-karstico de la Sierra del Cujón. Términos municipales de Molinicos y Yeste (Albacete)..... 117

J. F. Santos y B. Apoita

"Euskal Geodibertsitatearen Gehatokia - Observatorio de la Geodiversidad Vasca": iniciativa en defensa de la geodiversidad y el patrimonio geológico en el País Vasco..... 121

J. G. Yélamos

Elementos de interés para un inventario del patrimonio hidrogeológico de la Comunidad de Madrid..... 125

EXCURSIONES**B. Azanza**

El "piso continental" Aragoniense en su área-tipo. 131

P. Carls, Z. Herrera, G. Meléndez, J. Ramajo y E. Villas

Guía de campo del Devónico de Santa Cruz de Noguera (Teruel) y presentación de su centro de exposiciones paleontológicas..... 135

P. Carls, G. Meléndez, J. Ramajo, J. Rubio y E. Villas

La Ruta geoturística del Río Nogueta y la Sierra de Pelarda. 139

M. Lago, T. Ubide, P. Larrea, P. Tierz, C. Galé, T. Sanz, A. Gil-Imaz, E. Arranz y A. Pocovi

La fosa volcano-sedimentaria (Pérmico Inferior) de Codos (Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica) 143

J. Lahoz Gimeno, M. C. Osácar Soriano y A. Pocoví Juan

El singular paraje de "Los Abuelos" (Tobed, provincia de Zaragoza) y su relación con la falla de Datos (Cadena Ibérica Oriental, NE de España)..... 147

E. Liñán, R. Gozalo, J. A. Andrés, J. Chirivella, M. E. Dies Álvarez, J. Esteve, J. A. Gámez Vintaned, E. Mayoral y S. Zamora

Excursión al Cámbrico de Murero. Primer yacimiento español declarado Bien de Interés Cultural (BIC). (I) Estratigrafía..... 151

E. Liñán, R. Gozalo, J. A. Andrés, J. Chirivella, M. E. Dies Álvarez, J. Esteve, J. A. Gámez Vintaned, E. Mayoral y S. Zamora

Excursión al Cámbrico de Murero. Primer yacimiento español declarado Bien de Interés Cultural (BIC). (II) Paleontología..... 155

M. C. Osácar Soriano, A. Pocoví Juan y J. Besteiro Ráfales.

La baritina de Tobed..... 159

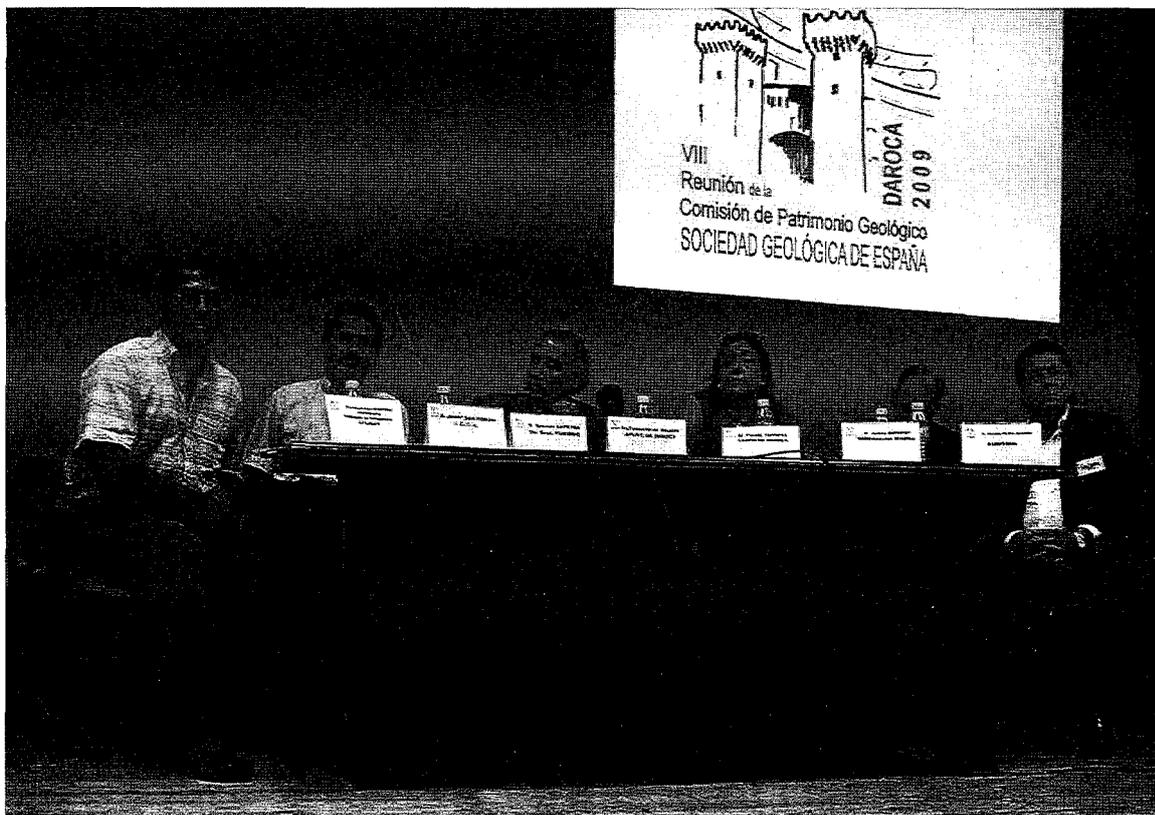
ACTAS DE LA VIII REUNIÓN DE LA COMISIÓN DE PATRIMONIO GEOLÓGICO

SOCIEDAD GEOLÓGICA DE ESPAÑA

NOTA DE LOS EDITORES

Los términos Patrimonio y Daroca no es raro que aparezcan juntos (105.000 ítems en un buscador de Internet) y no faltan razones para ello en una ciudad fundada en el siglo VIII. Tampoco es raro que se junten Daroca y Patrimonio Geológico puesto que entre muchos puntos de interés geológico de la comarca del Campo de Daroca se encuentra el yacimiento del Cámbrico de Murero, referente mundial para este periodo geológico. Si a ello se une que desde el primer contacto entre los organizadores y la corporación municipal, encabezada por el alcalde D. Álvaro Blasco, todo es buen entendimiento, facilidades y oferta de todos los medios con que cuenta el Ayuntamiento, sin más limitación que la recomendación de evitar que las fechas coincidieran con la Festividad del Corpus, que la Ciudad se vuelca en la celebración, pues evidentemente la elección de la sede para la VIII Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico estaba bien hecha.

La estructura de la Reunión fue la de un congreso abierto a todos los que sientan interés o inquietud por todo lo relacionado con el patrimonio geológico. El acto inaugural del día 18 de junio estuvo presidido por Dña. Asunción Sancho, Teniente de Alcalde del Ayuntamiento que acogía el evento, y le acompañaban en la mesa de presidencia D. Gonzalo Lapetra, Director General de Turismo del Gobierno de Aragón, D. Javier San Román, Presidente del ICOG-Aragón, D. Jaime Sirvent, en representación de la Dirección General de Industria, Energía y Minas, D. Paulino Pérez, Consejero Delegado de SIDISMIN y D. Enrique Díaz, Presidente de la Comisión de Patrimonio Geológico.



ACTO INAUGURAL EN EL SALÓN DE ACTOS DE LA CASA DE CULTURA DEL AYUNTAMIENTO DE DAROCA.-
Mesa presidencial constituida por (de izquierda a derecha): Enrique Díaz Martínez, (Presidente de la Comisión de Patrimonio Geológico), Javier San Román Saldaña (Presidente del Colegio de Geólogos en Aragón), Gonzalo Lapetra (Director General de Turismo del Gobierno de Aragón) Asunción Sancho (Teniente de Alcalde del Ayuntamiento de Daroca), Jaime Sirvent Mira (Jefe del Servicio de Promoción y Ordenación Minera del Gobierno de Aragón) y Paulino Pérez Aleare (Consejero delegado de SUDISMIN).

Se presentaron unas 60 ponencias, cuya elaboración implica a más cien de autores de todo el territorio nacional y algunos países de nuestro entorno. La conferencia inaugural, a cargo de D. Ángel García Cortés, versó sobre "El inventario español de Lugares de Interés Geológico (LIGs)", y la de clausura, impartida por D. José Luis Barco, sobre "Galvesaurus, Galve y el Patrimonio Paleontológico".

El programa se completó con tres excursiones de media jornada en las que se visitaron lugares emblemáticos del entorno: El Cámbrico de Murero, El Aragoniense de Villafeliche y la Real Fábrica de Pólvora (E. Liñan, B. Azanza y J. M. Mata) en la tarde del día 19. El Devónico de Santa Cruz de Nogueras y el corte del río Nogueta (P. Carls, G. Meléndez, J. Ramajo y E. Villas) la tarde del día 20. El afloramiento de rocas volcanosedimentarias de Codos, las Minas de Tobed y la falla de Datos en el paraje de Los Abuelos (M. Lago et al. M.C. Osácar, J. Lahoz y A. Pocoví) en la mañana del 21.

Mención aparte merece la edición de este Libro de Actas, que los editores, una vez adquirido el compromiso, han tenido que compatibilizar la edición con otras ataduras inconfesables. Por suerte el hecho de que sean inconfesables abrevia la enumeración de las razones para pedir disculpas de los prolongados atentados contra la paciencia de autores, de la Junta Directiva de la Comisión y del Editor Principal de Geo-Temas. Desde aquí se pide comprensión a los afectados y también se les pide que entiendan que el trabajo a "empellones", aunque es poco eficaz, también es trabajo y también deja satisfacción el llevarlo a término.

G. Meléndez Hevia
J. Ramajo Cordero
A. Pocoví Juan

PONENCIAS

Valorando el patrimonio dinosauriológico turolense

Valuing the dinosaur heritage of Teruel

L. Alcalá, L. Mampel, A. Cobos y R. Royo-Torres

Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis. Avda. Sagunto s/n, 44002 Teruel. alcala@dinopolis.com

Resumen: La rica geodiversidad de la provincia de Teruel se refleja en aspectos tales como el establecimiento de numerosos estratotipos, el gran número de localidades tipo de nuevos taxa fósiles, la gran tradición en la realización de estudios especializados, la celebración de 44 Cursos de Geología Práctica o que casi una quinta parte del total de su territorio forme parte de un European and Global Geopark. Entre los rasgos geológicos más singulares se encuentran los yacimientos de dinosaurios, citados desde el siglo XIX, trece de ellos declarados BIC. En este trabajo se presenta la incorporación de datos de yacimientos con dinosaurios en un Sistema de Información Geográfica, de ámbito autonómico, que permite su valoración en función de una serie de variables aglutinadas en las dimensiones: valor científico, socio-cultural y riesgo de deterioro. Se presenta la aplicación del modelo a 76 yacimientos con dinosaurios documentados hasta el momento en el Geoparque "Parque Cultural del Maestrazgo".

Palabras clave: Geoparque, Maestrazgo, dinosaurio, SIG, valoración.

Abstract: The rich geo-diversity of Teruel province can be realised through aspects such as: the setting of several stratotypes, the large number of type localities of new fossil taxa, a long tradition in carrying out specialized studies, the 44 Geology Summer Courses, or the fact that a fifth of the territory is part of a European and Global Geopark. Among the most outstanding geological features we have the dinosaur sites, cited since the XIXth century, thirteen of them have been declared BIC (the Spanish highest-level of heritage protection). In this study we present the inclusion of the dinosaur sites known data in a Geographic Information System, within the Aragón Autonomous Community scope, which allows the valuation of the sites according to a series of variables grouped under the headings: scientific value, socio-cultural value and deterioration risk. We present the implementation of the model to 76 dinosaur fossil sites documented until present in the 'Maestrazgo Cultural Park' Geopark.

Key words: Geopark, Maestrazgo, dinosaur, GIS, evaluation.

VALORAR YACIMIENTOS CON DINOSAURIOS

La provincia de Teruel es conocida por su rica geodiversidad, incluyendo un significativo número de yacimientos con fósiles de dinosaurios, entre otros rasgos geológicos singulares.

Con intención de establecer un modelo de ordenación y sistematización del patrimonio paleontológico (aplicado a yacimientos de dinosaurios) se ha desarrollado en los últimos años un Sistema de Información Geográfica (SIG) que permite manejar tanto información espacial georreferenciada como bases de datos asociadas, en el marco de los proyectos: "El Patrimonio Paleontológico como recurso para el desarrollo: aplicación de un modelo de valoración y gestión integral a los yacimientos de dinosaurios de Teruel" (VALDINOTUR, CGL-2006-13903) y, posteriormente, de Aragón (DINOSARAGÓN, CGL-2009-07792). Ambos proyectos están basados en una herramienta en continua revisión que requiere de una renovación periódica de la información acerca de los nuevos yacimientos y de su valoración debido a los cambios que afectan a cualquiera de sus características.

Las principales mejoras que conlleva la ampliación del proyecto inicial se pueden resumir en los siguientes apartados que, de manera gradual, se están implantando en diversos sectores, como es el caso del Geoparque del Maestrazgo, marco elegido de ejemplo para este trabajo:

1. Mientras que en VALDINOTUR el área de estudio, así como la tipología a considerar, eran yacimientos con dinosaurios (tanto restos directos como indirectos) del tránsito Jurásico-Cretácico de la provincia de Teruel, en DINOSARAGÓN se incluyen yacimientos de cualquier edad dentro del intervalo temporal durante el que vivieron estos vertebrados y, asimismo, el espacio de trabajo queda ampliado a la Comunidad Autónoma de Aragón.

2. Confección de un listado de yacimientos conocidos a través de las distintas fuentes disponibles (bibliografía, prospecciones paleontológicas propias y bases de datos de la Dirección General de Patrimonio Cultural del Gobierno de Aragón).

3. Perfeccionamiento del método de valoración eficaz y resolutorio a partir de propuestas y experiencias previas en análisis e inventario geopatrimonial.

4. Captación de datos sistemáticos de algunos de los yacimientos mediante visitas al campo (delimitación con GPS, fotografiado, levantamientos topográficos, escaneados 3D, etc.).

5. Inclusión del listado faunístico de cada yacimiento inventariado.

6. Implementación de la información obtenida en un proyecto SIG en base a los objetivos establecidos: recopilación de datos geográficos y geológicos, adquisición de *hardware* y *software* apropiado, desarrollo de procedimientos, implementación de información paleontológica, etc.

El desarrollo del método de valoración ha requerido la definición de un listado de indicadores (variables), modificados de trabajos anteriores y englobados en tres grandes categorías (criterios): Valor Científico (Vc), Valor Socio-Cultural (Vsc) y Riesgo de Deterioro (Rd) (Alcalá, 2002; Cobos, 2004; IDPI-FCPTD, 2008). La codificación de cada una de las variables sirve de base para la puntuación de los yacimientos mediante una matriz de datos de grandes dimensiones.

Con el fin de poder establecer comparaciones entre las valoraciones de dos o más yacimientos se ha realizado una propuesta para la valoración total (Vt) que permita el tratamiento y el análisis sistemático de los datos desde un punto de vista jerarquizado. De igual manera, se han creado diversas rutinas de búsqueda (por ejemplo, para conocer el valor patrimonial, el estado de conservación, etc.) que puedan ayudar en la toma de decisiones relativas a la priorización de actuaciones en el patrimonio paleontológico en base a distintos intereses (investigación, difusión o conservación) (Mampel *et al.*, 2009). La herramienta, una vez en marcha, permite realizar labores básicas de consulta no sólo enfocadas a la valoración intrínseca de los yacimientos en un momento dado sino también, por ejemplo, a confeccionar listados de los yacimientos situados en un determinado entorno (Geoparque, término municipal, comarca, LIC, ZEPA, etc.) o a calcular el potencial fosilífero de una zona (prospección predictiva), entre otras aplicaciones; todo ello de una manera rápida y visual.

EL CASO DE LOS YACIMIENTOS DEL MAESTRAZGO GEOPARK

El Parque Cultural del Maestrazgo (Figura 1) es miembro cofundador de la Red Europea de Geoparques, formando parte actualmente de la *European and Global Geoparks Network*. Geológicamente, este Geoparque se encuentra emplazado en el borde nororiental de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica. Recibe la influencia de la Depresión del Ebro en su margen más septentrional y de la confluencia con la Cadena Costero-Catalana en su borde más oriental. En el territorio que abarca destacan los afloramientos de materiales mesozoicos y, de manera particular, cretácicos (Simón, 1998).

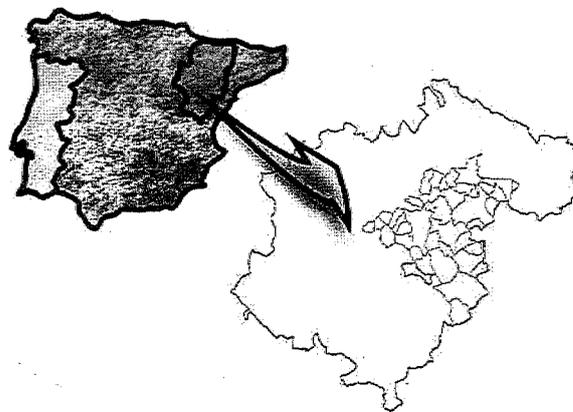


FIGURA 1. Situación general y límites del Geoparque "Parque Cultural del Maestrazgo".

Para este Geoparque se ha desarrollado una base de datos que alcanza, de momento, 76 registros correspondientes a yacimientos publicados con restos de dinosaurios (tanto directos como indirectos). Este importante número pone de manifiesto la riqueza paleontológica del Maestrazgo Geopark (Ruiz-Omeñaca *et al.*, 2004; Alcalá y Cobos, 2004; Royo-Torres y Cobos, 2008). La abundancia de materiales mesozoicos continentales, que afloran dentro de la ventana temporal durante la cual se desarrolló una gran diversidad de dinosaurios, queda reflejada en el elevado número de yacimientos inventariados y catalogados para su posterior inclusión y evaluación en el SIG.

Galve, con 39 yacimientos, Miravete de la Sierra con 19 y Castellote con 8 son los términos municipales con mayor peso específico en cuanto a volumen de yacimientos catalogados se refiere, seguidos de Aliaga (3), Cantavieja (2), Mirambel (2), Ejulve (1), Las Parras de Castellote (1) y Villarluego (1) (Figura 2).

La mayor parte de los yacimientos encontrados se ubica dentro de las siguientes Formaciones:

Jurásico Superior y tránsito Jurásico-Cretácico

- Formación Higuera (1 yacimiento).
- Formación Villar del Arzobispo (19 yacimientos).

Cretácico Inferior

- Formación El Castellar (22).
- Formación Camarillas (16).
- Formación Mirambel, equivalente lateral de la Formación Camarillas (7).
- Formación Artoles (4).

Del Cretácico Superior sólo se incluye hasta el momento un yacimiento de Castellote en la Formación Mosqueruela y otro en la unidad tectosedimentaria A1 (Campaniense-Maastrichtiense) de Aliaga (Canudo *et al.*, 2005).

Otros yacimientos están pendientes de una datación precisa y no se han atribuido todavía a ninguna formación geológica concreta.

En el Geoparque se han encontrado yacimientos con restos directos (huesos y dientes) e indirectos (icnitas y huevos) atribuidos a los dos grandes grupos de dinosaurios: Saurischia y Ornithischia (Figura 3).

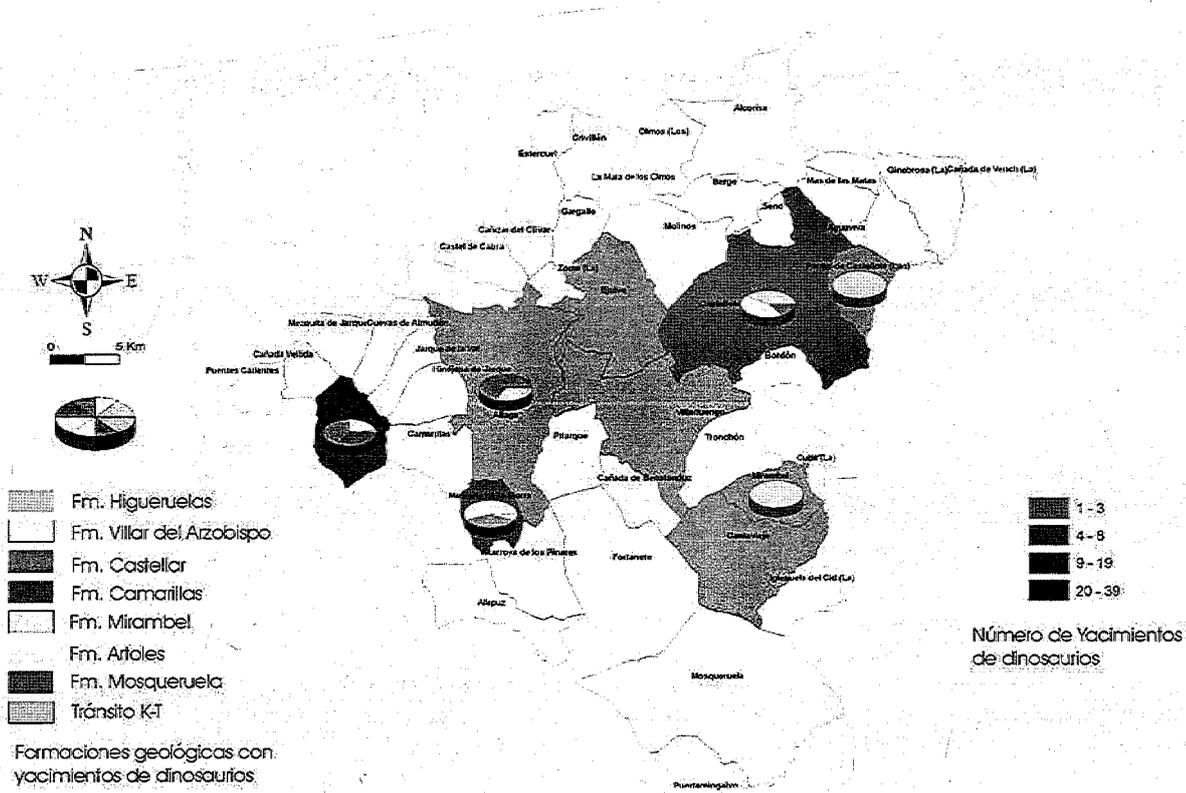


FIGURA 2. Abundancia de yacimientos con restos directos e indirectos de dinosaurios (derecha) y distribución de las formaciones geológicas donde han sido hallados (izquierda).



FIGURA 3. Mapa geológico simplificado del Geoparque del Maestrazgo y distribución de los yacimientos en función de su tipología genérica. En algunas localidades han aparecido restos fragmentarios pero no están clasificados o no ha sido posible realizar su determinación taxonómica.

Entre los dinosaurios saurisquios se reconocen saurópodos y terópodos. Los saurópodos están presentes entre el material determinado en yacimientos de Galve, Miravete de la Sierra, Aliaga, Las Parras de Castellote, Castellote y Villarluego. Los terópodos, grupo en el que se incluye a todos los dinosaurios carnívoros, se encuentran en yacimientos de Galve, Miravete de la Sierra y Castellote.

Los ornitisquios (ornitópodos) están presentes en yacimientos de Galve, Miravete de la Sierra, Aliaga, Ejulve, Mirambel y Castellote y, por último, cabe destacar la presencia de estegosauridos en Galve.

Una vez geolocalizados los yacimientos en los que fue posible realizar esta tarea (en algunos casos se trata de yacimientos históricos cuyas coordenadas ha sido imposible determinar con fiabilidad) se creó una base de datos a la que se asoció su listado faunístico. Por otra parte, se implementó este inventario en la matriz de valoración global DINOSARAGÓN, para posteriormente ser valorados (proceso actualmente en desarrollo) en función de las 23 variables puntuables para yacimientos con restos directos y de las 25 establecidas para el caso de restos indirectos.

La evaluación de los yacimientos permite, además, observar su evolución patrimonial temporal, mediante los cambios de valor que se producen tras intervenciones de conservación o como consecuencia de las sucesivas investigaciones. Como resultado del seguimiento efectuado en el yacimiento de Las Cerradicas (Galve), por ejemplo, se pueden observar las variaciones experimentadas en función de las variables evaluadas, apreciándose de forma global un incremento del valor total para el intervalo 2005-2010 (Alcalá *et al.*, 2010a, 2010b).

CONCLUSIONES

Gracias al sistema de evaluación en desarrollo (DINOSARAGÓN) se dispone de la información necesaria para realizar consultas en base a diversos criterios evaluados. Mediante este sistema resulta asequible la tarea de comparar uno o varios yacimientos en función de los citados criterios y/o dimensiones de mayor complejidad (Valor Científico, Socio-Cultural, Riesgo de Deterioro y/o Valor Total). Además, permite interpolar el contenido de estas bases de datos con las distintas capas de información cartográfica desarrolladas, permitiendo realizar búsquedas selectivas y visualizar información espacial combinada entre sí y con los datos cuantitativos de las tablas de valoración o con los listados faunísticos.

AGRADECIMIENTOS

Departamento de Educación, Cultura y Deporte (Dirección General de Patrimonio Cultural) y Departamento de Ciencia, Tecnología y Universidad (Dirección General de Investigación, Innovación y Desarrollo; Grupo de Investigación Consolidado E-62,

FOCONTUR) del Gobierno de Aragón; Ministerio de Ciencia e Innovación y Fondos Europeos (FEDER): proyecto "El Patrimonio Paleontológico como recurso para el desarrollo: los yacimientos de dinosaurios de Aragón" (CGL2009-07792); Instituto Geológico y Minero de España.

REFERENCIAS

- Alcalá, L. (2002). Valoración patrimonial de los yacimientos de vertebrados de la Fosa de Teruel. En: *El patrimonio paleontológico de Teruel* (G. Meléndez y E. Peñalver, coords.). Instituto de Estudios Turolenses, Teruel, 227-242.
- Alcalá, L. y Cobos, coord. (2004). Dinosaurios de Teruel. *¡Fundamental!* 02, 108 p.
- Alcalá, L., Cobos, A., Mampel, L., Luque, L., Royo-Torres, R., Andrés, J.A. y Aberasturi, A. (2010a). Surveying Dinosaur Sites: Las Cerradicas (Galve, Teruel, Spain). En: *Geoevents, Geological Heritage, and the Role of the IGCP* (M.A. Lamolda *et al.*, ed.), Caravaca de la Cruz, 197-199.
- Alcalá, L., Hernández, A., Andrés, J.A. y Aberasturi, A. (2010b). Improving the facilities of palaeontological sites in the Maestrazgo Geopark. *Proceedings of the 9th European Geoparks Conference 2010* (N. Zouros, ed.), European Geoparks Network, Mytilene, Lesvos, Greece, 86-87.
- Cobos, A. (2004). Valoración patrimonial de las icnitas de dinosaurio de la provincia de Teruel. *Geogaceta*, 36: 191-194.
- IDPI-FCPTD (2008). *Ícnitas de Dinosaurios de la Península Ibérica (World Heritage Candidacy)*. Ministerio de Cultura de España y Ministerio do Ambiente, do Ordenamento do Territorio e do Desenvolvemento Regional de Portugal, 460 p. Inédito.
- Mampel, L., Cobos, A., Alcalá, L., Luque, L. y Royo-Torres. (2009). An Integrated System of Heritage Management Applied to Dinosaur sites in Teruel (Aragón, Spain). *Geoheritage*, 1 (2-4): 53-73.
- Royo-Torres, R y Cobos, A. (2008). En ruta con los dinosaurios de Teruel. *¡Fundamental!* 11: 65-76.
- Ruiz-Omeñaca, J.I., Canudo, J.I., Aurell, M., Bádenas, B., Barco, J.I., Cuenca-Bescós, G. y Ipas, J. (2004). Estado de las investigaciones sobre los vertebrados del Jurásico Superior y Cretácico Inferior de Galve (Teruel). *Estudios Geológicos*, 60: 179-202.
- Simón, J.L. (1998). *Guía del Parque Geológico de Aliaga*. Ayuntamiento de Aliaga, Centro para el desarrollo del Maestrazgo de Teruel, Departamento de Geología de la Universidad de Zaragoza, 155 p.

El alabastro de Fuentes de Jiloca: Patrimonio geológico e histórico

The alabaster from Fuentes de Jiloca: Geological and historic heritage

P. Alfonso, D. Parcerisa, M. Grané y G. Novoa

Dpt. Enginyeria Minera i Recursos Naturals. Universitat Politècnica de Catalunya. Av. Bases de Manresa 61-73. 08242 Manresa. pura@emrn.upc.edu

Resumen: La cantera La Soledad, ubicada en las proximidades de Fuentes de Jiloca, explota alabastro de gran valor ornamental. Existen cuatro variedades: Blanco, Champan, Tabaco y Bardillo. El área está constituida por materiales evaporíticos del Mioceno inferior en los que el alabastro se encuentra formando estructuras bandeadas y meganódulos de unos 2 m de diámetro, intercalados entre arcillas y materiales carbonatados. La cantera La Soledad permite la observación de estructuras singulares del yeso por lo que este lugar constituye parte del patrimonio geológico de Aragón. Este alabastro se ha utilizado en la construcción de numerosos monumentos de la zona, lo que hace aumentar su interés patrimonial.

Palabras clave: alabastro, roca ornamental, estructuras sedimentarias

Abstract: *The La Soledad quarry, located near Fuentes de Jiloca, exploits alabaster of great ornamental value. Four varieties are distinguished: Blanco, Champan, Tabaco and Bardillo. The area consists of Lower Miocene evaporitic deposits where the alabaster forms banded structures and meganodules of about 2 m in diameter, interbedded with clay and carbonate rocks. The La Soledad Quarry allows the observation of unique structures so this place is part of the geological heritage of Aragón. This alabaster was also used as building stone for many monuments in the surrounding area, which gives it an increasing value.*

Keywords: *Alabaster, ornamental rock, sedimentary structures*

INTRODUCCIÓN

Aragón es uno de los principales productores de alabastro de España. El alabastro se encuentra en diferentes lugares de la Cuenca del Ebro y en la Cuenca de Calatayud. Dentro de esta última existen diversas canteras para la explotación de alabastro, destacando las de los alrededores de Fuentes de Jiloca. Algunas de estas canteras ya se explotaban en la antigüedad y otras se encuentran activas actualmente.

A lo largo de la comarca de Calatayud son numerosos los monumentos que están ornamentados con este material; destacan entre ellos la Portada de Santa María de Calatayud, obra renacentista, labrada en 1528 por Juan de Talavera y Esteban de Obray con alabastro procedente de Fuentes de Jiloca. Por su elevado grado de translucidez, este alabastro también ha sido utilizado para cubrir ventanas, en lugar de vidrio, en numerosas iglesias y otras edificaciones.

El alabastro ha sido estudiado en la cantera La Soledad (Fig. 1), que es la única que está en activo actualmente en la comarca de Calatayud. Se trata de una explotación de grandes dimensiones, alrededor de 480 hectáreas. La singularidad de los afloramientos que

ofrece esta cantera la convierten en un lugar de interés importante del patrimonio geológico de Aragón.

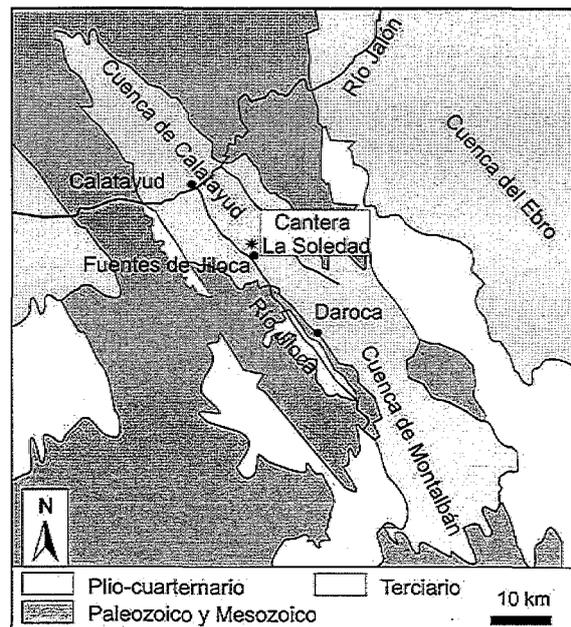


FIGURA 1. Situación de la cantera de alabastro La Soledad (Modificado de Álvarez Sierra et al., 2003 y San-Rubio et al., 2003).

GEOLOGIA DEL ÁREA

La cantera se halla situada en la cuenca terciaria de Calatayud-Montalbán, o también llamada Fosa de Calatayud. Ésta es una cuenca alargada en dirección

NW-SE, siguiendo la cordillera Ibérica formada en un régimen compresivo (Cortés García y Casas Sainz, 2000). Está constituida por materiales de tipo aluvial-palustre diferenciados en tres unidades litoestratigráficas (Hoyos y López Martínez, 1985). La Unidad Inferior corresponde al Mioceno inferior y está formada por potentes series evaporíticas depositadas en las partes centrales de la cuenca. La Unidad Intermedia es del Mioceno Medio y Superior y está constituida por yeso laminar y materiales dolomíticos. La Unidad Superior, del Mioceno Superior, se compone de depósitos terrígenos aluviales y fluviales y carbonatos (Sanz-Rubio et al., 2003).

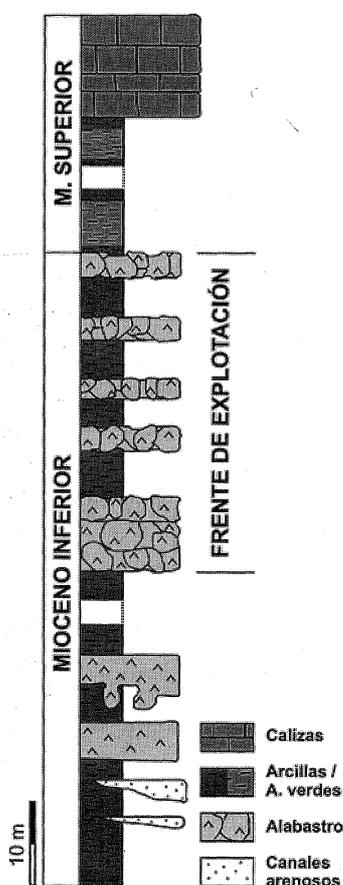


FIGURA 2. Columna estratigráfica de la zona donde se halla ubicada la cantera La Soledad.

En las partes periféricas de la cuenca se localizan yesos primarios microlenticulares y gipsareníticos, en cambio en las zonas centrales aparecen yesos laminares. Los afloramientos de Fuentes de Jiloca se hallan entre ambas facies, en la Unidad Inferior, siendo característicos los nódulos gigantes de alabastro (Ortí et al., 1992).

En la cantera La Soledad el alabastro se encuentra en diferentes niveles estratigráficos (Fig. 2). Algunos de ellos forman son continuos, mientras que otros consisten en meganódulos alabastrinos de grandes dimensiones (Fig. 3). Entre los diferentes niveles se encuentran arcillas, margas y calizas, que protegen al alabastro de los agentes geológicos externos, evitando su alteración. Las capas de alabastro son masivas y presentan una gran continuidad lateral apta para su explotación industrial. El alabastro presenta una estructura nodular masiva, debido a su génesis, formando cuerpos más o menos esféricos con un diámetro generalmente entre 0.5 y 2 m de diámetro, y que en ocasiones pueden llegar a tener hasta 4 m. Según Sanz-Rubio et al. (1999) en estos nódulos el yeso es secundario y proviene de la hidratación de la anhidrita y se habrían formado en ambientes palustres.

TIPOLOGIAS DEL ALABASTRO DE FUENTES DE JILOCA

Por su aspecto, transparencia y coloración en la cantera La Soledad se diferencian cuatro variedades de alabastro explotados con fines ornamentales. Estas variedades de alabastro son procesadas en la misma cantera, generalmente en forma de placas pulidas de diferentes dimensiones hasta 1 x 1 m, listas para su comercialización. En otros casos se comercializan lajas de 0.5 m de espesor, procedentes del cortado de los nódulos, para su utilización en la elaboración de piezas decorativas.

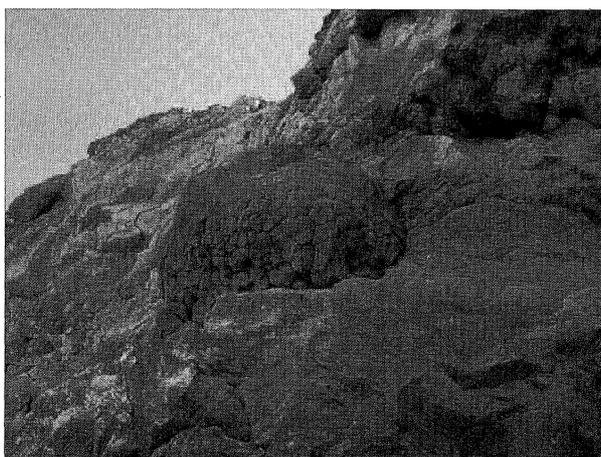


FIGURA 3. Nódulo de alabastro de 2m de diámetro presente en la cantera La Soledad.

Las variedades según su tonalidad, de más claro a oscuro, se denominan Blanco, Champan, Tabaco y Bardillo (Fig. 4). Las tonalidades claras son muy translúcidas.

El alabastro de tipo Champan aparece en las partes más inferiores de la columna estratigráfica de la cantera (Fig. 2); presenta un color crema claro muy homogéneo y translúcido. Es el que presenta un mayor valor económico.

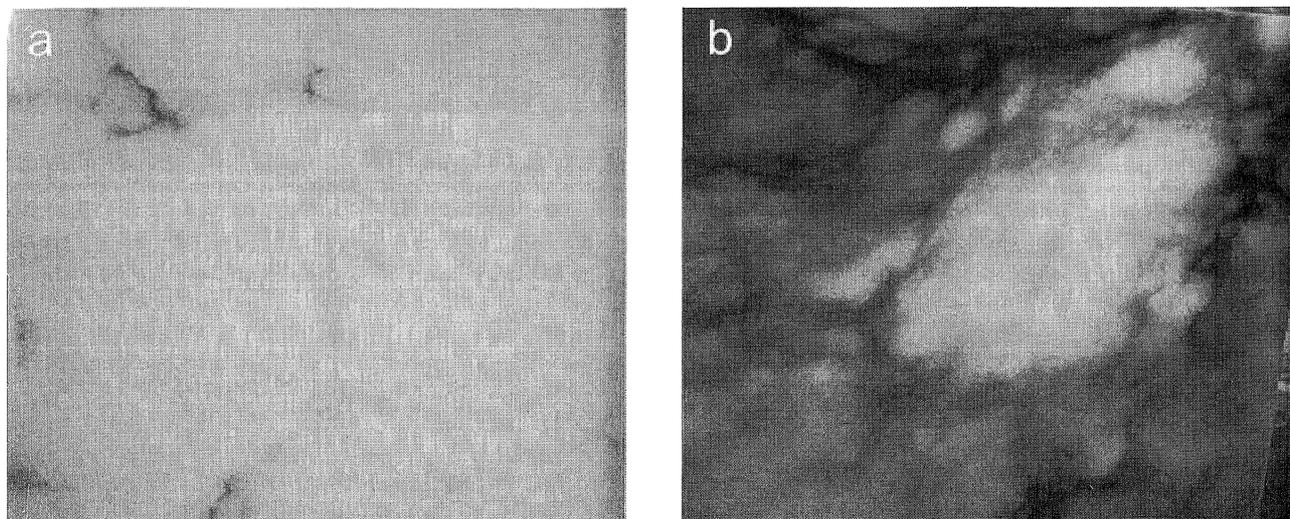


FIGURA 4. Placas de alabastro de diferentes tipologías producidas en la cantera La Soledad; a, tipo Champan; b, tipo tabaco.

El alabastro de tipo Tabaco también es translúcido, presenta unas zonas con tonalidades de color crema claro combinadas con otras zonas más oscuras, donde la coloración llega a ser marrón oscura. Se encuentra en las partes intermedias de la serie estratigráfica. Tiene un elevado valor ornamental.

El alabastro de tipo Bardillo presenta alternancias de bandas con coloración muy clara, similar a la de tipo Champan, con otras más oscuras de color azul ceniza. Es la variedad más opaca. Se encuentra en las partes más elevadas de la columna estratigráfica de la cantera.

PETROGRAFIA

Petrográficamente el alabastro de Fuentes de Jiloca presenta gran pureza. Texturalmente se observan texturas afaníticas y faneríticas con una gran variabilidad en el tamaño de los cristales de yeso. Los

cristales de yeso puede, presentar hábito fibroso o equant y coexisten con cantidades menores de otros minerales, principalmente: calcita, anhidrita y halita (Fig. 5). Las variedades Champan y Tabaco suelen estar formadas por cristales de yeso de menor tamaño que la variedad Bardillo.

PROPIEDADES MECÁNICAS

En el alabastro estudiado se ha medido la resistencia a la flexión y a la compresión. Las variedades Champan y Tabaco muestran una resistencia a la flexión similar, de 5.3 y 5.7 MPa, respectivamente. En cambio el tipo Bardillo presenta una menor resistencia, con 3.9 MPa.

La resistencia a la compresión es baja a moderadamente elevada, entre 24.6 y 35.6 MPa, siendo también en este caso las tonalidades más claras, tipo Champan, las más resistentes.

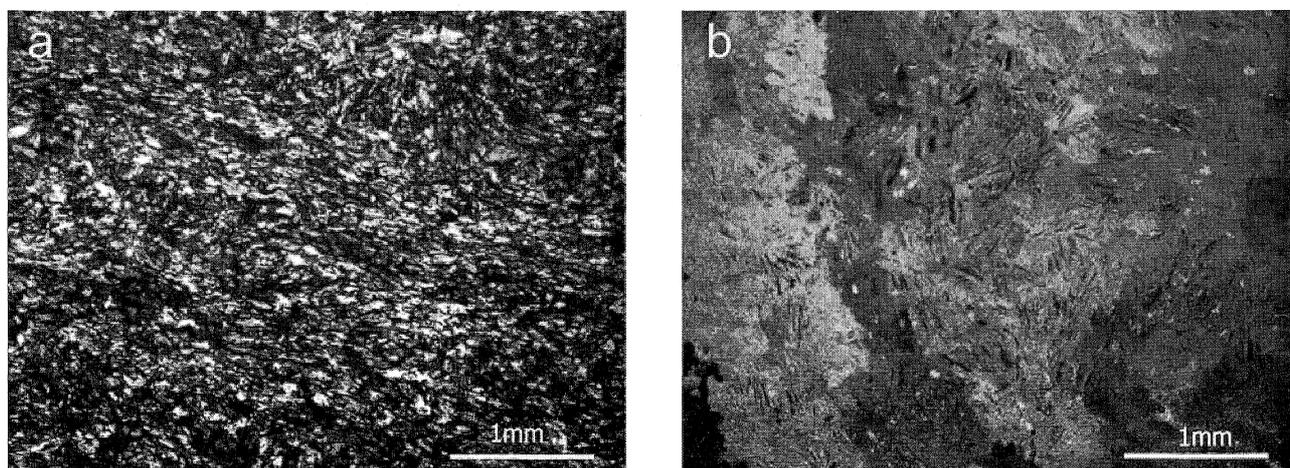


FIGURA 5. Petrología de los Alabastros de Fuentes de Jiloca. (a) Aspecto general de un alabastro afanítico con cristales de yeso fibrosos. Nícoles cruzados. (b) Aspecto de un alabastro de textura fanerítica con grandes cristales de yeso e inclusiones prismáticas de anhidrita. Nícoles cruzados.

La menor resistencia del tipo Bardillo puede interpretarse como debida a su estructura más heterogénea.

CONCLUSIONES

La cantera de La Soledad contiene importantes reservas de alabastro, que se hallan en diferentes niveles intercalados con arcillas y materiales carbonatados.

Cuatro variedades tienen un gran interés comercial: Blanco, Champan, Tabaco y Bardillo, destacando la gran blancura del primer tipo y su alto grado de translucidez.

La resistencia de este alabastro es de moderada a débil, lo que lo hace poco apto para algunas aplicaciones en el campo de la construcción.

Desde el punto de vista del patrimonio el alabastro de Fuentes de Jiloca tiene gran interés por sus características, que lo hacen apto para su utilización en la restauración de patrimonio. Por otro lado, los afloramientos presentes en la cantera la Soledad presentan estructuras nodulares singulares que suscitan la posibilidad de ser considerados como patrimonio geológico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a CIARIES S.A. las facilidades de acceso a la cantera La Soledad y a la planta de procesamiento del alabastro.

REFERENCIAS

- Álvarez Sierra, M. A., Calvo, J. P., Morales, J., Alonso-Zarza, A., Azanza, B., García Paredes, I., Hernández Fernández, M., Meulen, A. J. van der, Peláez-Campomanes, P., Quiralte, V., Salesa, M. J., Sánchez, I. M. y Soria, D. (2003): El tránsito Aragoniense-Vallesiense en el área de Daroca-Nombrevilla (Zaragoza, España). *Coloquios de Paleontología*. Volumen Extraordinario, 1: 25-33.
- Cortés García, A.L., Casas Sainz, A.M. (2000): ¿Tiene El sistema de fosas de Teruel origen extensional?. *Bol. Soc. Geol. España*, 13: 445-470.
- Hoyos, M. y López Martínez, N. (1985): Iberic depression. En: *Neogene of the Mediterranean Tethys and Paratethys: Stratigraphic correlation tables and sediment distribution maps*. (F .F. Steininger, J. Senes, K. Kleemann y F. Rögl, eds.) .International Geologic Correlation Program, Project 25, 2: 27.
- Ortí, F., Rosell, L. y Salvany, J.M. (1992): Depósitos evaporíticos en España: aspectos geológicos y recursos. En: *Recursos Minerales de España* (J. García Guinea, y J. Martínez Frías, eds.), C.S.I.C. Madrid, 1171-1250.
- Sanz-Rubio, E., Hoyos, M., Calvo, J.P. y Rouchy, J.M. (1999): Nodular anhydrite growth controlled by pedogenic structures in evaporite lake formations. *Sedimentary Geology*, 125: 195-203.
- Sanz-Rubio, E., Sánchez-Moral, S., Cañaveras, J.C., Abdul-Aziz, H., Calvo, J.P., Cuezva, S., Mazo, A.V., Rouchy, J.M., Sesé, C. y Van Dam, J. (2003): Síntesis de la cronoestratigrafía y evolución sedimentaria de los sistemas lacustres evaporíticos y carbonatados neógenos de la cuenca de Calatayud-Montalban. *Estudios Geol.*, 59: 83-105.

El Parque Geológico-Paleontológico de Castrillón (Asturias).

The geological-palaeontological park of Castrillón (Asturias, N Spain).

M. Arbizu¹, I. Méndez-Bedia¹, P. Busquets², A. Pérez-Estaún³

1: Departamento de Geología, Universidad de Oviedo, c/ Jesús Arias de Velasco s/nº. 33005 Oviedo. marbizu@geol.uniovi.es

2: Departamento de Estratigrafía, Universidad Central de Barcelona.

3: Instituto Jaume Almera, CSIC, Barcelona.

Resumen: Subvencionados por el Ayuntamiento de Castrillón para la protección y conservación de los yacimientos paleontológicos de Arnao, paleontólogos del Departamento de Geología de Oviedo, junto con miembros de la UB y CSIC de Barcelona, han realizado un "Itinerario geológico-paleontológico de los yacimientos de Arnao", primera fase de un futuro "Geoparque". En el año 2008 estos yacimientos fueron considerados como "Lugares de Interés Geológico" (LIG).

Palabras clave: Patrimonio Natural, Devónico, Carbonífero, Arnao

Abstract: A geological-palaeontological itinerary has been carried out along the Arnao outcrops. The project was funded by the Castrillón Council in order to protect the natural heritage of this important paleontological site. These Devonian outcrops were declared Geosite (Site of geological interest -LIG-) in 2008. The geological history of the outcrops, as well as their palaeobiological evolution between 400 and 300 millions of years, is explained through 13 posters.

Key words: Natural heritage, geological heritage, Devonian, Carboniferous, Arnao

INTRODUCCIÓN

La realización del futuro "Parque Geológico-Paleontológico de Castrillón", se ha dividido en tres fases: 1º.- Realización de un "Itinerario paleontológico-geológico" donde se exponen una serie de paneles informativos sobre los yacimientos paleontológicos de Arnao. 2º.- Creación de un "Jardín geológico de la Cordillera Cantábrica" en la Punta del Mugarrón (al este de la playa de Arnao), y 3º.- Un Museo que muestre la riqueza geológico-paleontológica de la zona, y como a través de ésta se puede explicar gran parte de la Historia geológica de la Tierra.

Este trabajo muestra los resultados de la primera fase, ya anunciada en la "VIII Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico" de la Sociedad Geológica de España (Daroca, 2009) y realizada gracias al convenio suscrito entre el Ayuntamiento de Castrillón y la Fundación Universidad de Oviedo (FUO). Por razones de espacio, sólo se exponen cinco de los trece paneles que se han colocado a lo largo del "Itinerario geológico-paleontológico de Arnao", paneles que señalizan e informan, sobre el propio lugar, de dos yacimientos paleontológicos de gran valor científico y belleza para el visitante: la Plataforma y el Arrecife de Arnao. La importancia de estos dos excepcionales yacimientos ha sido reconocida en el libro "CONTEXTOS GEOLÓGICOS ESPAÑOLES. Una aproximación al patrimonio geológico español de relevancia internacional" publicado en 2008 por el Instituto Geológico y Minero de España, donde se incluyen, junto

con otras seis localidades de toda España, como "Lugares de Interés Geológico" (LIGs) del Paleozoico inferior y medio.

LOS PANELES GEOLÓGICOS

Para la realización de un itinerario geológico-paleontológico sobre unos yacimientos excepcionales, se pensó que era necesario crear algo acorde con la calidad de los mismos, es decir unos paneles con un contenido y ejecución excelentes. En esta línea se acordó aportar imágenes originales, fotos y dibujos, siempre que fuera posible. Para esta labor, además del equipo de investigadores firmantes de este trabajo ha sido preciso contar con la colaboración de otros doctores y licenciados o graduados en Geología con amplios conocimientos en Paleontología, para abordar diferentes trabajos, principalmente de campo, dibujo, informática y otros, así como la utilización de medios de transporte especiales (avioneta o barco) para la obtención de fotografías originales.

Con el fin de lograr la excelencia de los carteles, junto con el equipo investigador ha participado un museísta de alto nivel, D. Jordi Vives Arumí, que ha supervisado las posibilidades y el desarrollo de las distintas fases de ejecución de los paneles. Su experiencia museística ha solventado muchos de los problemas planteados durante la elaboración de los paneles y ha conseguido una máxima accesibilidad comprensiva para el gran público.

En el momento de analizar la ubicación precisa de los carteles, correspondientes a aquellos lugares donde habitualmente se hacen recorridos con estudiantes universitarios y donde se hallan los fósiles de más interés y mejor conservación, se comprobó que el acceso a esos puntos mostraba serias dificultades de comodidad y seguridad para simples visitantes. El acceso a la Plataforma de Arnao obliga a seguir un camino estrecho, y con desniveles pronunciados en algún tramo, mientras

que en el caso del Arrecife de Arnao, el acceso a la zona de la cantera situada en la boca oeste del túnel entre Salinas y Arnao no plantea ninguna dificultad, aunque el ascenso hacia la parte situada por encima de la misma y el recorrido que bordea la zona de acantilado no ofrece las garantías de seguridad necesarias. El emplazamiento de la totalidad de los carteles que corresponden a la Plataforma de Arnao se ha realizado provisionalmente sobre el paseo de la playa (fig.1), fuera de la propia Plataforma.



FIGURA 1. Situación de los paneles con sus puntos actuales de instalación.

La Plataforma de Arnao: origen y materiales

Cartografía geológica de la Plataforma

Cuando se llega a la Plataforma de Arnao, la primera impresión que se obtiene es la de enfrentarse a un caos de rocas de complicada interpretación. De cerca descubriremos, más allá de su diversidad de coloraciones y fracturas, una gran variedad de fósiles bien conservados. La cartografía de la zona y el análisis de las estructuras, permiten reconocer una sucesión devónica de casi 60 metros, compuesta de calizas, pizarras grises y margas rojas y verdes, que se encuentran sobre depósitos más modernos del Carbonífero a los cuales cabalga.

Materiales

- Niveles más modernos
- Carbonífero (Estadoniense)
- Fm. Morillo
- Niveles superiores (Fm. Aguilón)
- Niveles de la plataforma de Arnao (Fm. Aguilón)
- Niveles más antiguos (Fm. La Ladrera)

Devónico de la Plataforma de Arnao

- Capas
- Calizas
- Pizarras grises
- Pizarras verdes
- Pizarras rojas
- Pizarras grises
- Pizarras verdes
- Pizarras rojas
- Pizarras grises
- Pizarras verdes
- Pizarras rojas

Inversión de las capas

La posición de estas capas devónicas, debido al intenso plegamiento sufrido, se encuentran invertidas, por lo que los niveles y fósiles más modernos se encuentran por debajo de los más antiguos. Este corte geológico muestra el yacimiento carbonífero de Arnao (en color marrón) cubierto por el Devónico cuyas características litológicas y faunísticas se indican en la columna que se encuentra continuando los límites de los materiales que afloran en la Plataforma.

FIGURA 2 (A). Paneles de Arnao: La Plataforma.- Mapa geológico, materiales, estructura y origen de la plataforma de Arnao (110x70).



FIGURA 2 (B). Paneles de Arnao.- Reconstrucción del fondo marino de Arnao hace poco más de 400 Ma (Devónico Inferior, Emsiense). Principales asociaciones bióticas. (180x70cm)



FIGURA 2 (C). Paneles de Arnao: Reconstrucción del frente y talud arrecifal, formado por la acumulación de fragmentos de los principales organismos constructores, hace poco menos de 400 millones de años (Devónico Inferior, Emsiense). Es el panel más específico del Arrecife de Arnao (150x90 cm).

EL CARBONÍFERO DE ARNAO

Mención aparte requiere el yacimiento carbonífero de Arnao, la explotación más antigua de España de la que se tiene noticia, con un panel que muestra algunas de las principales especies vegetales fósiles citadas en el mismo desde el siglo XIX (Verneuil y d’Archiac, 1845; Barrois, 1882) hasta la actualidad (Méndez-Bedia, 1984; Álvarez-Nava y Arbizu, 1986; Arbizu et al., 1995; Arbizu y Méndez-Bedia, 2006; ...); estos fósiles han

sido clasificados por D^a. C. Álvarez-Vázquez, especialista en Paleobotánica del “Jardín Botánico de Córdoba”. Por último, y tal como se ve en este panel (Fig. 2 D), se hace una representación sobre la acumulación de restos vegetales y cómo se llega a formar un yacimiento de carbón en una cuenca intramontana.



FIGURA 2 (D). Paneles de Arnao.- La flora del Carbonífero y la conservación de sus restos. Panel situado en la bocamina situada en la playa de Arno para explicar los abundantes restos observables (150x90).

CONCLUSIONES

Con la instalación de los paneles del "Itinerario geológico-paleontológico de los yacimientos de Arnao" este paraje ha pasado de ser una zona con abundantes restos curiosos de la vida del pasado a constituir el embrión de un parque geológico y hace que los visitantes valoren el significado del material paleontológico que, en este caso, por su abundancia, se menosprecia. Este es un ejercicio formal de puesta en valor de un significativo patrimonio geológico.

REFERENCIAS

- Álvarez-Nava, H. y Arbizu, M. 1986. Composición y desarrollo de un arrecife emsiense en la Plataforma de Arnao (Asturias, NO. de España). En: *Memorias de las I Jornadas de Paleontología* (E. Villas, coord.). Diputación General de Aragón, Departamento de Cultura y Educación, Colección Actas, 5, 33-51. Zaragoza
- Arbizu, M., Méndez-Bedia, I. y Soto, F. 1995. Fossil communities in the Aguión Formation (Lower Devonian) of the Arnao Platform. *Geobios*, 28 (5), 567-571.
- Arbizu, M. y Méndez-Bedia, M. 2006. Patrimonio natural y cultural de Castrillón, Asturias. En: *Resúmenes de la VII Reunión de la Comisión de Patrimonio Geológico, Colunga* (J.C. García-Ramos, M. Jiménez-Sánchez, L. Piñuela, M.J. Domínguez Cuesta y C. López Fernández, Eds.). Sociedad Geológica de España, 18. Oviedo.
- Barrois, C. 1882. Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice. *Mémoires de la Société Géologique du Nord*, 2 (1), 1-630.
- Méndez-Bedia, I. 1976. Biofacies y litofacies de la Formación Moniello-Santa Lucía (Devónico de la Zona Cantábrica, NW de España). *Trabajos de Geología*, 9, 1-93.
- Méndez-Bedia, I. 1984. Primera nota sobre los Estromatopóridos de la Formación Moniello (Devónico de la Cordillera Cantábrica, NW de España). *Trabajos de Geología*, 14, 151-159.
- Verneuil de, E. et Archiac d', A. 1845. Recherches sur quelques unes roches qui constituent la province des Asturies. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 2^a serie, (II), 439-458.

Los depósitos de Turba como Patrimonio Geológico en España

Peat deposits as Geological Heritage in Spain

J. Bastida¹, A.M. López-Buendía² y M.M. Urquiola³

- 1 Dpto. Geología. Universidad de Valencia. Dr. Moliner, 50. 46100 Burjasot (Valencia). bastida@uv.es
2 AIDICO. Parque Tecnológico de Valencia. Benjamín Franklin, 17. 46980 Paterna (Valencia). angel.lopez@aidico.es
3 Dpto. Geología. Universidad de Valencia. Dr. Moliner, 50. 46100 Burjasot (Valencia). mar.urquiola@uv

Resumen: Las turberas son sistemas singulares que contribuyen a la geodiversidad de la región en la que la turba se deposita. Dan lugar a ecosistemas (actuales y fósiles) sensibles a las condiciones climáticas, topográficas, hídricas, fauna y flora y tectónica local. Aportan excelentes registros de los distintos eventos producidos en los últimos miles de años: son reservorios de paleodiversidad (excelente conservación de los tejidos orgánicos), alta sensibilidad a las variaciones geoquímicas y a las condiciones ambientales y orográficas. Desde un punto de vista legislativo, algunas turberas son objeto de protección como humedales con rica avifauna, pero nunca se han protegido por su valor como registros paleontológicos, paleoclimáticos, paleogeográficos y paleoantropológicos. En este trabajo se presenta un Protocolo para mejorar el estudio y conservación de las turberas por su valor como Patrimonio Geológico.

Palabras clave: turba, humedal, registro paleoambiental, geodiversidad.

Abstract: *Peatlands are singular systems contributing to the geodiversity of a region where peat is deposited. It forms a characteristic recent and fossil ecosystem very sensible to the climatology, topography, hydrological conditions, fauna, flora and local tectonic. It is a very good record of events in the last thousand years, as a paleodiversity reservoir with high organic tissues conservation, as well as very sensible to the geochemical variations and general environmental and orography conditions. Legislation consider mainly ecological or landscape point of view (wetland or avifauna conservation), nevertheless, the aspects of the peat deposits as paleontology, paleoclimatology, paleogeography and paleoantropology and industrial activities record must be also consider for the total peatland. A Protocol for the study and conservation of peatlands is proposed.*

Key words: *peat, wetland, geological heritage, paleoenviromental recording, geodiversity.*

INTRODUCCION

La estructura Las turberas son elementos relevantes de la geodiversidad de un territorio, que pueden registrar muy sensiblemente variaciones: climáticas (temperatura, humedad, radiación), topográficas, hídricas, tectónicas, de flora y fauna, etc., así como la interacción con los ecosistemas adyacentes. El impacto territorial queda generalmente reflejado en los propios topónimos de áreas en que se presentan turberas (Padul, Orihuela del Tremedal, Almarjal, Marjalets, La Marjal, son algunos ejemplos).

En sentido amplio, la turba es una roca organogénica originada por la descomposición, predominantemente anaerobia, de vegetales, y constituye el término inferior de la serie de los carbones. Según su uso, puede clasificarse como mineral energético o bien como mineral industrial. Se estima que la producción mundial de turba en el 2007 fue de 25.7 Mt, siendo los principales productores: Finlandia, Irlanda, Bielorusia, Estonia, Rusia, Suecia, Canadá y Letonia y en menor medida, Moldavia, Ucrania, Polonia y USA. En los dos primeros países citados se tiene un uso energético importante (8,2 y 3,8 Mt) uso también frecuente en otros países de Europa oriental (Apodaca, 2008). El resto de la producción corresponde a uso como mineral industrial (principalmente uso agro-hortícola; aislantes

en construcción; filtrante y absorbente; en depuración ambiental; en procesamiento de bebidas alcohólicas; en usos terapéuticos; fabricación de carbón activo para industria alimentaria; tratamientos textiles y curtidos; aglutinante; substrato de explosivos, etc.). La gama de precios es amplia según tipos, elaboración y presentación con un valor promedio para suministros a granel de 25 \$/t. (Apodaca, 2008).

Las primeras referencias de yacimientos de turba en España proceden de Calderón (1903). Martínez Soriano (1922) recoge el primer estudio geológico-minero del aprovechamiento industrial de turbas en Castellón. Menéndez Amor (1960) toma datos de diferentes turberas españolas y estima unas tasas de depósito de 8 a 12 m /103 años. A partir del Plan Nacional de la Minería de 1973, se desarrollaron varios proyectos del IGME relativos a exploración, comprendiendo mercado y caracterización, de turbas, destacando el proyecto 10953 de 1984, que recoge una amplísima documentación científico-técnica así como un inventario y catalogación de depósitos de turba, con un enfoque dirigido a su catalogación para aplicaciones agrícolas.

Aunque no se ha actualizado el inventario aludido, en Marchán et al. (2004) se recoge una estimación de al menos 26 Mt de reservas de turba en España. Según este

informe el 39,3% de la producción nacional se destinó a la elaboración de fertilizantes, empleándose el resto en otras aplicaciones, manteniéndose una tendencia de consumo creciente, dándose las mayores producciones en Lugo, Castellón, Granada, Burgos y Cantabria. Las exportaciones se dirigieron principalmente a Francia y Portugal y algo a Gibraltar y a Alemania, mientras que las importaciones de turba bruta proceden principalmente de Alemania y Países Nórdicos, las de turba elaborada proceden principalmente de Dinamarca, USA y Países Bajos.

TURBERAS: CLASIFICACION

Las turberas son humedales donde se genera y acumula turba. El término turbera hace referencia tanto al ecosistema como al sistema deposicional (yacimientos). Las turberas representan un 3% de la superficie terrestre, siendo la extensión las destinadas a uso energético de unos 2000 km² (IPS, 2009). Las turberas pueden clasificarse según distintos criterios, la clasificación más genérica atiende al tipo de humedal que las contenga, así se tiene (López Buendía, 1995):

-**Pantano** (Swamp): Con monocotiledonias de gran porte. Nivel de agua permanente sobre la turba.

-**Pantano de pradera** (Fen): Con herbáceas y arbustos de pequeño porte (hierba, juncos). Nivel de agua justo por debajo de la superficie de la turbera.

-**Padul**, paul, padular, paular (Mire): Humedal de agua dulce.

-**Pantano de bosque** (Forest Swamp): Con vegetación de mayor porte.

-**Tremedal**, tremolar (Bog): Con predominio de musgo (principalmente *Sphagnum*), formando bioconstrucciones blandas y esponjosas, principal alimentación: agua de lluvia. Nivel de agua ligeramente por debajo del nivel de turba.

-**Marjal**, almarjal, armajal (Marsh): Turbera baja litoral, vegetación herbácea de porte medio o alto (juncos o carrizos), saturada o con el nivel de agua muy somero, y alimentada por agua dulce o marina. Posible influencia mareal, zonación de vegetación desde especies halófitas (marjales de agua salada, Salt Water Marsh,) a especies de agua dulce (marjales de agua dulce, Fresh Water Marsh).

-**Manglar**, pantano de manglar (Mangrove Swamp): Turbera baja litoral, vegetación arbórea

Atendiendo a diferentes criterios (López Buendía, 1995) pueden clasificarse según:

-Orografía: **límnicas** (regiones inter o intramontañas, nivel de agua según clima local); **parállicas de llanuras litorales e interdeltáicas** (en costas subsidentes: Torreblanca, Benicassim, Corrubedo); **parállicas deltaicas** (levees, bahías inter-distributarias: Delta del Ebro).

-Vegetación: de **musgos**; **arbóreas** (swamp forests de la Costa Atlántica de USA, manglares); **herbáceas** (propias de zonas templadas).

-Transporte: **autóctonas** (crecimiento vegetal in situ); **alóctonas** (materia vegetal transportada, asociadas a ríos: áreas de meandros)

-Alimentación hídrica: **ombrogénicas** (por agua de lluvia); **soligénicas** (por escorrentía superficial); **tropogénicas** (por agua subterránea).

-Clima: **altas** (clima frío y con precipitaciones); **bajas** (clima seco, áreas húmedas bien definidas).

-Abundancia de nutrientes: **eutróficas** (ricas en nutrientes); **mesotróficas** (riqueza media); **oligotróficas** (pobres, también llamadas turberas minerales).

TURBERAS: GESTION AMBIENTAL

Algunas de las turberas se emplazan en zonas reguladas bajo ciertas condiciones de protección ambiental orientadas a la protección del humedal, según disposiciones que tienen su origen en la Convención Ramsar (Irán, 1971). La *International Peat Society* es una organización que promueve actuaciones para el aprovechamiento, valorización y uso sostenible de las turberas (IPS 2009). En esta línea y en España, el proyecto 10953 de IGME (1984) -que concluyó la conveniencia de la explotación minera de los yacimientos económicamente viables-, efectuaba una serie de recomendaciones para la adecuada recuperación tras la actividad, adoptando medidas complementarias específicas para turberas, dentro de las directrices fijadas por el Real Decreto 2994/1982 sobre "Restauración del espacio natural afectado por explotaciones mineras", tendentes a la recuperación de información paleontológica, petrográfica y geocronológica contenida en las turbas, en caso de extracción. No ha habido en España disposiciones tendentes a compatibilizar la actividad extractiva con la conservación del patrimonio geológico de turberas. En la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, se incluyen las turberas como hábitats naturales de interés comunitario cuya conservación requiere la designación de "zonas de especial conservación" (punto 7: Turberas Altas, Turberas Bajas (Fens y Mires) y Áreas Pantanosas), sin embargo, las turberas no son mencionadas específicamente en el Anexo VIII, de dicha ley, relativo a la Geodiversidad del territorio español, aunque sí podrían considerarse genéricamente aludidas en el ítem 5 del punto I relativo a las Unidades Geológicas más representativas (Depósitos, suelos edáficos y formas de modelados singulares representativos de la acción del clima actual y del pasado).

TURBERAS COMO REGISTROS DE CONDICIONES AMBIENTALES

Al interés económico y ecológico de las turberas, se añade su valor como sistemas reguladores de las condiciones ambientales, globales y locales. También proporcionan registros continuos de muy alta resolución desde la aparición del hombre hasta la actualidad, relativos a variaciones geoquímicas del sistema, variaciones climáticas y ambientales (evolución paleoambiental), y variación paleontológica reciente (evolución paleoecológica), además la turba es un excelente material para la realización de dataciones absolutas (López Buendía et al. 1999, 2007). Las turberas tienen gran interés para el conocimiento de la

Geología Histórica del Plio-Cuaternario. Como ya se ha indicado, las turberas son unos magníficos registros de la evolución de la flora y fauna, gracias al alto grado de preservación especialmente en las turberas ácidas (Tabla I), de la actividad antrópica -que queda muy bien registrada en las turberas de marjal- (Tabla II) y de eventos climáticos (Tabla III).

Las turberas constituyen unos sistemas activos de captura y almacenamiento de CO₂, con contenidos medios en torno a 0,4gC/g de turba (para turbas con valores promedio de un 70% de materia orgánica), a la vez que forman depósitos con gran contenido en metano retenido, presentando a escala global mayor contribución a efecto invernadero por emisión de metano que por la de CO₂. (IPS, 2009).

Cabría señalar también el valor histórico de la actividad extractiva tradicional de turba (en Europa, se extrae y se seca turba desde hace más de 3.000 años para utilizarla como combustible) y la relevancia socio-cultural de la turba en determinados usos tradicionales locales, como por ejemplo su empleo en la fabricación de whisky.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Dado el valor patrimonial de las turbas y para prevenir pérdidas irreparables de material desde el punto de vista paleontológico y geoquímico durante y tras la explotación, sería necesaria la inclusión de un protocolo de conservación y estudio de testigos de los depósitos de turba en función del uso del suelo que los incluye (conservación, constructivo, minero, u otro uso). Para ello se precisa la elaboración de un protocolo de estudio y conservación de muestras de turbas y sedimentos relacionados de turberas (*Protocolo de Estudio y Conservación de Turbas*, PECT).

Con este fin y a través de la Sociedad Geológica de España y de los Colegios de Geólogos (entidades a las que están adscritos los firmantes) se va proponer a las autoridades competentes en la administración española, un conjunto de actuaciones que a continuación se enumeran:

1. Elaboración de protocolos de estudio y/o conservación de muestras de turbas y sedimentos relacionados en turberas (PECT)

2. Incorporar el PECT a la documentación de los Permisos de Investigación Minera de turbas o en su defecto a los Planes de Restauración tras la actividad extractiva en las turberas.

3. Actualización del inventario de turberas en España, incorporando los aludidos PECT.

4. Incorporar los PECT en estudios y actuaciones promovidas en zonas húmedas con turberas o formaciones relacionadas (incluyendo acciones de valorización y selección a efectos de su inclusión en el Inventario Español de Patrimonio Natural y Biodiversidad).

5. Inclusión de los depósitos de turba en programas de protección y estudio del patrimonio paleontológico.

6. Promoción de ayudas a explotadores de turba para financiar estudios geológicos (incluyendo

dataciones, conservación y estudio de testigos) para la conservación selectiva de turberas en explotación con preferente participación de los agentes implicados (productores, propietarios, administración, centros de investigación).

7. Promoción de ayudas a propietarios públicos y privados de terrenos incluyendo depósitos de turbas, para la conservación y estudio de tales materiales por centros de investigación y entidades relacionadas, Las aludidas autoridades administrativas destinatarias son: Dirección del IGME, servicios autonómicos de minas y, eventualmente, servicios geológicos autonómicos (puntos 1, 2, 3, 4, 5, 6), Dirección General de Biodiversidad del Ministerio MMARM (puntos 4, 5 y 6) y Servicios de Patrimonio de las Comunidades Autónomas (puntos 5, 6 y 7).

REFERENCIAS

- Apodaca, E. (2008): Peat. 2007 Minerals Yearbook. USGS: 1-6. <http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/myb1-2007-peat.pdf/>
- Calderón y Arana, S. (1903): Nota preliminar sobre la turba y los turbales de España. *Bol. Soc. Esp. Hist. Natural*, 111.
- IGME (1984): *Estudio de las posibilidades de turbas nacionales para la agricultura española. Catalogo nacional de turberas*. Centro Documentación IGME, Proy. 10952, 206 p.+ anejos.
- López Buendía, A.M. (1995): *Evolución Cuaternaria de las Cuencas Palustres litorales de la Depresión Valencia-Castellón*. Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza, 167p.+ anejos.
- López-Buendía, A.M., Bastida, J., Querol, X. y Whateley, M.K.G. (1999): Geochemical data as indicators of palaeosalinity in coastal organic-rich sediments. *Chemical Geology*, 157: 235-254.
- López-Buendía, A.M., Whateley, M.K.G., Bastida, J. y Urquiola, M.M. (2007): Origins of mineral matter in peat marsh and peat bog deposits, Spain. *International Journal of Coal Geology*, 71: 246-262.
- Martínez Soriano, J. (1922): Estudio geológico industrial de los depósitos de turba del litoral de Valencia y Castellón. *Bol. Ofic. de Minas y Metalurgia*, 61.
- Menéndez Amor, J (1960): Turbas y Turberas. *Bol. R. Soc. Geográfica*, 8p.
- Marchán Sanz, C., Regueiro González-Barros M. y Rubio Navas, J. (2004): Turba y Leonardita. *Panorama Minero*. IGME: 1-6. <http://www.igme.es/INTERNET/RecursosMinerales/panoramaminero/panorama-minero.htm>
- IPS (2009): *Strategy for Responsible Peatland Management*, 18p. <http://www.peatsociety.org/index.php?id=235>

COMPONENTE	Grado de conservación			Disolución selectiva según pH (aprox.)
	Acidas		Neutras	
	Tremedal	Padul	Marjal	
Polen	+++	+++	+	< 5
Tejidos animales	+++	+++	-	<4-5
Tejidos vegetales	+++	+++	++	< 6
Restos óseos	+	+++	-	< 6
Opalo-A (cistolitos, espículas de esponjas)	+	+++	+	< 6,5
Restos carbonáticos orgánicos (pelecípodos, gasterópodos, ostrácodos, foraminíferos)	-	-	+++	> 6
Paleobiodiversidad	+	+++	+++	

+++ muy alta; ++ alta, +baja (conservación selectiva de especies); - pésima

TABLA I. Conservación de contenido litológico y paleontológico según el pH de las turberas (basado en López Buendía, 1995)

ACTIVIDAD	Capacidad de Registro			CRITERIO
	Tremedal	Padul	Marjal	
Captura de metales pesados en atmósfera. (minería y transformación)	+++	-	-	Fijación en plantas (Pb, Hg). Particulado
Contaminantes metálicos y sustancias químicas. (industrialización)	-	++	+++	Fijación en plantas por aguas subterráneas o superficiales
Deforestaciones	-	++	+++	Niveles arcillosos
Actividades agrícolas	+	+++	+++	Anomalías de polen y otros restos
Desecaciones antrópicas	-	++	++	Niveles de oxidación en macerales
Rellenos antrópicos y otras actividades	-	+	+	Varios (camino, maderas, enterramientos, útiles)
Incendios históricos	+	+++	+++	Concentraciones de fusinita de alta temperatura
Explotación de turbera históricas	+	+	+	"extracción registrada desde hace 3000 años"

+++ muy alta; ++ alta, +baja; - pésima

TABLA II. Las turberas tienen una gran capacidad de registrar eventos derivados de la actividad antrópica (López Buendía, 1995).

PARAMETRO	Registro de variaciones			CRITERIO
	Tremedal	Padul	Marjal	
Oscilaciones del nivel del mar	-	-	+++	Variaciones de fauna y flora (foraminíferos, gasterópodos, plantas, ostrácodos). Variaciones geoquímicas
Variaciones térmicas	+++	+++	++	Variación de especies
Variaciones pluviométricas	+++	+++	++	Variación de especies, régimen de crecimiento, niveles arcillosos, anillos de crecimiento

+++ muy alta; ++ alta; +baja; - pésima

TABLA III. Las turberas actúan de registro continuo paleoambiental de alta resolución de los principales eventos del Plio-Cuaternario (basado en López Buendía, 1995).

Gestión de proyectos, figuras de protección y legislación.

Project management: protection figures and legislation.

F. Beltrán

Dirección General de Desarrollo Sostenible y Biodiversidad. P^o María Agustín, 36. 50071 Zaragoza. fbeltran@aragon.es

Resumen: El patrimonio geológico forma parte del patrimonio natural y, como tal, está sujeto al régimen jurídico aplicable a otros elementos medioambientales. Sin embargo, la geodiversidad en España no tiene un reconocimiento legal específico hasta la promulgación, en 2007, de la Ley de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. Dado el vacío legal que todavía subsiste en torno a la protección de los valores de la gea, el Gobierno de Aragón está trabajando en la actualidad en la elaboración de un Decreto para garantizar la adecuada conservación de los lugares de interés geológico que se recojan en un inventario.

Palabras clave: geodiversidad, lugares de interés geológico, Gobierno de Aragón

Abstract: *Geological heritage is part of Natural heritage and therefore subject to environmental legal regulations. However, geodiversity has only been legally recognized since the promulgation, in 2007, of the Spanish Law of Natural Heritage and Biodiversity. At present, the Government of Aragon is implementing a Decree in order to protect geological sites, since the above mentioned Law is not enough to legally guarantee the preservation of those sites.*

Key words: *geodiversity, geological sites, government of Aragon.*

INTRODUCCIÓN

El creciente deterioro de la Naturaleza a partir de la Revolución Industrial ha generado una preocupación social también creciente, lo que ha dado lugar al desarrollo de una legislación protectora. Ésta se refiere tanto a la conservación de especies como a la conservación de espacios naturales.

ANTECEDENTES

El Convenio para la Protección del Patrimonio Mundial Cultural y Natural. París, 1972 consideraba como Patrimonio Natural los monumentos naturales constituidos por formaciones físicas, biológicas, geológicas y fisiográficas, (así como las zonas que constituyen el hábitat de especies animales o vegetales amenazadas) que tengan un valor universal excepcional desde el punto de la vista de la Ciencia, de la conservación o de la belleza natural.

En España, tras las primeras leyes de Parques Nacionales (1916), y Monumentos Naturales de Interés Nacional (1927) se promulgan diversas leyes y decretos que culminan con la aprobación de la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, la cual contempla expresamente el patrimonio geológico como parte del patrimonio natural. Se formula asimismo la necesidad de crear un Inventario Nacional de Lugares de Interés Geológico.

EL PATRIMONIO GEOLÓGICO Y LAS FIGURAS DE PROTECCIÓN

El Patrimonio Geológico está constituido por todos aquellos recursos naturales no renovables, ya sean formaciones rocosas, estructuras, acumulaciones sedimentarias, formas, paisajes, yacimientos minerales o paleontológicos de valor científico, cultural o educativo y/o de interés paisajístico o recreativo. La necesidad de la conservación del patrimonio geológico radica en el hecho de que es un bien no renovable a escala humana por lo que su protección se promueve en los países culturalmente avanzados. El Patrimonio Geológico comprende:

a) Formaciones geomorfológicas. Asimilables a la figura de Parque Natural, cubriendo áreas extensas poco transformadas. La geomorfología constituye la rama geológica que estudia las formas del relieve terrestre, por lo que su caracterización es fundamental para definir los valores paisajísticos de la gea.

b) Elementos de la gea. Asimilables a la figura de Monumento Natural, ocupando dimensiones menores. El artículo 33 de la ley 42/2007 establece que se considerarán también Monumentos Naturales las formaciones geológicas, los yacimientos paleontológicos y mineralógicos, los estratotipos y demás elementos de la gea que reúnan un interés especial por la singularidad

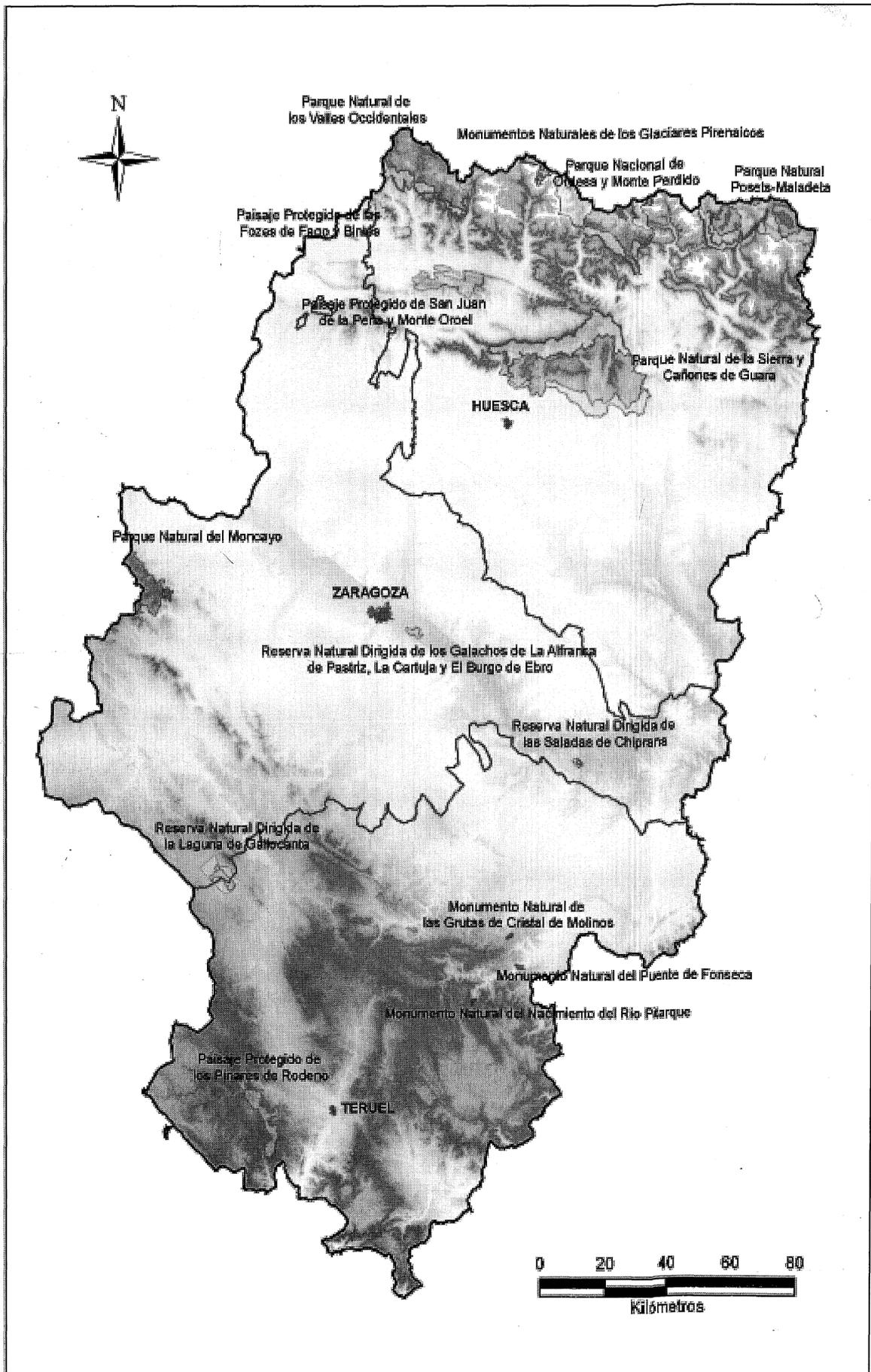


FIGURA 1. Espacios naturales protegidos declarados en Aragón en 2010.

o importancia de sus valores científicos, culturales o paisajísticos. Yacimientos Paleontológicos, también asimilables a la figura de Monumento natural, pero que en Aragón están amparados jurídicamente por la Ley 3/1999, de 10 de marzo, del Patrimonio Cultural Aragonés.

El Departamento de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, siendo consciente de la necesidad de proteger este patrimonio, ha declarado hasta la fecha una serie de Espacios Naturales Protegidos que, en mayor o menor medida, incorporan los valores de la geología.

GESTIÓN DE PROYECTOS EN RELACIÓN CON LOS PUNTOS DE INTERÉS GEOLÓGICO.

En la valoración de cada punto o lugar de interés geológico, diferenciamos dos aspectos:

a) Valor geológico, o valor intrínseco del punto por su contenido geológico. Se refiere a aspectos relacionados con la importancia (para deducir la evolución geológica de la región y comprender el funcionamiento de los procesos geológicos), la representatividad (que puede ser nacional, regional o local y se relaciona con la conservación y/o abundancia de registros geológicos) y la singularidad y rareza, que restan representatividad, pero añaden interés. La rareza puede referirse a escala regional, nacional o internacional (p.ej. un glaciar es raro en Aragón, pero no en el mundo).

b) Valor cultural, según sus posibilidades de utilización cultural y social. Distinguimos el interés científico (puntos cuya utilización es importante para especialistas), el interés didáctico (para puntos que permiten el aprendizaje sistemático, con inclusión en programas de centros docentes; el acceso y la visibilidad influyen en este interés) y el interés turístico en el que el hecho geológico está ligado a paisajes de belleza excepcional capaces de atraer visitantes sin comprometer su conservación.

CONCLUSIONES

Hasta la fecha, El patrimonio geológico y la biodiversidad se han integrado en cierta medida en la realización y gestión de proyectos, pero en general de forma insatisfactoria, al no existir unas figuras jurídicas específicas. La Comunidad Autónoma de Aragón dispone de una gran cantidad de Lugares de Interés Geológico representativos de su territorio y su paisaje y que no gozan de un régimen jurídico efectivo de protección.

Es, por tanto, preciso que se dicten las normas oportunas para amparar y garantizar la adecuada conservación de estos lugares, cuyo completo inventariado constituye una prioridad que el Gobierno de Aragón ya se ha planteado para abordar próximamente.

El patrimonio mineralógico y minero como parte del patrimonio geológico.

The mineralogical and mining heritage as a part of the geological heritage.

M. Calvo Rebollar

Dpto. Producción Animal y Ciencia de los Alimentos. Facultad de Veterinaria. Universidad de Zaragoza. Miguel Servet 177. 50013 Zaragoza. calvoreb@unizar.es

Resumen: Las explotaciones mineras crean patrimonio geológico con sus labores, al permitir el estudio de zonas previamente inaccesibles, aunque según la legislación actual ese patrimonio debe eliminarse mediante la restauración ambiental. También crean patrimonio mineralógico, al proporcionar muestras de minerales o paragénesis poco comunes, de interés científico, o piezas de calidad excepcional, que tienen un lugar en museos y en colecciones privadas. Incluso crean en algunos casos las condiciones para la formación de nuevos conjuntos de minerales, constituyéndose en auténticos laboratorios naturales. La puesta en valor de este patrimonio debe implicar a científicos, administraciones y también a aficionados y coleccionistas.

Palabras clave: minerales, minas, restauración, museos

Abstract: *The mines can create geological heritage with their works since they allow to research in areas that were previously inaccessible, although in accordance to present legislation, this heritage must be eliminated by environmental restoration. They also create mineralogical heritage providing specimens of rare species and uncommon paragenesis with scientific interest, and fine specimens suitable for museums or private collections. They even create sometimes new formation conditions for minerals, in genuine natural laboratories. The enhancement of this heritage should involve scientist, administrations and amateurs.*

Key words: minerals, mines, restoration, museums

INTRODUCCION

Las explotaciones mineras no son solamente la fuente de materias primas esenciales, sino también de materiales de interés científico desde el punto de vista de la mineralogía, la petrología o la paleontología. Al menos desde el Renacimiento, se han ido formando colecciones de minerales, primero por particulares interesados, y luego por instituciones, colecciones que han sufrido distintos avatares, entre ellos, en España al menos, décadas de inactividad, cuando no de abandono. Además, la actividad minera ha permitido la observación de zonas del interior terrestre que nunca hubieran quedado expuestas de no ser por las actividades extractivas. Ejemplares y labores forman una parte del patrimonio geológico que merece ser conservado.

PATRIMONIO GEOLÓGICO MINERO

La actual normativa de la Unión Europea exige la "restauración ambiental" de las explotaciones mineras abandonadas. Pero a nadie se le ocurriría aplicar esa normativa a Las Médulas (León), al fin y al cabo una explotación minera abandonada... y Patrimonio de la Humanidad según la Unesco. Ni tampoco a Corta

Atalaya, en Riotinto. La misma excepcionalidad debería haberse aplicado en otros casos, como en el magnífico corte expuesto por la mina de oro de El Valle-Boinás en Asturias (Fig 1).

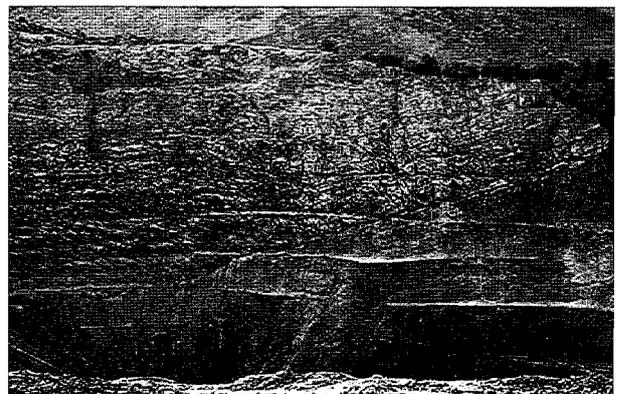


FIGURA 1. Mina de oro de El Valle-Boinás, Belmonte (Asturias). Cabalgamiento de las dolomías de la Formación Láncara sobre las areniscas de la Formación Oville. Foto M. Calvo.

La actividad minera expone a los agentes atmosféricos y a la acción del agua subterránea superficies que de otra forma no hubieran estado expuestas, o no en la misma extensión, lo que es el origen de la aparición de los llamados "minerales de

neoformación". Dado que la actividad humana no es substancial, salvo en proporcionar un acceso que podría haberse producido por otros medios, los minerales de neoformación se consideran auténticos minerales desde todos los puntos de vista.

Las minas de Riotinto eran unos de los ejemplos más notables, sino el que más, a nivel mundial, de estos minerales de neoformación. La actividad minera, combinada con la acción de la Naturaleza, había producido una muestra incomparable, con cámaras con el techo y suelo cuajados de formaciones de estalactitas y estalagmitas traslúcidas de melanterita, de color verde o azul intenso (Fig 2.), y paredes tapizadas de gruesas formaciones botroidales de cristales de color violeta de coquimbite, combinados con el azul de la calcantita, y salpicado por cristales negros de voltaíta, y ocasionalmente marrón claro de la romboclasa o anaranjado intenso de botriógeno. Las "muestras de mano" obtenidas podían considerarse entre las mejores del mundo para varias de estas especies, pero lo más singular es que los sulfatos de neoformación cubrían superficies de cientos de metros cuadrados (Calvo et al., 1999).



FIGURA 2. Estalactitas y estalagmitas de melanterita, de varios metros de longitud, en las labores de interior de las minas de Riotinto (Huelva), en 1998. El lugar que ocupaban es ahora un lago de agua ácida cargada de metales pesados. Foto M. Calvo

Desafortunadamente, la maravilla que la Naturaleza y la minería crearon, con un evidente potencial científico y turístico, se ha convertido por obra de la desidia administrativa en un lago de agua ácida cargada

de metales pesados, al permitirse la inundación de las antiguas labores mineras. Pero incluso estas aguas ácidas, al menos en algunos casos, pueden ser un patrimonio geológico (y biológico), al representar modelos de la formación de minerales (y ecosistemas) en condiciones particulares

PATRIMONIO MINERALÓGICO

Desde el punto de vista mineralógico, una buena parte de las más de mil cien especies minerales identificadas hasta el momento en España proceden directa o indirectamente de la minería, obtenidas durante la época de actividad de las explotaciones o tras su abandono. Entre estas especies, algunas fueron nuevas a nivel mundial en el momento de descubrirse, como la jarosita, villamaninita, rodalquilarita, westerveldita, barquillita, calderonita, cobaltarthurita (Calvo, 2007) y, muy recientemente, la barahonaíta-(Al) y la barahonaíta-(Fe) (Viñals et al., 2008). Las tres primeras especies fueron descubiertas en ejemplares obtenidos en minas en actividad, pero todas las otras se han encontrado en labores abandonadas y en escombreras.

Existen en España, literalmente, decenas de miles de indicios y labores mineras abandonadas, todavía más o menos visibles y susceptibles de estudio. En muchos casos, es de esperar que las paragénesis sean relativamente simples y reiterativas, aunque siempre dignas de estudio, pero otras muchas pueden proporcionar notables novedades mineralógicas. Incluso yacimientos estudiados reiteradamente pueden dar lugar a "sorpresas" con el avance de las labores de extracción. Por ejemplo, el yacimiento de magnesita de Eugui (Navarra) se ha considerado siempre como portador de una mineralogía relativamente sencilla y monótona, formada por carbonatos comunes, dolomita y magnesita, como minerales fundamentales. Efectivamente eso es casi cierto por lo que respecta a la mineralización explotada. Pero la "ventana geológica" que representan las labores de la cantera permitió la observación en las pizarras encajantes de una peculiar mineralización en las que se han encontrado minerales tan raros como la bariosincosita (segunda localidad mundial) minyulita, fluellita y crandallita (Calvo y Viñals, 2003). La colaboración entre científicos y empresas mineras ha permitido en los últimos años estudiar notables paragénesis, presentes en minas activas. Puede destacarse por ejemplo la investigación realizada en la mina de oro de El Valle-Boinás, con muchas decenas de especies identificadas (Mesa et al, 2002).

También la revisión detallada de algunas escombreras y labores abandonadas ha ofrecido conjuntos de minerales raros y en algún caso, como tales conjuntos, únicos en el mundo. Simplemente como ejemplo pueden citarse la mina "Nueva Virginia", en Lanzuela (Teruel) (Viñals y Calvo, 2006) o la mina de mercurio de Chóvar (Fig. 3), en Castellón (Viñals y Calvo, 2007). Esto deja claro que el patrimonio mineralógico es algo "en formación", susceptible de aumentar notablemente según avancen los estudios de

los yacimientos. Deja también clara la necesidad de mantener el acceso, aunque sea parcial, a labores y a escombreras abandonadas. La protección y restauración de las labores mineras debe hacerse de tal modo que sea compatible con el desarrollo de posteriores investigaciones. Hay que tener en cuenta también que los cierres totales e irreversibles, cegando completamente las entradas, están también en contra de las comunidades de animales, como los murciélagos (todas las especies están protegidas en España) que utilizan las cavidades como habitat.

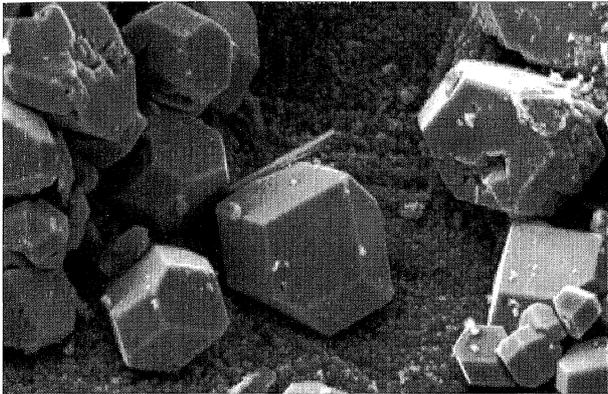


FIGURA 3. Fotografía de microscopio electrónico de barrido de cristales de corderoíta de Chóvar (Castellón). Foto Joan Viñals.

En otros casos, la minería ha permitido obtener ejemplares notables, entre los mejores del mundo, de diversas especies minerales. En algunos casos, este patrimonio debe considerarse "histórico", ya que se ha obtenido en minas agotadas o cerradas cuya reapertura parece improbable en un futuro previsible. Los cristales de cinabrio de Almadén, las piromorfitas de El Horcajo, o las pirargiritas y freieslebenitas de Hiendelaencina deben considerarse desafortunadamente como totalmente agotadas, por no hablar de los minerales de plata de Guadalcanal. Sin embargo, otros yacimientos conservan todavía su capacidad para producir ejemplares notables. Los cristales de yeso (Fig. 4) de las canteras de alabastro de la zona de Fuentes de Ebro (Zaragoza) y los cristales de dolomita de la explotación de magnesita de Eugui (Navarra) son buenos ejemplos. En ambos casos han aparecido numerosos ejemplares de "calidad mundial", que se han recuperado fundamentalmente por el interés en ellos de los coleccionistas de minerales.

El patrimonio mineralógico es especial frente a otros tipos de patrimonio geológico en el sentido de que está creando continuamente, por la actividad de los investigadores. Las piezas científicamente más importantes, los "ejemplares tipo" de las especies nuevas, lo son precisamente porque sus descubridores los han designado como tales. Muy pocos se conservan en museos españoles, y ninguno de estos museos tiene una política establecida de captación de "ejemplares de referencia", los utilizados (y en su caso, representados) en la realización de estudios publicados.

Desde hace una década, algunas instituciones, como el Museo del Instituto Geológico y Minero de España y

el Museo de la Escuela de Ingenieros de Minas, en Madrid, o el Museo de Ciencias Naturales de Álava, en Vitoria, están llevando a cabo una política más o menos sistemática de captación de ejemplares de minerales representativos de los yacimientos españoles, incluyendo también, en función de las disponibilidades económicas, la de ejemplares de alta calidad (y consecuentemente, precio). En este campo, la colaboración entre los investigadores profesionales y los aficionados, que superan ampliamente en número a los primeros, puede llevar a resultados muy positivos, a través de donaciones, intercambios o sistemas de captación de fondos, como las "Sociedades de Amigos del Museo".

Aunque el elevado valor económico de los ejemplares minerales de calidad dificulta a veces su adquisición por las instituciones, también tiene el efecto positivo de que induce a su búsqueda. Dos yacimientos españoles de pirita (Navajún y Ambasaguas, en La Rioja) se explotan exclusivamente para obtener ejemplares para colección y decoración. También el valor económico ha hecho que algunas empresas consideraran la recuperación de ejemplares de colección como parte de su actividad extractiva. Un buen ejemplo se puede encontrar en la mina de fluorita de "La Viesca", en Asturias.

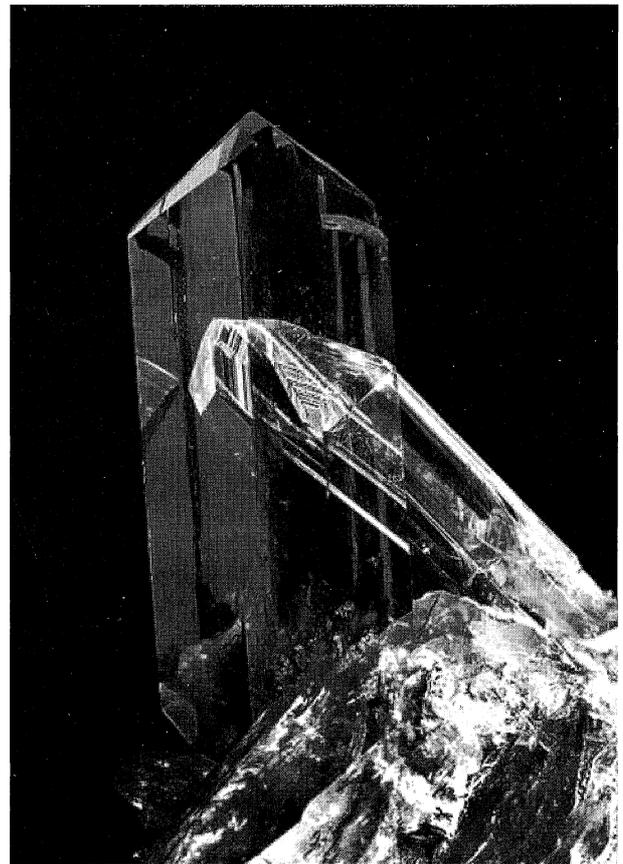


FIGURA 4. Cristales de yeso de las canteras de Fuentes de Ebro (Zaragoza). Un ejemplo de patrimonio mineralógico generado por la actividad minera. Foto Javier Romeo/Archivo Prames.

Como en muchos otros casos, la acción decidida de las instituciones, valorando el patrimonio geológico (y

en este caso particular el mineralógico) como se valora el patrimonio arqueológico o artístico es esencial para su conservación. Sirva como ejemplo la reciente actuación del gobierno francés, declarando "bien cultural de interés patrimonial mayor" a un extraordinario ejemplar de fluorita con cuarzo, obtenido en el verano de 2006 en Chamonix por un recolector particular. Esta declaración permitió su adquisición para el Museo Nacional de Historia Natural de París (en 250.000 €), con fondos aportados por la Foundation Total (Ascençao, 2010).

PATRIMONIO CULTURAL MINERO

Por otra parte, el patrimonio minero, además del mineralógico, tiene componentes históricos y culturales. El caso más espectacular es el de la arquitectura minera, con la vistosidad de los castilletes, parte del paisaje en muchas zonas, pero también con las minuciosas labores de sostenimiento en minería de interior. Ejemplos notables, ya habilitados para visita turística, pueden encontrarse en las minas de Almadén, pero casi cualquier mina de la Sierra de Cartagena incluye en sus labores admirables sostenimientos de mampostería en seco, "pedriza" de la que podemos ver también en otros puntos de España, en los que trabajaron especialistas originarios de esta zona.

Junto con los bienes inmuebles, existen múltiples materiales muebles de interés histórico y, a veces, geológico. Las colecciones de testigos de sondeos podrían ser un material valioso, que prácticamente nunca se conserva. En el mejor de los casos, se conserva su interpretación, y tampoco con la frecuencia deseable. También serían importantes los planos de las labores, los estudios geológicos, informes de prospecciones, etc. Teniendo en cuenta que las grandes empresas mineras que han trabajado en España han sido en su mayoría extranjeras, y que las pequeñas aparecían y desaparecían muchas veces sin dejar casi rastro, los archivos terminaron en el primer caso en sus oficinas centrales (caso de Riotinto, en Londres) o fueron abandonados y destruidos en el segundo. Solamente en época reciente se pueden encontrar excepciones positivas, con la conservación de una buena parte de los archivos de las empresas Peñarroya, Asturiana de Zinc y Minas de Almadén.

Otros materiales ya más específicamente culturales, como fotografías (Fig. 5), tarjetas postales, publicaciones, instrumentos, lámparas, medallas, acciones de las sociedades, etc, han sido objeto de coleccionismo a nivel particular, pero en pocos casos de estudio y conservación institucional. Afortunadamente, parece que la tendencia está cambiando, y que algunas instituciones se interesan también en estos componentes del patrimonio cultural. Como en el caso de los minerales, la colaboración de las instituciones con los coleccionistas (en cuyas manos está actualmente una parte muy importante de estos materiales) resulta fundamental.

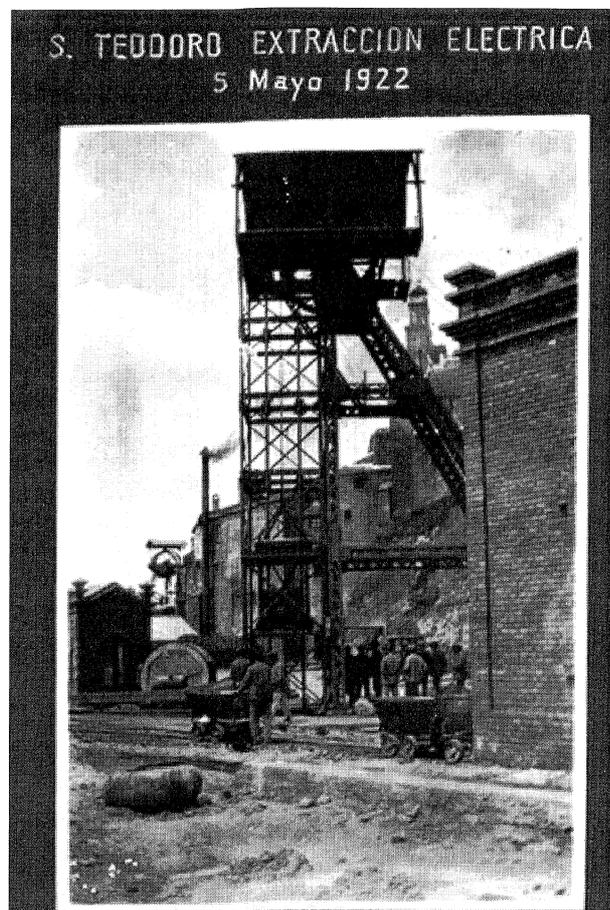


FIGURA 5. Hoja de uno de los álbumes de fotografías preparado por los ingenieros responsables de la transformación tecnológica de las minas de Almadén en 1922-23. Un ejemplo de patrimonio histórico minero. Los álbumes originales se conservan en el archivo del autor de este artículo.

REFERENCIAS

- Ascençao, R. (2010): La fluorine "Laurent" entre au Museun National d'Histoire Naturelle. *Le Regne Mineral*, 94: 38.
- Calvo, M. (2007): Mineralogía. En: *Activos ambientales de la minería española*. (R. Fernández Rubio, ed.). Consejo Superior de Colegios de Ingenieros de Minas, Madrid, 43-52.
- Calvo, M., Gómez, F. y Viñals, J. (1999): Mineralogía de la Faja Pirítica Ibérica. *Bocamina*, 4: 50-86.
- Viñals, J. y Calvo, M. (2006): Ullmannita, bottinoita y polidimita de la mina "Nueva Virginia", Lanzuela (Teruel). *Revista de Minerales*, 3 (1): 58-60.
- Viñals, J. y Calvo, M. (2007): Corderoita, kenhsuita y perroudita, sulfohalogenuros de mercurio de Chóvar, Castellón. *Revista de Minerales*, 3, (3): 46-49.
- Viñals, J., Jambor, J.J., Raudsepp, M., Roberts, A.C., Grice, J.D., Kokinos, M. y Wise, W.S. (2008): Barahonaite-(Al) and barahonaite-(Fe), new Ca-Cu arsenate mineral species, from Murcia Province, Southeastern Spain, and Gold Hill, Utah. *Canadian Mineralogist*, 46, 205-217.

El Anfiteatro de Red Rocks (Colorado, EUA): paradigma de sincretismo entre geoconservación y antropización

The Red Rocks amphitheatre (Colorado, USA): a paradigm of syncretism between geoconservation and anthropization

J. Carreras¹, E. Druguet¹ y C. S. Siddoway²

1 Departament de Geologia, Universitat Autònoma de Barcelona, 08193 Bellaterra, Spain. jordi.carreras@uab.cat; elena.druguet@uab.cat
2 Geology Department, Colorado College, 14 E. Cache la Poudre, Colorado Springs, CO 80903, USA. csiddoway@coloradocollege.edu

Resumen: El anfiteatro de Red Rocks en Colorado (EUA) constituye un paradigma de la actividad humana reciente en favor de la geoconservación. Construido sobre los estratos rojizos de la *Fountain formation* en el flanco oriental de las Montañas Rocosas, se encuentra incorporado en el *Mountains Park System* como el *Red Rocks Park*. Su construcción se realizó con respeto y atención a las formaciones geológicas, las cuales pueden observarse a lo largo de paseos que incluyen paneles con información geológica. Este ejemplo ilustra como la antropización puede amplificar los valores de un espacio, facilitar el acceso a los valores geológicos y potenciar la geoconservación.

Palabras clave: Anfiteatro natural, Áreas protegidas, Arquitectura del paisaje, Gestión Integrada, Patrimonio Geológico.

Abstract: *The Red Rocks Amphitheatre in Colorado (USA) is a paradigm of recent human actions that promote geoconservation. The amphitheatre, built upon the red beds of the Fountain formation at the east flank of the Rocky Mountains, is incorporated in the Mountains Park System as the Red Rocks Park. The amphitheatre construction was done with a close attention and respect to existing geological formations that can be explored through walks that include geology information panels. This example illustrates how anthropization may amplify the site interests, enhance access to the existing geological values and potentiate geoconservation.*

Key words: *Geological heritage, Integrated management, Landscape architecture, Natural amphitheatre, Protected areas.*

INTRODUCCIÓN

La geoconservación forma parte importante de la conservación del patrimonio mundial. Sin embargo, algunas estrategias geoconservacionistas restringidas a ambientes naturales pueden conducir a la no-protección de sitios de valor geológico ubicados en zonas urbanas o antropizadas (Carreras y Druguet, 2000). Así, cabe reconocer que los objetivos del patrimonio geológico difieren en muchos casos de los objetivos de la protección de la biodiversidad.

La actividad humana asociada a formaciones geológicas no es un fenómeno reciente, sino que de hecho fue más importante en tiempos pasados. En términos generales, los resultados de la antropización son positivos para el patrimonio geológico cuando ésta contribuye a facilitar el acceso y/o las condiciones de observación del patrimonio geológico, sin provocar su destrucción (ej. la Capadocia en Turquía, Temel et al. 1998). En la situación opuesta y lamentablemente más frecuente en la actualidad, el impacto de la antropización es negativo si ésta esconde o destruye los afloramientos geológicos (ej. múltiples casos de

cubrimiento de afloramientos por edificaciones). Mas complejos son los casos en que los efectos de la acción humana generan opiniones contradictorias (ej. obras monumentales de Jean Verame de modificación del paisaje geológico, <http://www.verame.com/>).



FIGURA 1. Vista panorámica del anfiteatro de Red Rocks.

Hoy en día, los efectos positivos de la actividad humana son limitados, existiendo escasos ejemplos de arquitectura integradora de los elementos geológicos. El

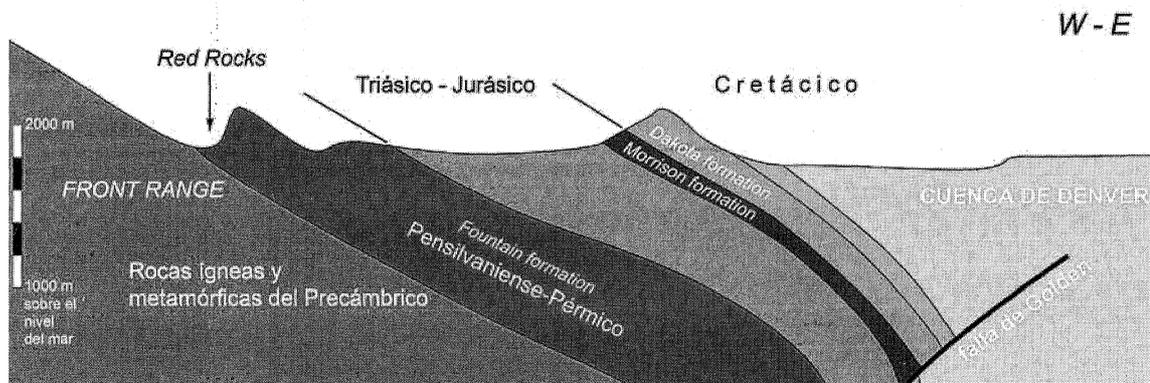


FIGURA 2. Corte geológico simplificado a través del margen oriental del Front Range cerca de Morrison, Colorado (modificado a partir de <http://geosurvey.state.co.us/Default.aspx?tabid=37> (página web del Geological Survey of Colorado)).

presente trabajo aborda el caso paradigmático del Anfiteatro de Red Rocks en Colorado (EUA), construido a mediados del siglo XX.

EL ANFITEATRO DE RED ROCKS: GEOLOGÍA E HISTORIA

El Anfiteatro de Red Rocks, en la población de Morrison, a 20 km de Denver (Colorado), se erige sobre el flanco oriental del *Front Range* de las Montañas Rocosas, sobre los estratos rojos basculados (conglomerados arcósicos y limolitas) de la formación Pensilvaniense conocida como *Fountain formation* (Figs. 1 y 2). Dichos estratos yacen en no-conformidad sobre gneises paleoproterozoicos del zócalo cristalino del *Front Range* (Fig. 3). Concordantemente por encima de la *Fountain formation* se suceden formaciones mesozoicas, entre las que destaca la *Morrison formation* (Jurásico) que contiene abundantes trazas y fósiles de dinosaurios, observables en *Dinosaur Ridge*, espacio protegido que forma parte del *Morrison Fossil Area National Natural Landmark*. Zócalo y cobertera fueron basculados durante la orogenia Laramide (~70 a 40 Ma). La erosión reciente de los estratos rojizos basculados hacia el este sobre el zócalo cristalino ha generado el desarrollo de un relieve característico en cuevas y *flatirons* (facetas triangulares).

El anfiteatro de Red Rocks fue antaño utilizado por los pobladores del Oeste (Noel, 2004). En la prehistoria y la historia fue sitio de acampada de la tribu Ute y de sus antepasados. Tras convertirse en propiedad privada, la zona fue adquirida en 1928 por el municipio de Denver e incorporada en el *Denver Mountains Park System*, como *Red Rocks Park*. La erosión a través de los estratos moderadamente buzantes confiere al espacio una morfología de anfiteatro natural (Fig. 1), siendo en el pasado ya aprovechado como lugar de conciertos al aire libre. En 1936 se inició la construcción de las gradas y el escenario, de acuerdo al diseño de los arquitectos Burnham Hoyt y Stanley E. Morse. A pesar de que la construcción implicó cierta modificación de la

topografía, en general el trabajo se realizó con gran respeto y atención a las formaciones geológicas, adaptando la gradería a la pendiente natural (Fig. 4). Las paredes y edificios accesorios se construyeron utilizando piedra natural de la misma formación (Figs. 1 y 4), generando un paisaje en maravillosa armonía entre los elementos naturales y antrópicos (ver Noel, 2004 para más detalles). La estructura completa muestra la viabilidad de la integración de valores de diversa índole en un solo espacio, así como la compatibilidad entre distintos usos. A excepción de los conciertos programados, el anfiteatro está abierto al público, siendo utilizado para actividades de ocio. Determinados puntos de especial interés geológico están señalizados con paneles informativos, convirtiendo los alrededores del anfiteatro en una área de educación geológica (Figs. 3 - 5 y sitio web del *Red Rocks Park and Amphitheatre*).



FIGURA 3. Contacto en no-conformidad entre los gneises paleoproterozoicos y las rocas sedimentarias detríticas de la base de la *Fountain Formation*. Detalle en Fig. 4.

El uso libre del parque (regulado por el *Denver Mountain Park System*) incluye restricciones de ciertas actividades tales como la escalada (por motivos de seguridad y control de la erosión).

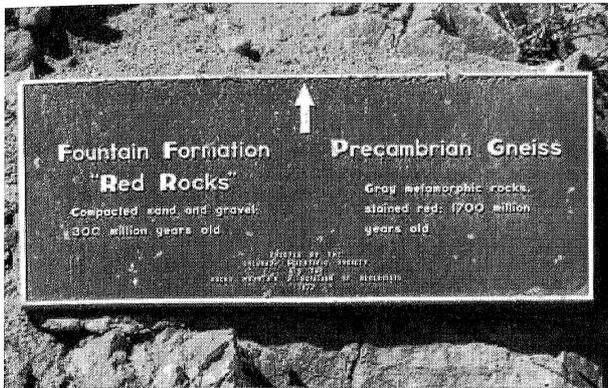


FIGURA 4. Detalle de la figura 3: Panel informativo geológico colocado en 1977.

EL ANFITEATRO DE RED ROCKS COMO PARADIGMA DE SINCRETISMO

El sincretismo es la práctica de reconciliar creencias o doctrinas muy diferentes o contrarias. Tal como se expresó en la introducción, en muchas ocasiones la antropización se considera como una amenaza para el patrimonio geológico, el cual está asociado a menudo al patrimonio natural y analizado conjuntamente con la biodiversidad. Sin embargo, los espacios con riqueza geológica cubren una amplia gama de configuraciones, desde espacios naturales primigenios hasta áreas fuertemente antropizadas (Theodossiou - Drandaki, 1998). El Anfiteatro de Red Rocks es una buena

muestra de la coexistencia de valores geológicos y culturales y de como el sincretismo entre la transformación humana y la geoconservación puede contribuir enormemente a amplificar la riqueza patrimonial del lugar.

Consecuentemente, proteger el patrimonio en base a aproximaciones dicotómicas (natural contra histórica-cultural) o tricotómicas (geológica/biológica/histórica-cultural) no parece una aproximación válida. Según lo ejemplificado por el anfiteatro de Red Rocks, la protección de un área determinada puede integrar diversos puntos de vista no basados en una metodología restrictiva y/o compartimentada, sino en una visión sincrética que dé respuesta tanto a los valores naturales como a los artificiales.

CONCLUSIONES

El Anfiteatro de Red Rocks constituye un ejemplo paradigmático reciente de reconciliación y beneficio mutuo entre la actividad humana y la protección del patrimonio geológico. Aunque no aplicable a todo tipo de situaciones, esta metodología conservacionista es especialmente idónea para espacios donde el relieve, ya sea natural o artificial (ej. canteras), permite este tipo de prácticas. Esta estrategia reconcilia dos principios aparentemente opuestos: el de geoconservación, naturales vírgenes, y el de antropización, considerado

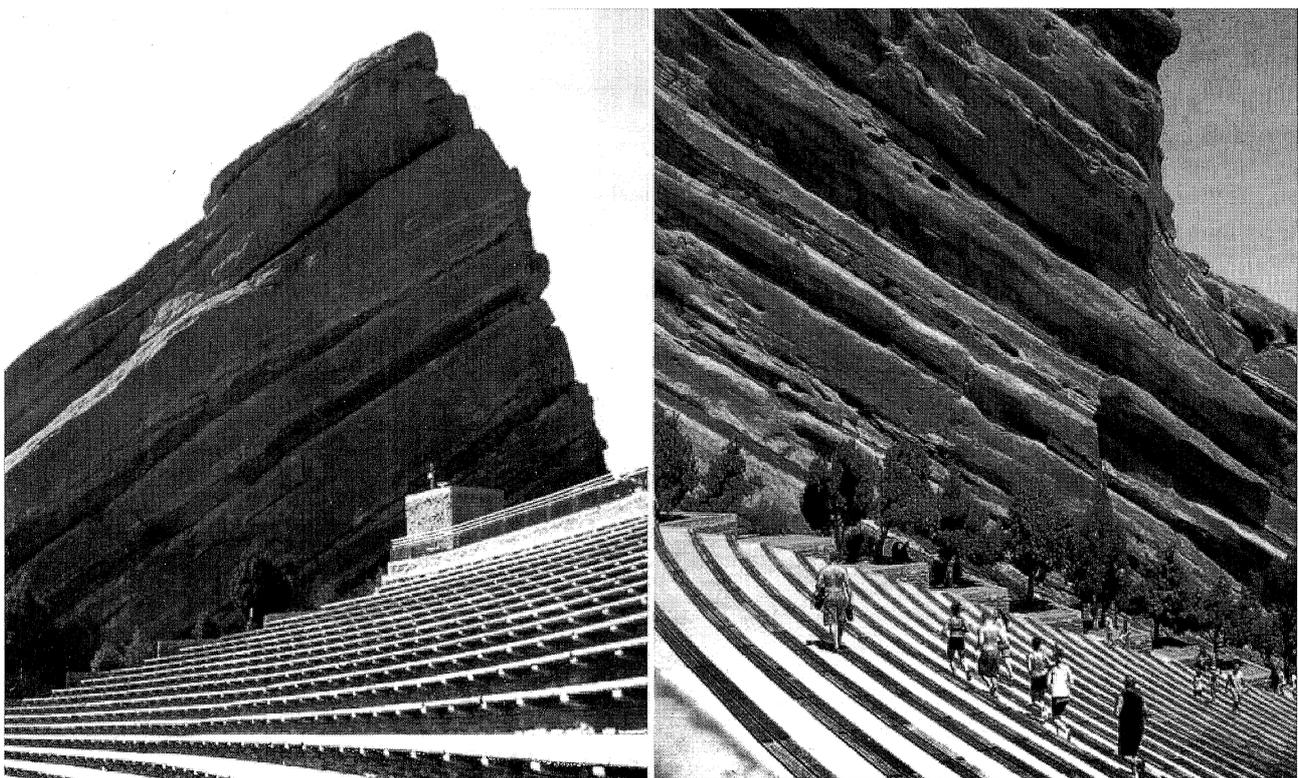


FIGURA 5. Vistas del Anfiteatro de Red Rocks, mostrando la armonía entre la gradería, el relieve y las formaciones geológicas. Izquierda: vista de la gradería hacia el escarpe erosivo meridional denominado "Ship rock". Derecha: vista de la gradería hacia el escarpe erosivo septentrional denominado "Creation rock". Nótese el uso del espacio para paseo y jogging.

dedicado especialmente a la preservación de espacios como el resultado de la degradación de cualquier actividad que implique una modificación del relieve original.

En el ámbito de las actuaciones antrópicas positivas sobre el patrimonio geológico, las modificaciones topográficas pueden enriquecer el patrimonio (por ejemplo, los taludes de carretera que ponen al descubierto afloramientos de valor geológico). De modo similar, la transformación respetuosa de los rasgos geomorfológicos naturales también puede potenciar la geología, tanto en su componente paisajística como educativa, puesto que induce a los visitantes a familiarizarse con el origen de las configuraciones geológicas y su valor como registro de la historia de la Tierra.

Por lo tanto, una política geoconservacionista efectiva no debe limitarse a planes de gestión diseñados para la conservación de los ecosistemas (Leys y Gordon, 2001). Es preferible un enfoque integral holístico que abarque todos los aspectos del patrimonio cultural (antiguo o reciente, de ocio o de culto religioso, de residencia o de explotación minera, etc.). La aplicación de planes de gestión integrada requiere cambios en los enfoques restrictivos basados en múltiples categorías que dan preferencia a la diversidad y a la naturaleza prístina, como las recopiladas por Gray (2004, véase el capítulo 5). Una estrategia más simple y flexible implica la protección de un espacio delimitado (por ejemplo, *National State Parks* y *Landmarks* en los EUA), con el desarrollo de un plan de gestión individualizado que tenga en cuenta las características y necesidades asociadas al conjunto de valores del espacio.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Educación y Ciencia (proyecto CGL2007-66857-C02-01) y por la "Generalitat de Catalunya - AGAUR" (2008 BE-1 0023) para la estancia de J.C. en EUA.

REFERENCIAS

- Carreras, J. y Druguet, E. (2000): Geological Heritage, an essential part of the integral management of World Heritage in protected sites: its conservation and management. En: *Geological heritage: Conservation and management* (D. Baretino, W.A.P. Wimbledon y E. Gallego, eds.). IGME - Madrid, 101-118.
- Colorado Geological Survey: Geologic Mapping by CGS, <http://geosurvey.state.co.us/Default.aspx?tabid=37>
- Gordon, J.E. y Leys, K.F (2001): *Earth science and the natural heritage: interactions and integrated management*. The Stationery Office, Edinburgh, 343 p.
- Gray, M. (2004): *Geodiversity: valuing and conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons Ltd, Chichester, 448 p.
- Noel, T.J. (2004): *Sacred Stones: Colorado's Red Rocks Park and Amphitheatre*. Denver's Division of Theatres and Arenas, 129 p.
- Red Rocks Park and Ampitheatre. <http://www.redrocksonline.com/>
- Theodossiou-Drandaki, I. (1998): The Natural environment in urban areas. *Geologica Balcanica*, 28:143-152.
- Verame, J. Jean Verame, artiste. <http://www.verame.com/>

La utilización de espacios arqueológicos como áreas de interés geológico. Ejemplo de Tarragona.

The utilization of archeological sites as geological interest areas. The example of Tarragona.

N. Carulla Gratacòs.

Geólogo Consultor: Dr. Ciencias Geológicas, c/ Eres 6, 43893 Altafulla (Tarragona). nacg@tinet.org

Resumen: El reconocimiento geológico de muchos yacimientos arqueológicos enriquece la justificación o funcionamiento del mismo, bien sea por sus razones morfológicas, de abastecimiento de materiales o de facilidad de abastecimiento hídrico. Ejemplo de ello son muchos de los yacimientos arqueológicos del término de Tarragona: desde las áreas de extracción de materiales constructivos (canteras del *Mèdol*, del Lorito o el mármol de Santa Tecla), hasta los yacimientos por entrapamientos (yacimientos paleolíticos como *La Boella*) pasando por parajes de especial interés estratégico en época romana.

Palabras clave: Yacimiento arqueológico, asentamiento geológico, mármol de Santa Tecla, canteras.

Abstrat: *The geological consideration of a site may support either its designation as an archeological site or help explain its functioning, either due to morphological reasons, supply of materials or water resources. Examples of this can be found in many archeological sites in the region of Tarragona, such as the areas of extraction of construction materials (the limestone quarry of *Mèdol* and Lorito and the marble quarry of Santa Tecla); Paleolithic traps and sites or paleogeographic interest (*La Boella*), or enclaves of particular strategic interest during Roman times*

Key Words: *Archeological sites, geological base, Tarraco marmor, roman quarries.*

INTRODUCCIÓN

Si bien es conocido por la sociedad actual el concepto de Patrimonio Histórico o Patrimonio Arqueológico, no lo es tanto el concepto de Patrimonio Geológico. La presente nota quiere aprovechar el reconocimiento del Patrimonio Arqueológico para vincularlo, cuando es posible o interesante, con el Patrimonio Geológico.

Muchos yacimientos arqueológicos tienen su propia razón por ser área de aprovechamiento de recursos naturales o materias primas. Sin entrar en la minería primitiva, queremos centrarnos en las explotaciones líticas de la Tarraco romana. Aparte del mármol romano de Sta. Tecla, de edad cretácica, remarcamos el yacimiento más emblemático de *El Mèdol*: Declarado específicamente Patrimonio de la Humanidad, otros muchos yacimientos arqueológicos y geológicos esparcidos no tienen la protección legal que dispone el presente yacimiento.

Merced al inventario y descripción de afloramientos geológicos de zonas urbanas de Tarragona requerido por el *Institut Geològic de Catalunya*, se quiere revalorizar la preservación y patrimonialización de dichas áreas de extracción, para evitar su aniquilación en este término, o municipios vecinos como Altafulla; y más, cuando el propio catálogo de *Espais d'Interès Geològic* de la gran

comarca del *Camp de Tarragona* sólo incluye el Cap de Salou como Patrimonio Geológico.

PRINCIPALES EJEMPLOS

El Mèdol, con su conocida aguja de 17 m. de altura (Fig. 1), recuerda por su toponimia a Las Médulas leonesas. Pocos afloramientos del Mioceno facilitan un seguimiento tan preciso de las facies y del contenido paleontológico de sus series lumacológicas. En el esquema de la figura 2 se representa la disposición de las distintas superficies de erosión que se pueden distinguir en la cantera romana de *El Mèdol*.

Otro caso de interés a remarcar es el yacimiento de *La Boella*, como trampa paleogeográfica del Pleistoceno inferior/medio entre los abanicos aluviales procedentes de la Serra de Prades y las terrazas antiguas del Francolí, que permiten la preservación de fauna continental con industria lítica.

Por otra parte la presencia de frecuentes fracturas de neotectónica en el mismo contexto geológico indica la importancia y actualidad de la formación del graben del *Camp de Tarragona*.

La abertura de amplias trincheras en el territorio permite aflorar accidentes y materiales recientes, mayoritariamente continentales, a veces con

espectaculares estructuras (taludes próximos a la estación del AVE, del *Camp de Tarragona*).

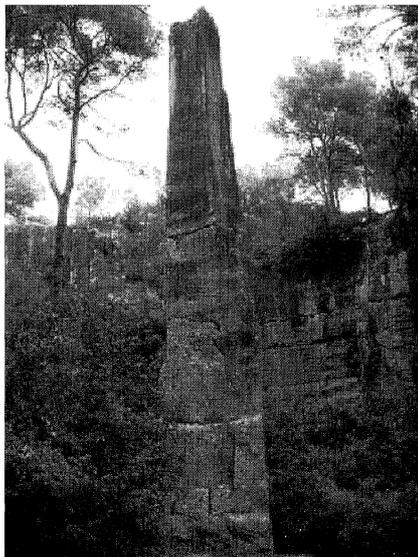


FIGURA 1. La aguja de El Mèdol.

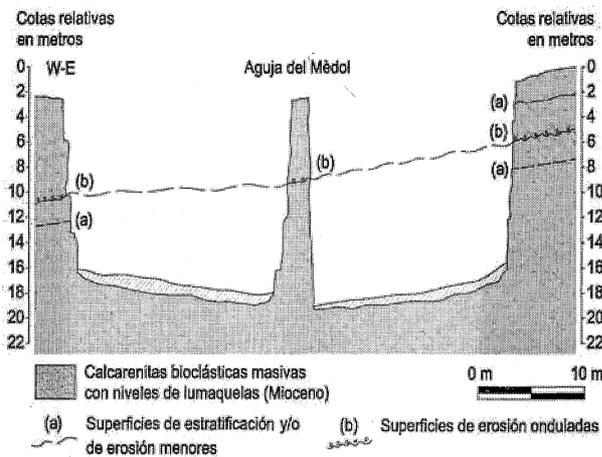


FIGURA 2. Perfil geológico transversal de la cantera romana de El Mèdol

Continuando con materiales aluvionares entrelazados con materiales coluvionares en el *Camp de Tarragona* conviene remarcar un yacimiento especial como el de *Els Vinyets* del vecino término El Catllar, descubierto a raíz de extraer tierras para la presa vecina del Catllar

en la década de los 70. Estas extracciones permitieron aflorar niveles del Paleolítico Inferior a más de 14 m. de profundidad, lo que indica la importancia de las acumulaciones en una cuenca media como el río *Gaià*, a pesar de hallarnos a más de 7 kilómetros de la desembocadura. (Figura 5)

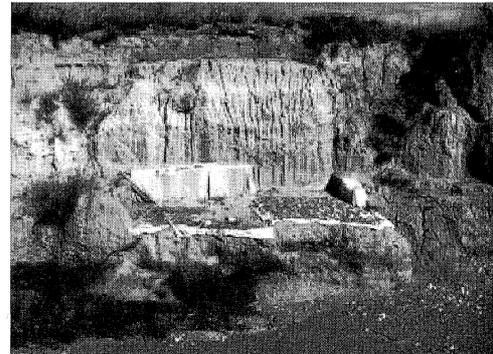


FIGURA 4. El entrecruzamiento de facies de conos aluviales y terrazas interceptadas por el abarrancamiento actual de La Boella.

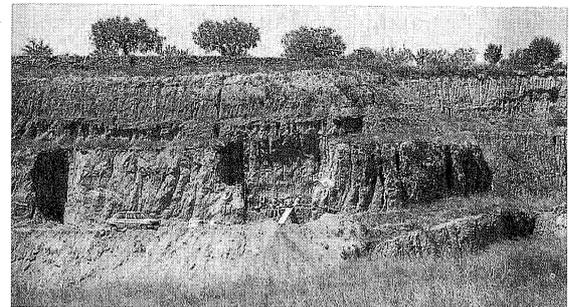


FIGURA 5. Els Vinyets. La extracción de tierras descubrió el yacimiento paleolítico

En un contexto distinto destacamos *La Cova Urbana de Tarragona*, como un karst premiocénico dentro del Mesozoico del basamento de la ciudad. Esta cueva era ya conocida en época romana a través de un *cuniculum* que transportaba aguas. (Figura 6).

Otros ejemplos de espacios arqueológicos que pueden complementarse por su interés geológico son:

1. Las cuevas del *Llorito*, cerca del Templo del Loreto, explotaciones romanas subterráneas de calcarenitas miocenas, actualmente preservadas sólo gracias a su

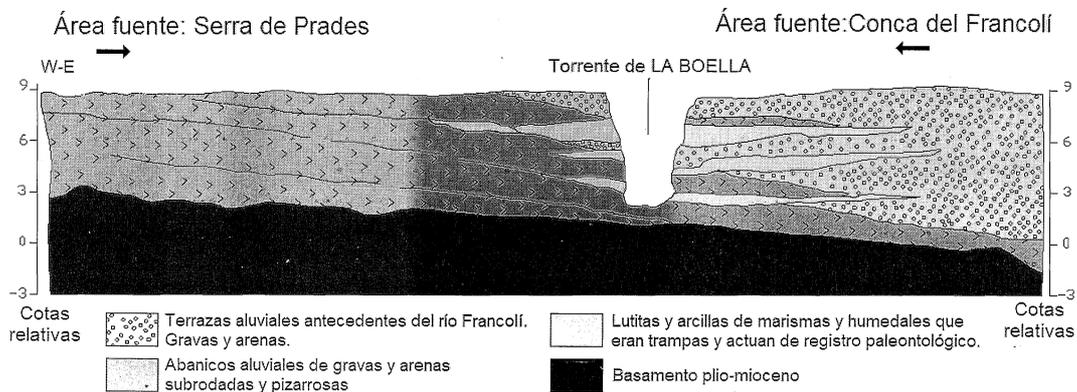


FIGURA 3. Esquema La Boella, Trampa paleogeográfica del Pleistoceno inferior/medio.

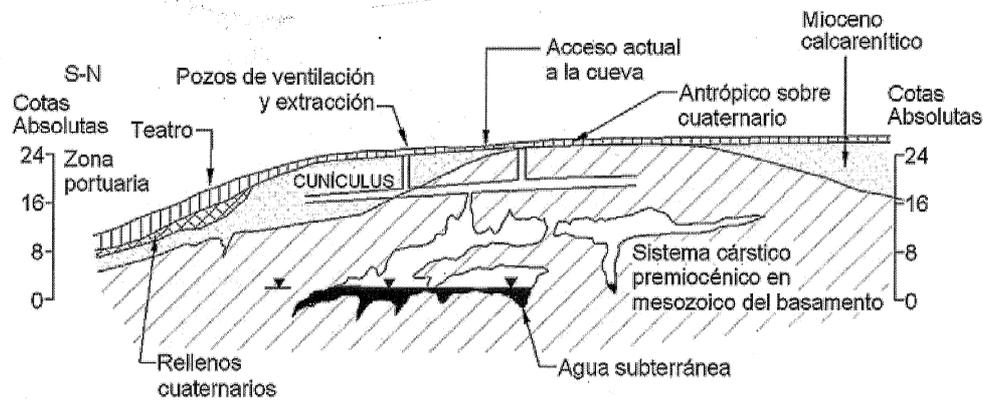


FIGURA 6. Esquema geológico de La Cova Urbana de Tarragona.

entorno forestal y marginal. El interés de las mismas, reside en su carácter subterráneo.

2. El yacimiento principal de "mármol de Santa Tecla" de edad cenomaniense (Cretácico sup.), ya en una situación más vulnerable al quedar aislado entre infraestructuras de la zona urbana (*Terres Cavades*).

3. El emplazamiento de las murallas que limita la *Part Alta* o núcleo de la antigua Tarraco, sobre el borde de la serie vertical mesozoica, desde el Dogger al E. hasta el Garumniense carbonatado al W. (Figura 7)

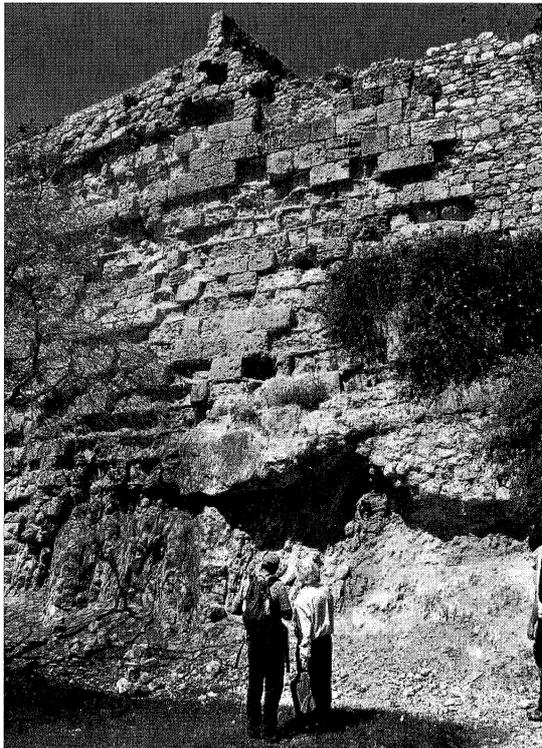


FIGURA 7: La muralla exterior en la Porta de Sant Antoni, levantada sobre los estratos verticales de las margas del Dogger.

4. Acabemos indicando el uso del tramo más blando y vertical de arcillas del Triásico superior (Keuper), para emplazar allí la arena y foso del anfiteatro, cerca de las murallas romanas. La cávea (grada) al norte, se asienta

en el Liásico carbonatado más consistente, mientras las dolomías tableadas del Muschelkalk, conforman parte de la gradería sur, lado playa. (Figura 8).

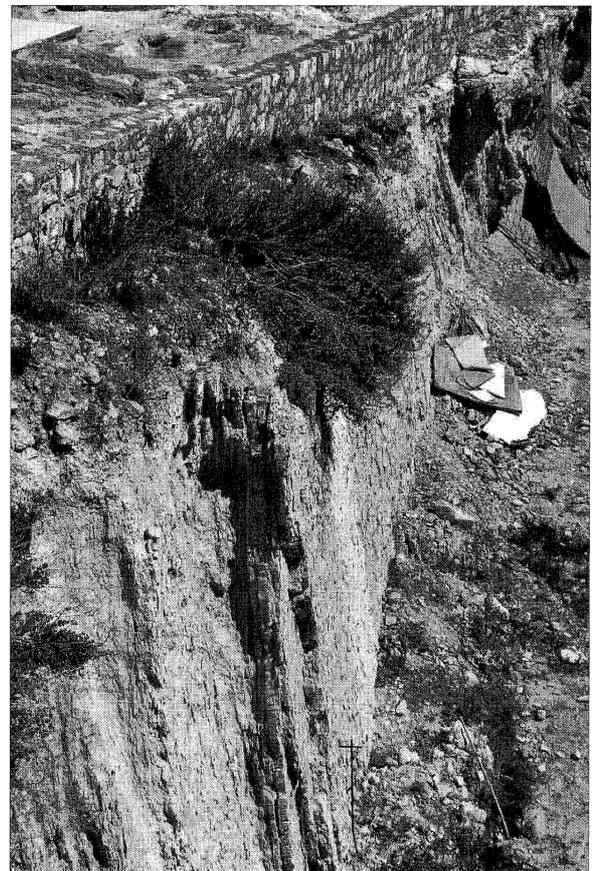


FIGURA 8: La estructura vertical de las dolomías del Triásico medio (*Muschelkalk*) donde respalda la grada litoral del anfiteatro romano.

5. Especial interés tiene el afloramiento de *Les Cent Escalles* (Figura 9), cerca del antiguo puerto romano. Donde aflora la base de la serie miocena discordante sobre las facies Garumn, con areniscas rojas en posición invertida. En este substrato detrítico fracturado, por las grietas a diaclasas abiertas se han introducido gravas y areniscas del Mioceno, que ahora forman un entramado de cuerpos tabulares con aspecto de diques clásticos,

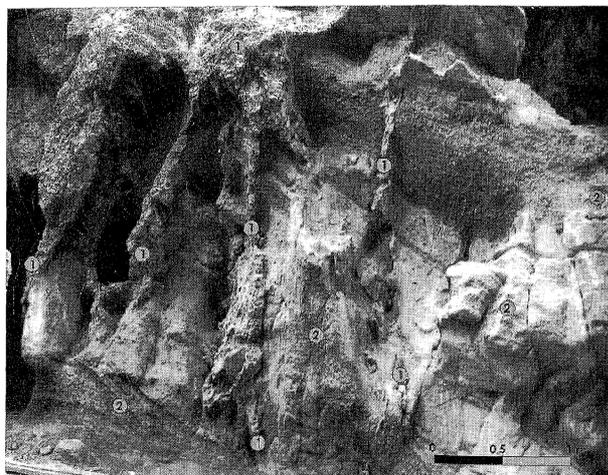


FIGURA 9. *Les Cent Escales*: El contacto del Mioceno basal rellenando grietas en el techo de garumniense (serie detrítica invertida): 1-Microconglomerados de base miocenos 2-Arenitas.

CONCLUSIONES

El conocimiento geológico del entorno de los yacimientos arqueológicos es importante para entender las razones de su ubicación, permanencia o abandono de las instalaciones antiguas, así como las funciones y usos de algunos elementos arqueológicos. Buenos ejemplos de estos aspectos se encuentran en los yacimientos arqueológicos del término de Tarragona.

BIBLIOGRAFÍA

- Álvarez Pérez, A., Carulla Gratacós, N., Ossó Morales, A., Albalat Vázquez, D. (2010): *Geolodia: Itinerari geològic per la ciutat de Tarragona. Patrimoni Geològic: Geologia i la Tarraco Romana*. Images.mbcraab.multiply.multiplicontent.com/
- Benzaquem, M., Núñez, A. y Martínez, W. (1973): *Mapa geològic de España Escala 1/50.00, Hoja 473 (Tarragona)*. IGME, Madrid.
- Carbonell, E., Márquez, B., Ollé, A., Rodríguez, X, P., Vallverdú, J., Vergés, J. M. y Zaragoza, J. (1992): *Els Vinyets. El Catllar. (Tarragonès): Els primers pobladors de la Catalunya meridional*. Ajuntament del Catllar. Laboratori d'Arqueologia de l'Univ. Rovira i Virgili, Tarragona, 53 p.
- Gutiérrez Moreno, A. (2009). *Roman Quarries in the Northeast of Hispania (Modern Catalonia)*. Tarragona: Institut Català d'Arqueologia Clàssica, (Documenta; 10) 214 p.
- Vallverdú, J., Saladié, P., Bensasar, Ll. Cabanes, D. Mancha, E., Menéndez, L. Blain, H., Ollé, A. Vilalta, J., Mosquera, M., Cáceres, I., Expósito, I., Esteban, M. Huguet, R., Rosas, A., Solé, A., López-Polián, L., Martinell, J., Gabo, A., Matínez, B., Agustí, J., Ros, S., Carbonell, E., y Capdevila, R. (2009): *El barranc de la Boella de la Canonja (Tarragonès). Revisitat en la intervenció arqueològica preventiva de l'any 2007*. Tribuna d'Arqueologia (2008-2009): 7-28.
- Álvarez Pérez, A., García Entero, V., Gutiérrez García-Moreno, A. y Roda de Llanza, I. (2009): *El marmor de Tarraco. Explotació, utilització i comercialització de la pedra de Santa Tecla en època romana /The quarrying, use and trade of Santa Tecla Stone in Roman Times*. Institut Català d'Arqueologia Clàssica Tarragona, 106 p.

Divulgación del patrimonio Natural y Paisajístico del Parque Nacional de Monfragüe a través de las nuevas tecnologías. Guía didáctica e itinerarios geoambientales interactivos.

Divulgation of Natural Heritage and Landscape of Monfragüe National Park, through new technologies. Didactic guide and interactive geoenvironmental itineraries.

R. Cruz¹, M. Gaité², J. L. Goy¹ y C. Zazo³

1. Dpto. de Geología, Universidad de Salamanca, Pza. de la Merced s/n, 37008 Salamanca. rcruz@usal.es, joselgoy@usal.es
2. IES Profesor Hernández Pacheco, Avda Rodríguez de Ledesma, 10001 Cáceres. mgaite@terra.es
3. Dpto. de Geología, Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid. mcncz65@mncn.csic.es

Resumen: El Parque Nacional de Monfragüe, localizado en el centrooeste peninsular, fue declarado Parque Natural en 1979, por su alta diversidad geológica, biológica y paisajística, reconocida posteriormente con su declaración como Reserva de la Biosfera (2003) y como Parque Nacional (2007). En este Espacio Natural muchas de las características relacionadas con los elementos biológico, geológico y paisajístico, permiten conocer e interpretar su rica Historia natural y social y son fuente de calidad de vida para sus habitantes y visitantes, formando por ello parte de su Patrimonio Natural y Cultural, que requiere conservación. En este trabajo se realiza el estudio del Patrimonio Natural y paisajístico, elaborándose una guía didáctica interactiva que incluye itinerarios geoambientales. Se pretende que sean instrumentos para la comprensión de su Patrimonio, de modo que el mejor conocimiento, promueva su conservación. Los materiales están diseñados en lenguaje HTML que permite su visualización en cualquier navegador de páginas Web y facilita su difusión a través de redes locales y también de Internet.

Palabras clave: Patrimonio Natural y Paisajístico, Guías didácticas interactivas, lenguaje HTML.

Abstract: *The Monfragüe National Park is located to the east of the central plateau, it was declared Natural Park in 1979 for its high geological, biological and landscape diversity, acknowledged later by the declaration as Biosphere Reserve (2003) and National Park (2007). In this nature space, many of the geological, biological and landscape-related features provide knowledge and interpretation of their natural and social history and are a source of quality of life for their inhabitants and visitors, thus forming part of the Natural and Cultural Patrimony, which require conservation. This work carries out the natural and landscape heritage study and compiles interactive and didactic guides, including geo-environmental itineraries. The intention of these guides is to be a useful instrument for the understanding of the heritage, and through that to promote its conservation. The guides are elaborated in HTML language which allows their visualization in any webspace and makes easier their distribution in local networks or the Internet.*

Key words: *Natural and landscape heritage, interactive and didactic guides, HTML language.*

INTRODUCCIÓN

El Parque Nacional de Monfragüe pertenece a la zona Centroibérica del Macizo Ibérico (Unidad Geológica del Oeste peninsular) y dentro de ella queda ubicado en el Dominio de los Pliegues verticales (Díez Balda et al, 1990), siendo un sector reactivado durante la orogenia alpina (Fig. 1). El actual relieve, se configura como sinclinal en el Devónico-Carbonífero y como relieve en bloques con fisonomía apalachiana en el Plio-Cuaternario.

Durante todo el cuaternario se instalaron en él los sistemas morfogénéticos periglacial, fluvial y también el sistema gravitacional, que con sus acciones han dado origen a un conjunto de formas y depósitos singulares, representativos de esos momentos. En el Holoceno, tras

el último episodio frío en el Tardiglacial, se alcanzan definitivamente las condiciones de clima mediterráneo.

En la actualidad el clima mediterráneo, condiciona el desarrollo del sistema hídrico del que dependen buena parte de sus valores naturales y paisajísticos. El hombre se instaló en tiempos prehistóricos y, salvo en etapas concretas en las que su actuación produjo ciertas degradaciones, ha vivido en armonía con el entorno.

Su rica geodiversidad, biodiversidad y la calidad de sus paisajes, aportan datos que permiten comprender la evolución de la Península Ibérica dentro del contexto global del planeta y el significado de los procesos pasados, actuales y futuros en esta región; también aporta importantes beneficios socioeconómicos de distinta índole (pesca, ganadería, uso recreativo, disfrute

natural,...). De este modo los sectores más representativos y singulares dan lugar a un Patrimonio Natural y Cultural muy relevante.

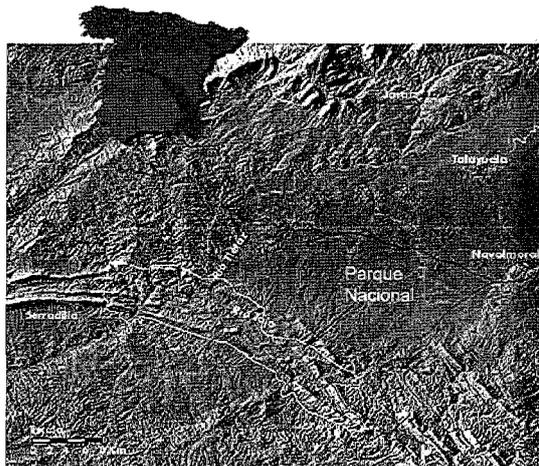


FIGURA 1. Localización área de estudio

La región ha sido declarada, Espacio Natural Protegido (ENP), con las figuras de Parque Natural por la Comunidades Autónomas de Extremadura, Reserva de la Biosfera por la UNESCO, Parque Nacional por el gobierno de la Nación y Espacio Natura 2000 (ZEPA, LIC) por la Comunidad Europea, lo que le otorga un régimen jurídico de protección. Sin embargo, la fragilidad de algunos elementos geológicos y ecosistemas, puede llevar al deterioro de ese legado; siendo necesario un mejor conocimiento acerca de su importancia y significado, como garantía de conservación.

En este trabajo, se elabora como herramienta didáctica y de difusión, una Guía Didáctica interactiva con itinerarios geoambientales a través de Puntos de Interés Geológico (PIG), Biológico (PIB) y Paisajístico (PIP) que facilitan la comprensión de sus características esenciales y potencian su divulgación.

CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL PARQUE DE MONFRAGÜE

El Parque de Monfragüe constituye un sector de interés peninsular y regional, que aporta datos de relevancia para conocer la evolución del Macizo Ibérico durante el Precámbrico final-Paleozoico, Mesozoico, Cenozoico y también su propia evolución climática y biológica durante el Cuaternario. Contiene elementos naturales, que son testimonio de su Historia geológica (ejemplos representativos de eventos y acontecimientos relacionados con la historia geológica peninsular), biológica (numerosas especies, algunas en peligro de extinción y muchas amenazadas), climática (abundantes endemismos representativos de condiciones climáticas pasadas), antrópica (manifestaciones testimoniales de una cultura milenaria en la que el hombre mantuvo relación armónica con su entorno), y paisajística

(paisajes como testigos de la relación del hombre y su entorno a lo largo de la historia).

Este ENP, alberga una sucesión estratigráfica del período Ordovícico-Silúrico dispuesta sobre una serie precámbrica, y recubierta en parte por materiales cuaternarios, en donde se registran numerosos eventos y acontecimientos geológico y biológicos propios de diferentes ambientes tectónicos y climáticos.

La serie paleozoica es propia de una plataforma marina situada en el margen continental de Gondwana, que sufre oscilaciones energéticas a lo largo del tiempo, condicionando la existencia de ambientes someros de mayor y menor profundidad, que dan lugar a estructuras estratigráficas y paleontológicas representativas de los mismos. Afectada durante el Devónico-Carbonífero por la orogenia varisca, que supuso el acortamiento y deformación de esos sedimentos, se formó un sinclinal con flanco sur invertido, al tiempo que intruyen materiales ígneos como sill diabásico y diques de cuarzo.

El relieve formado durante esa etapa desaparecería a lo largo del mesozoico, en relación con una intensa alteración, diferencial, en función de la resistencia de los materiales, siendo posteriormente reactivado, durante la convergencia de las placas africana y euroasiática, en el Paleoceno-Eoceno.

La reactivación, junto a los procesos erosivos y neotectónicos del Cuaternario, condicionan el reconocimiento de la estructura original de la región en los niveles alineados de cuarcita, que delimitan el sinclinal alargado de Cañaveral (Fig. 2).

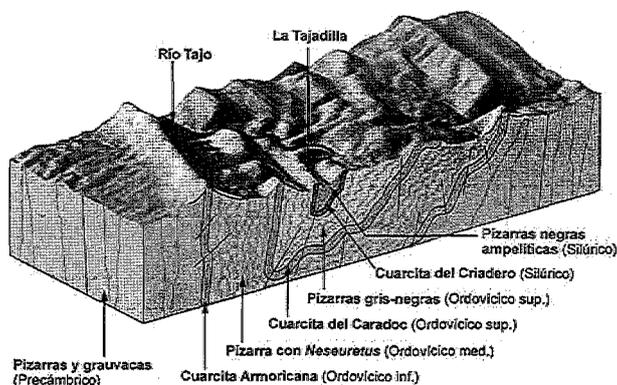


FIGURA 2. Relieve del Parque Nacional de Monfragüe. Fisonomía apalachiana, relacionada con el Sinclinal paleozoico.

El relieve actual queda así constituido por un conjunto de sierras y valles alargados con dirección predominante NW-SE que sobresalen unos 200-250 m sobre los relieves aplanados circundantes, configurando un buen ejemplo de modelado apalachiano.

Ese relieve está recorrido por los ríos Tajo y Tiétar, instalados preferentemente en las capas pizarrosas más fácilmente erosionables, que atraviesan las barras cuarcíticas aprovechando zonas de debilidad y/o de

menor cota excavando en ellas profundas gargantas, (Portilla del Tiétar, del Corzo, Salto del Gitano,...). En la actualidad las aguas de ambos ríos se encuentran represadas por presas construidas en sus respectivos cauces durante la década de los años 60, con fines fundamentalmente energéticos. El represamiento ha generado un ecosistema acuático de gran singularidad y fragilidad.

El clima mediterráneo del Parque con sus veranos secos e inviernos templados junto a sus suelos pobres ha condicionado el desarrollo de adaptaciones vegetales encaminadas al control de las economías hídricas y de nutrientes, representadas en el bosque planoesclerófilo mediterráneo. La actuación del hombre ha modificado su disposición, de modo que sólo en los sectores de mayor pendiente que bordean las sierras cuarcíticas persisten buenos ejemplos del bosque natural. En el resto aparece como espacios adehesados entre los que se intercalan bandas de matorral mediterráneo y pastizales.

La frondosidad de sus bosques y las inaccesibles crestas cuarcíticas resultan hábitats idóneos para las poblaciones animales, que han permitido la evolución a ecosistemas muy maduros. Destacan especialmente las poblaciones de mamíferos (lince, gato montés, zorros, jabalíes, meloncillos, jinetas, ciervos, ...) y de aves (águila imperial, real, buitres negro y leonado, alimoche, azor, cigüeña negra, abejarucos, carboneros, rabilargos, garza real, etc.), que junto a la variedad de comunidades vegetales, con notables endemismos, confieren al Parque una gran biodiversidad.

Por otra parte este espacio es rico en manifestaciones antrópicas dejadas por el hombre desde tiempos prehistóricos, como lo manifiestan las pinturas rupestres en la sierra de Monfragüe, restos de una calzada romana, castillo-fortaleza hispano-musulmán, Puente del Cardenal y vastas extensiones de dehesa salpicadas por cortijos que bordean al parque.

De la interacción del conjunto de aspectos referidos se han constituido paisajes identificativos de este Espacio Natural, con gran belleza, dinamismo y singularidad, siendo especialmente representativos los paisajes adehesados, fluviales, lacustres, de sierras cuarcíticas y también los panorámicos, que permiten visualizar dilatados territorios desde las cimas de las crestas cuarcíticas.

GUIA DIDÁCTICA INTERACTIVA:

ELABORACION

En este trabajo se realiza el estudio del Patrimonio natural y paisajístico, de cara a facilitar su conocimiento y comprensión, elaborando una Guía didáctica interactiva. Los materiales se diseñan con un sistema de navegación claro e intuitivo, en lenguaje HTML con implementación de tecnologías JavaScript, HTML

dinámico, archivos shockwave y fotografías VR para otorgarles mayor interactividad, permitiendo su visualización en cualquier navegador de páginas web, y facilitando su difusión a través de redes locales e Internet.

Se parte del inventario de PIG y cartografía geológica realizado por P Gumiel et al, 00, cartografías de la serie Magna, elaboradas por el IGME (hojas 625,651 y 652) y del conocimiento obtenido tras análisis y elaboración de una serie de cartografías ambientales y paisajísticas que nos han permitido conocer y comprender la importancia de los principales fenómenos de la región, las peculiaridades existentes en los distintos sectores y la calidad y singularidad de sus paisajes. En relación a ello se elabora un Inventario con los PIG, PIB y PIP, que presentan características especiales, por su rareza, representatividad geológica, paleoclimática y/o biológica de la región, manifestación cultural o belleza, y que por tanto forman parte del Patrimonio Natural y Cultural de este ENP.

A partir de él se ha elaborado una guía didáctica interactiva, con carácter multimedia, que incluye una visita virtual por los paisajes-tipo más singulares y por diferentes puntos de interés científico-didáctico; la guía pretende ser un instrumento útil para la comprensión de este Patrimonio Natural.

Se centra en la interactividad y organización de los contenidos, y en el uso de un lenguaje claro y sencillo, centrado en lo esencial de los parámetros naturales. Se apoya en un glosario interactivo, en la articulación del texto con abundantes recursos multimedia (cartografías, bloques 3D, fotografías interpretadas, panorámicas interactivas y sonidos) ideados y concebidos como parte integral del mensaje, en numerosas actividades autocorregibles, diseñadas siguiendo un plan cuyo desarrollo conduce al desarrollo de conocimiento y competencias clave (Fig. 3)

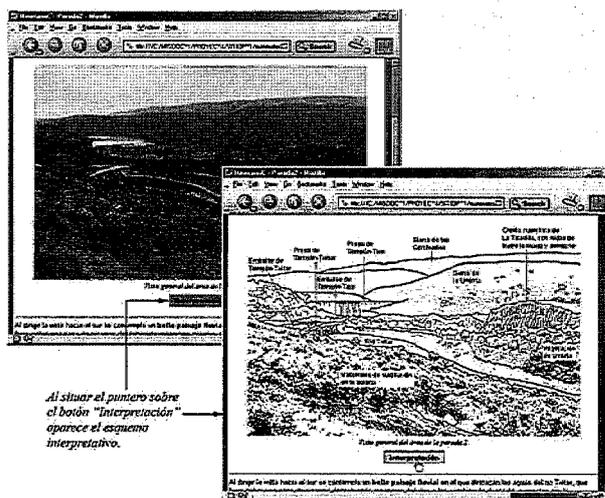


FIGURA 3. Captura de pantalla que muestra el funcionamiento interactivo de la interpretación de fotografías (La Tajadilla).

Destacan especialmente los recorridos virtuales a través de panorámicas interactivas que permiten

explorar los paisajes-tipo de mayor calidad y de *itinerarios interactivos* por los PIG de mayor interés didáctico, de modo que, en su conjunto, proporcionan una visión global e integrada de ese Espacio Natural, potenciando su entendimiento.

Se incluyen siete panorámicas interactivas que permiten la visita virtual a puntos elegidos previamente. Cada una de ellas incorpora un mapa topográfico con un visor que ayuda a situar y comprender el entorno, la dirección del área visualizada en cada momento e inician en el reconocimiento de formas del relieve (Fig. 4). Los puntos elegidos barren toda el área de uso público del espacio natural, permitiendo el reconocimiento de su riqueza paisajística. La visualización particular de cada panorámica aporta una buena aproximación a los diferentes paisajes (dehesas, sierras cuarcíticas, ambientes de ríos y arroyos, embalses, etc.).

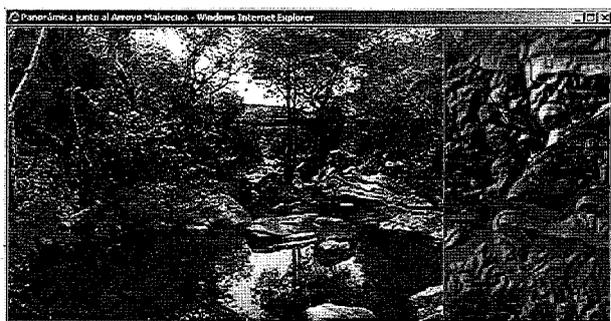


FIGURA 4. Panorámica interactiva en el Arroyo Malvecino

Los Itinerarios se realizan por diferentes sectores del Parque, y en su conjunto aportan una visión completa de la riqueza natural que encierra este espacio. Las paradas se establecen en PIG/PIB/PIP y el conjunto proporciona una visión global de la gran riqueza natural y paisajística de este Espacio Natural Protegido (Fig. 5).

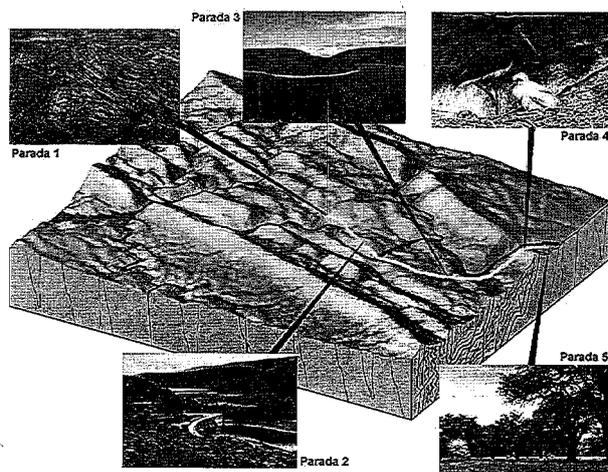


FIGURA 5. Itinerario de La Portilla del Tiétar, con cinco paradas en lugares con diferentes PIG, PIB y PIP.

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En este trabajo se ha conseguido una información objetiva del patrimonio natural y paisajístico, para su uso como herramienta de cara a la conservación y divulgación:

- Se ha obtenido un inventario de PIG, PIB, PIP, clasificado y valorado, con los aspectos más significativos de la región; aporta información destacada sobre geología, morfología, procesos, paleoambientes, paisajes, flora y fauna ocurridos desde el paleozoico.
- Se elabora una guía didáctica con el análisis de los parámetros geológicos, geomorfológicos, biológicos y paisajísticos, centrada en los contextos, eventos y acontecimientos clave de la Historia regional y en los atributos perceptivos, cualidades visuales y valor de los diferentes paisajes.
- Se diseñan y elaboran tres itinerarios geoambientales a través de PIG, PIB y PIP, para su empleo en docencia y divulgación.
- Los materiales elaborados, son instrumentos útiles que promueven el autoaprendizaje, favoreciendo el conocimiento y valoración de la riqueza patrimonial del Parque; resultan útiles de cara a la enseñanza del Patrimonio Natural y paisajístico en ENP.
- Su riqueza patrimonial complementa el patrimonio de Las Villuercas, sector adyacente a este ENP, propuesto como Geoparque, haciendo posible que el Patrimonio geológico y paisajístico de ambos espacios, pueda contribuir de manera activa al desarrollo económico sostenible de la región.

AGRADECIMIENTOS

Proyectos SA041A08 (JCyL) y CGL 2008-03998 y 04000/BTE y Ayudas a la Elaboración de Materiales Curriculares Interactivos de la Junta de Extremadura.

REFERENCIAS

- Cruz, R.; Gaité, M.; Goy, J.L.; Zazo, C. (2002). *Espacio Natural de la Sierra de Gredos. Itinerarios Geoambientales Interactivos*. CD (Editores J.L. Goy; J.M. Sánchez). Pub. Univ. Alcalá.
- Cruz, R. (2006). *Análisis Geológico-Ambiental del Espacio Natural de Gredos. Cartografías del paisaje e itinerarios geoambientales. Tratamiento y representación mediante SIG*. Tesis Doctoral. U. Salamanca.
- Cruz Ramos, R.; Gaité Cuesta, M.; Goy y Goy, J.L.; Zazo Cardeña, C. (2010). Importancia del Patrimonio natural y paisajístico en los Espacios Naturales del Sur de Salamanca y Norte de Cáceres. Puesta en valor mediante itinerarios geoambientales interactivos. En: *Una visión multidisciplinar del patrimonio geológico y minero. Cuadernos del Museo Geominero*, nº 12. 373- 387.
- Denis Zambrana, J. (1999). *Tecnologías de la información en la educación*. Anaya. Madrid.
- Díez Balda, M.A.; Vegas, R.; Gonzalez Lodeiro, F (1990). Central-Iberian Zone Autochthonous sequences. Structure. En: *Pre-Mesozoic Geology of Iberia*, Springer-Verlag, Berlin, 172-188.
- Gumiel P.; Campos, R.; Segura, M.; Monteserín, M... (2000): *Guía geológica del Parque Natural de Monfragüe*. Junta de Extremadura. Consejería de Obras Públicas y Medio Ambiente, pp.93, Mérida.
- Kentie, P. (2002). *Técnicas y herramientas de diseño Web*. Pearson Educación. Madrid.

Using Geotopes as a powerful educational tool for Earth sciences: Some relevant cases in Greece and Spain

La utilización de Geotopos como una herramienta didáctica interesante en Ciencias de la Tierra: algunos casos relevantes en España y en Grecia

G. Fermeli¹ and G. Meléndez²

1 Dpt. Historical Geology and Palaeontology. National and Kapodistrian University of Athens, Panepistimiopolis 157 84 Athens, Greece. gfermeli@geol.uoa.gr

2 Dpto. Geología (Paleontología), Universidad de Zaragoza, c./ Pedro Cerbuna 12, 5009 Zaragoza, Spain. gmelende@unizar.es

Abstract: Geotopes are local, small places, characterized by their special geological features, which make them particularly relevant for their use as educational instruments at different levels. Their definition and systematization have become crucial activities in Geodidactics. Geotopes should display some features to clearly evidence a particular geological problem, be it stratigraphical, palaeontological, petrological, mineralogical or geomorphological. On the other hand, geotopes may be a part of, or partly coincide with, a higher geological feature, e.g. an exomuseum or a geopark, but a geotope is a separate geological heritage feature, holding a different category and status. Geotopes are often selected and set in urban environments (e.g. building stones in some relevant buildings; rock formations cropping out in parks, etc.) where they play an important role in school pupils to show the links between nature and geology, and human activities.

Key words: Geodidactics, geological heritage, geotopes, urban monuments, rural environment.

Resumen: Por Geotopos se entiende los puntos o lugares de carácter local y dimensiones reducidas con una serie de caracteres que los hacen especialmente interesantes para su utilización como herramientas didácticas. Su definición y clasificación han resultado ser fundamentales en Didáctica de la Geología. Los geotopos deben presentar ciertos rasgos que permitan la interpretación sencilla de un determinado problema geológico, estratigráfico, paleontológico, geomorfológico, etc. Los geotopos pueden formar parte de, o coincidir con, otros rasgos geológicos de mayor orden, (exomuseo, monumento natural, parque geológico) pero un geotopo es elemento con diferente categoría dentro del patrimonio geológico. Con frecuencia, los geotopos se definen dentro de ambientes urbanos, como las losas o sillares de construcción en algunos edificios, o formaciones rocosas interesantes en los parques públicos, donde juegan un importante papel didáctico para mostrar las relaciones entre naturaleza, geología y actividad humana.

Palabras Clave: Didáctica de la Geología, patrimonio geológico, geotopos, monumentos urbanos, ambiente rural.

INTRODUCTION

Geotopes are distinct components of the landscape with an outstanding geological, geomorphological or palaeontological value. They are relics of, or give a good insight into the Earth's history, the evolution of life, climate or landscape (Stürm, 2005). We can distinguish several geotope categories according to their most prominent values and potential uses (Theodosiou et al., 2006):

- Scientific geotopes
- Educational geotopes
- Cultural geotopes
- Ecological geotopes
- Tourist geotopes
- Aesthetic geotopes

For the purposes of the present paper we will concentrate on educational geotopes and their value as powerful tools for Earth sciences.

EDUCATIONAL GEOTOPES

Geotopes are local, usually small places, characterized by their special geological features, which make them particularly relevant for their use as educational instruments at different levels (Stürm, 1994). As points with special educational value, their definition and systematization have become crucial in activities within the field of Geodidactics (Wiedenbien, 1994). As clear, relevant geological sites focused mainly on their educational potential, geotopes should display some relevant features to clearly evidence a particular geological problem, be it stratigraphical, palaeontological, petrological, mineralogical, tectonical or geomorphological. On the other hand, as relevant geological points, geotopes may be a part of, or partly

coincide with, a higher geological feature, e.g. an exomuseum, a geopark or a cultural park, but a geotope is a separate geological heritage feature, holding a different category and status.

In order to acquire a good understanding of Geology, pupils and students of present and future generations need to explore geotopes in situ, acquiring a first-hand experience. Geology is by definition a science needing a pure empirical approach for the perception of complex phenomena, which are remote in time and space. Even for relatively simple geological terms, it should be more effective to illustrate them, in the schoolyard or near the school if possible, instead of trying to describe them with words, drawings, materials, etc. (Fig. 1). Therefore, numerous geological sites suitable for educational use are needed.

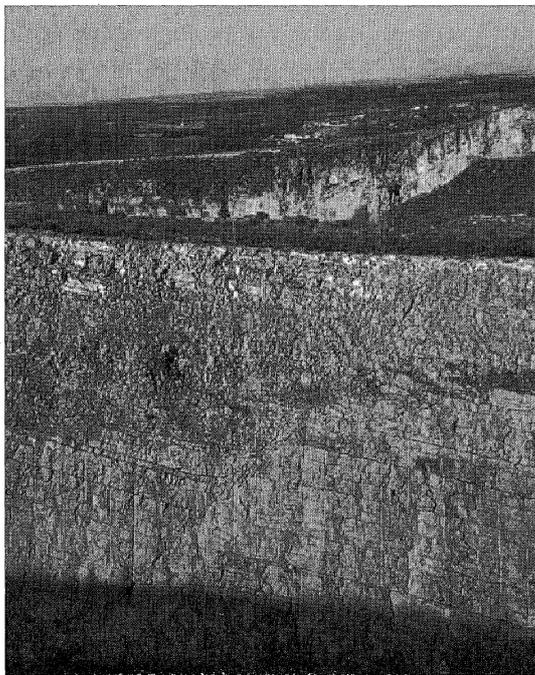


FIGURE 1. Distensive faults in Lower Jurassic limestones. Alto de la Perdiz: La Almunia de Doña Godina-Morata (Zaragoza).

That means that we do not need to select the most "spectacular" points but those displaying special features to serve as evidence for a particular geological problem (Fig. 2) and/or are also suitable to provide an interdisciplinary approach for a holistic understanding of the environment (Fig. 3, 4). The final aim of geotopes is making the fascinating geological history of our planet accessible for every student. Necessary steps for bringing geotopes into school are the trained teachers who are the "Key holders" to teach the students how to recognise, preserve and enjoy geotopes. Otherwise, instead of a proper geotope selection, we will only produce a list of geologically relevant sites. Educational geotopes could be the "vehicle" to fill the gap between geology as a general discipline, and the society as a whole.



FIGURE 2. Unconformity of Pleistocene Glacis deposits on Miocene Lacustrine units, La Almunia de Doña Godina (Zaragoza).

Educational geotopes should cover a variety of geological subjects and procedures. They may be located in three main different environments: urban, suburban, or rural.

SELECTION CRITERIA

According to Theodosiou et al., (2006) the most important criteria for the selection of geotopes with pedagogical potential are:

- **Clarity:** The geotopes must show some prominent and clear features, to be easily explained and understandable.
 - **Diversity** of geological features, in order to make it more didactical and attractive.
 - **Visibility**, in order to have full view of the site even from the distance.
 - **Accessibility:** Easy access to students and visitors.
 - **Naturalness** of the site.
 - **Compliance** with health and safety regulations
 - Location within a **short distance** from schools.
 - Supplementary **Educational material** including references and bibliography.
- The last criterion is an especially important feature of educational geotopes. It leads to the need to create a network of **urban geotopes**. Other important, supplementary selection criteria are:
- **Rarity** of geotopes or **danger** of destruction.
 - Being **part** of a wider area of nature conservation.
 - Potential for outdoor **educational activities** and proper educational material to be developed is also very positive for the selection of geotopes

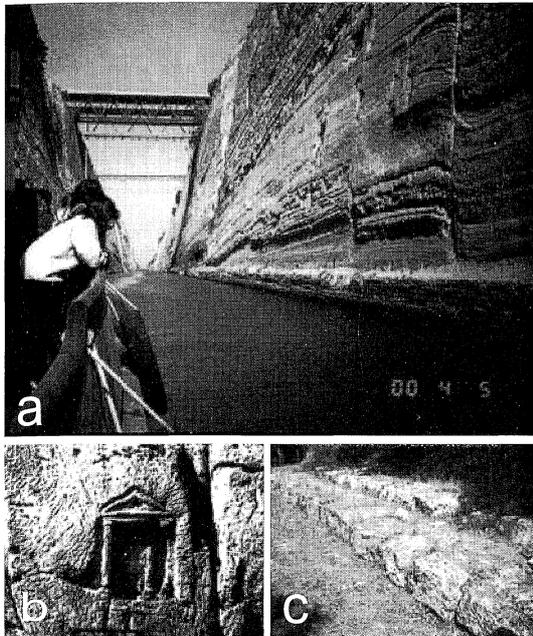


FIGURE 3. Normal, distensive Faults in Corinth's Canal, Peloponnesus-Greece, b) Sculptured relief on the wall of the Canal dedicated to Neron, who was the first who attempted (without succession) the opening of the Canal, c) A part of the ancient Diolcos (stone road, constructed by Periander) on which wheeled platforms carried the ships from Corinthian to Saronic gulf before the construction of Corinth's Canal.

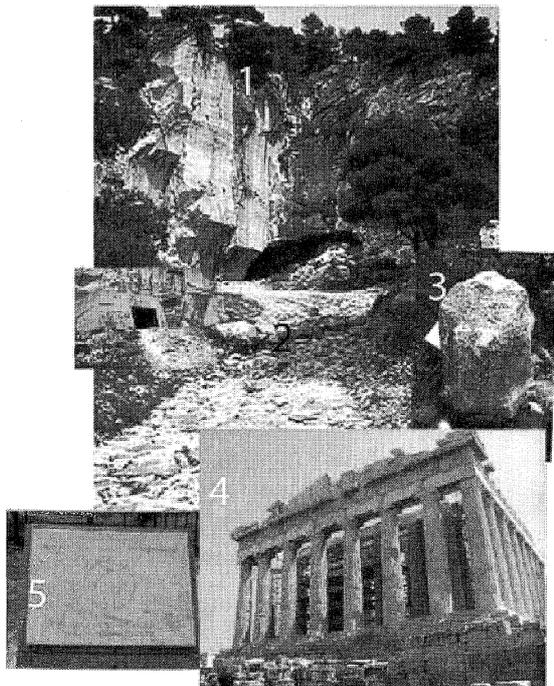


FIGURE 4. The "Ancient cave's quarry" in Penteli mountain near Athens (from which the marble for Parthenon was extracted) constitutes a unique geological-geomorphological, natural and historical complex. The educational geotope includes the ancient quarry and all the findings in this quarry as well as the "ancient marble road" still existing at the entry of the ancient quarry. (1. Ancient cave's quarry, 2. Ancient marble road, 3. Half-finished sculptures, 4. The Parthenon, 5. Unesco-World heritage list).

Social awareness for geoconservation and the growing concern on geological heritage in urban

environments have drawn a new perception of nature. They also play an important role in school pupils to show the links between nature and geology on one side, and human activities on the other side. A significant argument for this idea is the awareness of the rarity of natural environment in urban areas, as if it was a contradiction for them to co-exist (Theodosiou-Drandaki et al., 2004).

URBAN GEOTOPES

According to Fermeli & Diacantoni-Marcopoulou, (2004), geotopes defined in urban environments are grouped in three main categories that can coexist in a city, either independently or as a combination of two.

In type 1, impressive or simply obvious natural geological features constitute the main attraction (e.g. rock formations, a stratigraphic sequence forming the base of buildings, as in the village of Albarracín, Spain) (Fig. 5). In type 2, the appearance of geological natural features is very limited, but it exists anyway, as in the case of the archaeological site of Kerameikos in Athens (Fig. 6). In these two types of features, we are looking for "typical geological natural resources in the urban environment geotopes" and there is the opportunity to promote and indicate their relation with historical, social and cultural development of the city.

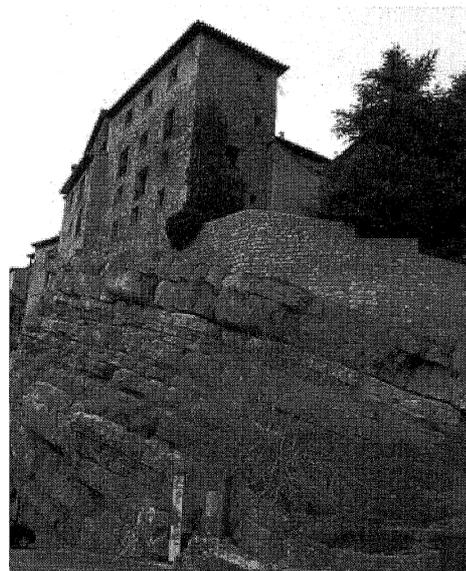


FIGURE 5. Typical houses built on, and following the bedding plane, in the Lower Jurassic sequence of the picturesque village of Albarracín (Teruel, Spain).

In geotopes of type 3, no original geological feature or resource of the geotope is generally at sight. To this category belong usually the centres of big cities where the probability to find typical geotopes is minimal. To promote the idea of geological heritage in such areas we should "create" a geological resource meaning a "non-typical geotope". This feature is usually created on buildings, statues, monuments, even cemeteries, streets mainly pedestrian zones, pavements and other

constructions emanating from geological natural resources.



FIGURE 6. Archaeological site of Kerameikos, Athens.

From an educational point of view, these “non typical geotopes” are a challenge to discover the local geological history and the geographical and geological origin of building materials and rocks. As a “non typical geotope” in Athens it is proposed the recent discovery of Iridanos River in the Underground Station Monastiraki (Fig. 7) and the white marble from the quarries of Penteli mountains wherefrom the building stone of most temples of the Akropolis was extracted. In Zaragoza, Spain, the classical Middle Jurassic black micritic limestone from the near village of Calatorao are used as building stone in many buildings of the city. Similarly, in many villages of central Pyrenees, the Eocene Flysch sandstone beds showing characteristic turbidite features such as flute casts, tool marks or trace fossils are used as tiles for the roofs of houses and churches, and as building and pavement stones.

CONCLUSIONS

Geotopes are powerful and efficient tools to teach Geology and make students environmentally concerned, as well as an indispensable natural laboratory for higher and Lifelong Education. As educationally focused geological features, geotopes are often selected and set in urban environments (e.g. building stones in some relevant buildings; rock formations cropping out in parks, etc.) where they play an important role in school pupils to show the links between nature and geology, and human activities and generally increase the awareness for geoconservation.

Geotopes should cover a variety of geological subjects and procedures and be in different environments (urban, suburban, rural). In order to succeed in their educational aims, they need to be supported by: a) properly trained teachers and willing to work on this topic either within the school timetable or through environmental education projects, b) educational modules with activities concerning the local

geoenvironment and c) local authorities that will embrace all this effort.

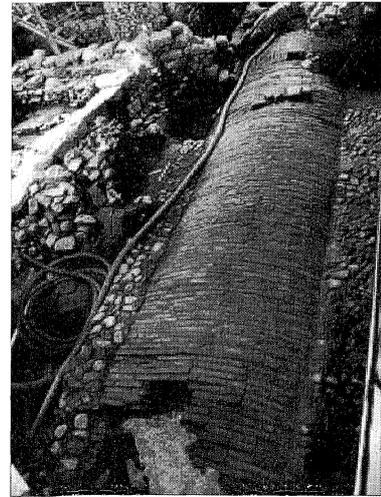


FIGURE 7. Iridanos river in Metro Station Monastiraki (Athens).

ACKNOWLEDGMENTS

ERASMUS Program between Athens (National Kapodistrian University) and Zaragoza. Research projects: CGL2008-01273 /BTE-MICIIN (Univ. Complutense Foundation, Madrid) and “*Patrimonio y Museo Paleontológico*” (DGA, Aragón) Spain.

REFERENCES

- Fermeli, G. and Diacantoni-Marcopoulou, A. (2004): Selecting pedagogical geotopes in urban environment. *Proceedings of the 10th International Congress, Thessaloniki, April 2004. Bulletin of the Geological Society of Greece*. XXXVI: 649-658.
- Stürm, B. (1994). The geotope concept: geological nature conservation by town and country planning. In: *Geological and Landscape Conservation. Geological Society, London* (D. O'Halloran, C. Green, M. Harley, M. Stanley and J. Knill, eds.): 27-31.
- Stürm, B. (2005): Geoconservation in Switzerland – General situation 2005. – GEOforumCH of the Swiss Academy of Sciences, Working Group Geotope: 7 p.
- Theodosiou, I., Fermeli, G. & Koutsouveli, A. (2006).: *Our geological heritage*. Kaleidoskopio-Athens: 104 p.
- Theodosiou-Drandaki I., Fermeli G. and Koutsouveli A. (2004). Teaching/learning instruments for the past, in the present – educational needs and geotopes inventory. In: *Proc 5th Int Symposium Eastern Mediterranean Geology Thessaloniki, Greece* (A.A. Chatzipetros and S.B. Pavlides, eds): 430-433.
- Wiedenbien, F.W. (1994): Origin and use of the term ‘Geotope’ in German-speaking countries. In: *Geological and Landscape Conservation*. (D. O'Halloran, C. Green, M. Harley, M. Stanley and J. Knill, eds.) Geological Society, London, 117-120.

Un punto singular de interés patrimonial en la Cuenca del Ebro: El Pas de l'Ase (Ascó-Vinebre-García, comarca de la Ribera d'Ebre, Tarragona)

The "Pas de l'Ase" site (Ascó-Vinebre-García, province of Tarragona): A singular point with special geological, archaeological and cultural heritage value in the Ebro Basin, (NE Spain).

M. Genera Monells^{1,2} y A. Pocoví Juan^{2,3}

- 1 Dep. de Cultura i Mitjans de Comunicació, Generalitat de Catalunya, c/ Portaferriassa 1, 08002 Barcelona. mgenera@gencat.cat
- 2 Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM).
- 3 Dpto. Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza. c/ Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza. apocovi@unizar.es

Resumen: Se presenta una visión multidisciplinar de un espacio patrimonial singular, situado en el contacto de la cuenca del Ebro con las Cadenas Costeras Catalanas. Sus condiciones altamente geoestratégicas sobre la vía fluvial, fueron aprovechadas para la instalación de distintos asentamientos humanos desde la prehistoria, constituyendo un límite territorial, al menos en época ibérica, rasgo, que posteriormente, se podría haber mantenido, al definir también el área de influencia de la ciudad romana de *Dertosa*. Este trabajo de centra en el estudio de los aspectos geológicos además de los de carácter histórico-arqueológico, poniendo especial énfasis en todos aquellos puntos que justifican su protección no sólo como patrimonio natural y paisajístico, sino también cultural.

Palabras clave: espacio patrimonial/ geoestrategia/ arqueología / límite territorial / discordancia progresiva.

Abstract: A multidisciplinary study has been carried out on a particular site at the boundary between the Ebro Basin and the Catalan Coastal Range. Due to its high geo-strategical value it was the place of different human settlements since prehistoric times, being an important frontier land during Iberian Epoch. During Roman Epoch this role persisted, drawing the land border under the influence of the roman town of *Dertosa*. This work focuses on both geological and historical-archaeological aspects of the site, to show those particular points needing special protection not only by the landscape and natural heritage values but also by the cultural aspects.

Key words: land heritage / geo-strategy / archaeology / land borders / syntectonic unconformity.

INTRODUCCIÓN

En los 85.362 Km² de la Cuenca del Ebro, no hay otro paraje que tenga un interés patrimonial tan destacado y apreciable desde tantos ángulos como el entorno del "Pas de l'Ase". En esencia se trata del lugar en el que el Río Ebro abandona la cuenca terciaria y se abre camino a través de las Cadenas Costeras Catalanas antes de llegar a la costa del Mediterráneo (Fig. 1). Este trabajo se centra en los aspectos geológicos y en los de

carácter histórico-arqueológico, poniendo especial énfasis en los que justifican su singularidad.

Por este carácter relevante es conveniente la sensibilización de la población y de los gestores, la adopción de medidas de protección y la catalogación como bien de interés cultural (bien cultural de interés nacional, según la Ley 9/93 del Patrimonio Cultural Catalán) dado que su importancia estratégica le somete a fuerte presión antrópica. Esta presión es inherente la condición de paso obligado para salvar una franja de relieve accidentado que tienen las riberas. Por ello aquí se concentran obras de distinta índole: el ferrocarril (orilla derecha), la carretera C-12, embarcaderos y sus accesos, captaciones de agua, líneas de alta tensión y sus pistas de servicio y cantería de áridos (principalmente en su orilla izquierda).

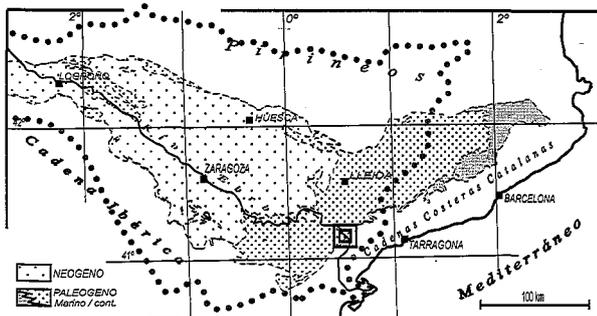


FIGURA 1. Situación de la Cuenca del Ebro en el NE de la Península Ibérica. La leyenda se refiere al relleno sedimentario de la cuenca. La línea de puntos representa el contorno de la cuenca hidrográfica. El recuadro indica la localización del área estudiada que se amplía en la figura 3.

MARCO GEOLÓGICO

Entre las poblaciones de Ascó y García (provincia de Tarragona) el río abandona los depósitos terciarios que constituyen la Cuenca del Ebro, entendida como unidad geológica (la cuenca hidrográfica se extiende por parte de las cadenas circundantes, como se ha visto en la

figura 1) y se introduce en el mesozoico plegado de las Cadenas Costero-Catalanas (Fig. 2). El entorno del punto de coordenadas 41° 11' 23''N; 0°36' 25''E, en el que se unen los términos municipales de Ascó, Vinebre y García (comarca de la Ribera d'Ebre, Tarragona) es el llamado *Pas de l'Ase*.

Desde el punto de vista geomorfológico, resalta el contraste entre la amplitud del valle, con extensas terrazas, mientras el cauce del Ebro discurre entre las lomas modeladas en las arcillas y areniscas terciarias, y el encajamiento del mismo en cuanto corta los conglomerados marginales y, sobre todo, las calizas mesozoicas (Fig. 2), formando una espléndida "cluse" al cortar las calizas del Lías en el anticlinal de la Sierra del Tormo. El cauce sigue encajado, dejando a la vista un buen corte de la estructura plegada de la sierra, hasta que se expande de nuevo al llegar a la cubeta terciaria de Móra en las inmediaciones de García (Fig. 3).



FIGURA 2. El Pas de l'Ase en una foto aérea oblicua baja de mediados del siglo pasado. El Ebro abandona la cuenca terciaria y se encaja en las calizas mesozoicas plegadas de las Cadenas Costeras Catalanas. En primer término Vinebre. El centro de la foto apunta al SSE. Los nombres rotulados sobre la foto son yacimientos arqueológicos.

Esta situación actualmente observable es el resultado de la historia geológica del NE de Iberia a lo largo de prácticamente toda la Era Terciaria. Recordemos que desde el Eoceno, los emergentes relieves alpinos (Pirineos, C. Ibérica y C. Costeras Catalanas) confinaron y aislaron de los mares el espacio continental correspondiente a la Cuenca del Ebro y se instaló un régimen endorreico que permaneció hasta muy avanzados los tiempos neógenos, acumulando un considerable espesor de sedimentos (más de 5000 m en algunas zonas del margen N, centenares en el margen S). En el Mioceno, la tectónica distensiva dio origen al hundimiento del margen mediterráneo (Véase, p. ej., Hist. Nat. Països Catalans, v. 2), y a raíz de ello se renovó la red fluvial de la vertiente mediterránea. Cuando la cabecera de uno de los nuevos ríos que vertían al Mediterráneo consiguió atravesar por completo la estructura plegada de las C. Costeras Catalanas y empezó a evacuar materiales de la Cuenca

del Ebro, se inició la jerarquización de la nueva red del Ebro, quedando fijado el curso bajo a través de las estructuras de la cadena plegada. Este hecho es difícil de datar con precisión, pero se estima que ocurrió entre hace 8,5 y 12,5 Ma (García-Castellanos et al. 2003).

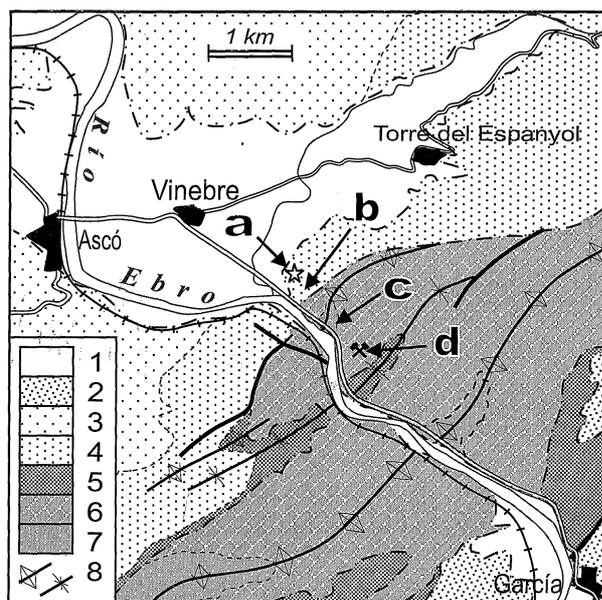


FIGURA 3. Mapa geológico esquemático del entorno del Pas de l'Ase basado en Orche y Colodrón, 1977 y Orche et al. 1981. Leyenda: 1) Cuaternario indiferenciado, 2) Neógeno de la Cuenca de Móra, 3) Oligoceno: predominio de areniscas y limonitas, 4) Oligoceno: conglomerados, areniscas y arcillas, 5) Eoceno: arcillas rojas y areniscas. 6) Jurásico, 7) Triásico, 8) signos tectónicos: anticlinal, sinclinal. Puntos de interés: a) asentamiento de Sant Miquel, b) discordancia progresiva de Sant Miquel, c) cluse del anticlinal de Sierra del Tormo y d) cantera de áridos.

Para subrayar la singularidad del *Pas de l'Ase* y del curso bajo del Ebro podemos hacer alusión a una estimación de los productos de la erosión fluvial evacuados por este paso. Considerando la altura de los últimos depósitos endorreicos de la cuenca (Sierra de Alcubierre, La Muela, La Plana, etc. Véanse mapas topográficos del entorno de Zaragoza) y el encajamiento actual de la red, se apunta que más de 15 billones de metros cúbicos ($1,5 \times 10^{13} \text{ m}^3$) de sedimentos terciarios han sido arrastrados o disueltos y redepositados en el delta o dispersados por el mediterráneo. El Pas de l'Ase representa la vía de salida de todo este contingente.

ASPECTOS DE INTERÉS PATRIMONIAL

Entre los aspectos geológicos de interés patrimonial que consideramos más significativos del entorno del *Pas de l'Ase*, dejando aparte el ya mencionado aspecto de puerta de salida de un volumen ingente de sedimentos, son: La discordancia progresiva de Sant Miquel (Genera, 1979) y la *cluse* del anticlinal de la Sierra del Tormo (Orche y Colodrón, 1977).

La discordancia progresiva es perfectamente observable desde el área de descanso de la carretera C-12 (2km al SE de Vinebre. Fig. 3). En una panorámica

de unos 200 m se visualizan las capas de conglomerados terciarios que pasan de la posición invertida, como si formaran parte del flanco invertido del anticlinal de la Sierra del Tormo, hasta ponerse casi horizontales en la loma donde se asienta el poblado de San Miquel (Fig. 4). Este abanico de capas es un magnífico ejemplo de relaciones tectónica-sedimentación y representa la datación relativa de la actividad tectónica del margen de la Cuenca del Ebro en relación con el depósito de estas capas de conglomerados que representan el extremo occidental del sistema aluvial del Montsant (p. ej. Cabrera 1983, citado en Pardo et al. 2004), que e encuentra inmediatamente al E de la zona representada en la figura 3.

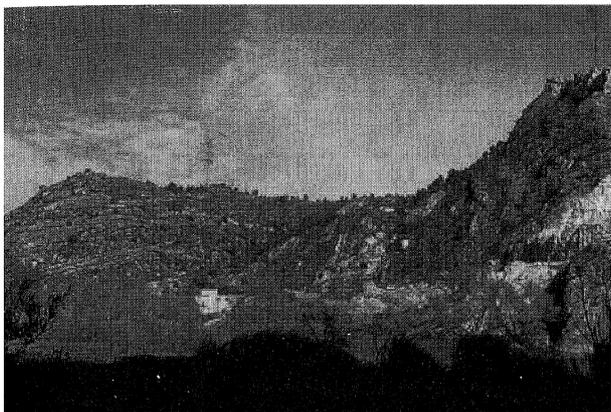


FIGURA 4. Discordancia progresiva de Sant Miquel: A la derecha (SE) las capas de conglomerados en contacto con las calizas del Lías están verticales e invertidas. Hacia la izquierda (NW, en la loma donde se asienta el recinto ibero-romano de Sant Miquel) pasan a estar casi horizontales.

La *cluse* de la Sierra del Tormo se observa también desde la carretera C-12, aunque desde la orilla derecha se tiene mejor panorámica. A lo largo de aproximadamente 1km siguiendo la carretera en dirección SSE desde el área de descanso que se ha mencionado antes, se corta primero el flanco invertido del anticlinal (calizas brechoides del Lías inferior y calizas dolomíticas del Trías superior), luego se pasa un tramo cubierto con indicios de materiales margosos también del trías (núcleo del anticlinal) y a continuación se entra de nuevo en las formaciones calcáreas del flanco SE, en posición normal. En el flanco NW (invertido), el impacto de las últimas modificaciones del trazado de la carretera queda muy patente y es buena muestra de la presión antrópica a que está sometido este paraje (Fig. 5).

Estos aspectos del medio natural han condicionado decisivamente la actividad humana desde la Antigüedad. Este sector del río es prácticamente la única vía de comunicación practicable a través del abrupto relieve de las Cadenas Costero-Catalanas, sea por navegación fluvial o por pasos ribereños. Esta propiedad le confiere un valor geoestratégico especialmente significativo y justifica la gran concentración de yacimientos arqueológicos (Fig. 2), varios de ellos con funciones de

control y vigilancia de dicho paso, que nos documentan la ocupación humana de dicha zona desde tiempos prehistóricos hasta la actualidad (Biarnés, 1973; Genera 1979, 1993 y 2008; Genera et al., 2007).

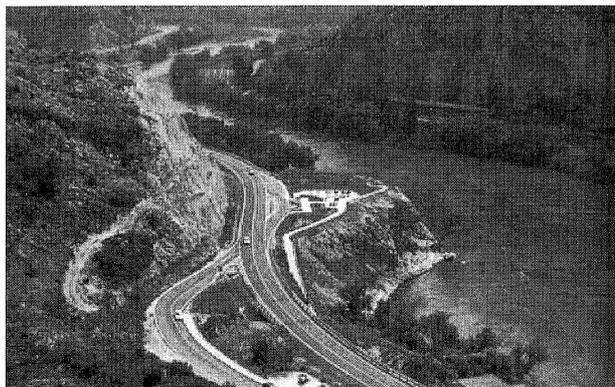


FIGURA 5. Desmonte de la última reforma de la carretera C-12 en el flanco NW del anticlinal de la Sierra del Tormo, inmediaciones de la Roca del Sol (Fig. 2).

Por los vestigios encontrados, hasta la fecha, podemos intuir que ya en época republicana (s. II-I aC), este paraje, habría sido controlado por los iberos y poco después por los romanos, concretamente por un pequeño destacamento militar, probablemente el mismo que gestionaría la explotación de la cuenca minera del Priorat (Genera 2009), cuyo emplazamiento situamos en el cerro de *Sant Miquel de Vinebre* (Figs. 2 y 6). Gracias al amplio dominio sobre el río, incluida una zona de embarcadero, (*el Racó d'Aixerí*), donde se encontraban unas instalaciones portuarias del s. V-IV aC., además de otros asentamientos de gran importancia, la *Roca del Sol* (García) o bien, *Els Mugrons*, y la *Roca de l'Ortiga*, ya en el término de Ascó. Es, por ello, fundamentalmente, que la investigación sistemática del paraje del *Pas de l'Ase*, resulta de gran interés. La morfología del terreno ha sido un factor determinante en la ocupación humana desde tiempos prehistóricos hasta la actualidad.



FIGURA 6. Vista aérea del yacimiento de Sant Miquel (primer término) y del Racó d'Aixerí (flecha), en el año 2002, antes de iniciar las obras del nuevo trazado de la carretera.

Desde este promontorio se habría ejercido también la vigilancia del tráfico de mercancías. Asimismo, del estudio de una estela funeraria del s. I-II dC (descubierta fortuitamente en el año 1988) extraemos más datos que nos corroboran dicha interpretación. Esta pieza de valor extraordinario, por su contenido epigráfico) se puede considerar como un testimonio que nos confirma la presencia de militares en este sector del Ebro, de fácil acceso, al mismo tiempo que constata los vínculos de la zona con el puerto marítimofluvial de *Dertosa* (en la actual Tortosa, unos 70 km aguas abajo), con el cual mantuvo relaciones comerciales a larga distancia.

CONCLUSIONES

La investigación sistemática del *Pas de l'Ase*, presenta un gran interés no solamente desde el punto de vista científico sino también patrimonial. Las características geológicas de dicho paraje, de por sí destacables por sus valores patrimoniales, han constituido un factor determinante en la ocupación humana desde tiempos prehistóricos hasta la actualidad.

Por tanto, el *Pas de l'Ase* debe considerarse, sin lugar a dudas, un espacio patrimonial que merece la máxima protección legal, a pesar de que durante las últimas décadas haya sufrido afecciones de gran impacto, como consecuencia de las obras de la red viaria de la zona, que aún siguiendo la normativa legal vigente de forma muy rigurosa, no han conseguido compatibilizar el equilibrio entre las necesidades requeridas por la sociedad actual con la conservación integral del patrimonio natural y el histórico arqueológico, en un paraje de altos valores paisajísticos.

REFERENCIAS

- Biarnés, C. (1973): "Nuevo poblado ibérico. Más descubrimientos arqueológicos". *El Correo Catalán*, Barcelona, 13.06.73.
- García-Castellanos, D., Vergés, J., Gaspar-Escribano, J. y Cloetingh, S. (2003): Interplay between tectonics, climate and fluvial transport during the Cenozoic evolution of the Ebro Basin (NE Iberia). *Jour. Geophys. Res.*, 108, B7, 2347.
- Genera, M. (1979): *Evolució del poblament prehistòric i protohistòric a les comarques de la Ribera d'Ebre i del Priorat*. Tesis Doctoral, Univ. de Barcelona.
- Genera, M. (1993): *Vinebre: els primers establiments del riberal*. *Recerques arqueològiques*. Institut d'Estudis Tarraconenses Ramon Berenguer IV. Secció d'Arqueologia i Història 87. Tarragona.
- Genera, M. (2008): "El Pas de l'Ase (Ribera d'Ebre): Un importante enclave dentro de las antiguas rutas comerciales del Ebro" *Actas de las V Jornadas Internacionales de Arqueología Subacuática*. Gandia, 8-10 noviembre de 2006, Valencia: 291-303.
- Genera, M. (2009): "El Pas de l'Ase (Ribera d'Ebre) ¿Un límite territorial de época ibero-romana?". *Actes of XX Internacional Congress of Roman Frontier Studies* (León septiembre de 2006) *Limes XX*. Estudios sobre la frontera romana, 2009, *Gladius*, Anejos, 13, Madrid: 311-322.
- Genera, M.; Brull, C. Adell, S. (2007): "El Pas de l'Ase (La Ribera d'Ebre). De la investigació a la museïtzació d'un conjunt d'interès històric i paisatgístic". *Tribuna d'Arqueologia 2004-2005*. Departament Cultura Generalitat, Barcelona: 123-156.
- Orche E. y Colodrón, I. (1977): *Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, hoja n° 444 (Flix)*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Orche, E., Robles, S., Rosell, J. y Quesada, C. (1981): *Mapa Geológico de España a escala 1:50.000, hoja n° 471 (Mora de Ebro)*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.
- Pardo, G., Arenas, C., González, A., Luzón, A., Muñoz, A., Pérez, A., Pérez-Rivares, A., Vázquez-Urbez, M. y Villena, J. (2004). La cuenca del Ebro. En: *Geología de España* (J. A. Vera, Ed.). Sociedad Geológica de España - Instituto Geológico y Minero de España: 533-543.

Actuaciones prioritarias de conservación y recuperación del patrimonio geológico

Conservation actions in geological sites

N. Herrero Martínez

Servicio de Planificación y Gestión del Entorno Natural, Dirección General del Medio Natural, Dpto de Medio Ambiente y Vivienda, Generalidad de Cataluña, c/ Doctor Roux 80, 08017 Barcelona. nherrero@gencat.cat

Resumen: Con el objetivo de poder diseñar y llevar a cabo las actuaciones necesarias para garantizar la integridad del patrimonio geológico, el Departamento de Medio Ambiente y Vivienda de la Generalidad de Cataluña ha impulsado el estudio detallado de los impactos y las amenazas sobre los 10 espacios más amenazados y con mayor interés geológico de Cataluña y propone las medidas concretas necesarias para su conservación y recuperación. La mayoría de las medidas propuestas son de carácter preventivo y consisten fundamentalmente en acciones administrativas, mientras que una parte importante del resto se relacionan con los fenómenos naturales y las actividades humanas.

Palabras clave: Conservación, recuperación, patrimonio geológico, impacto, amenaza.

Abstract: *In order to design and to carry out the necessary performances for guaranteeing the integrity of the geological heritage, the Department of the Environment and Housing of the Autonomous Government of Catalonia (Spain) promoted a study that identifies exhaustively the impacts and the threats about the 10 most threatened and relevant outcrops in Catalonia (NE Iberian Peninsula), which proposes the specific measures for its conservation and recovery. Most of the proposed measures are preventive and they consist in administrative actions, while an important part of the rest of them are correlated with the natural processes and the human activities.*

Keywords: *Conservation, recovery geological heritage, impact, threat.*

INTRODUCCIÓN

Durante el año 2008, la Dirección General del Medio Natural del Departamento de Medio Ambiente y Vivienda de la Generalitat de Catalunya puso en práctica, a partir de una asistencia técnica externa, una prueba piloto para determinar las actuaciones necesarias de conservación, prevención y recuperación de entre ocho y doce espacios de interés geológico (también EIG). Esta limitación en el número de espacios viene impuesta por la disponibilidad presupuestaria y el número final de localidades analizadas dependería de la complejidad de la problemática y de las actuaciones necesarias.

Los puntos de partida para esta prueba piloto han sido, por un lado, el Inventario de espacios de interés geológico de Catalunya (también IEIGC o Inventario), finalizado en el año 2000, actualizado en 2004 y conformado por 157 localidades; y, por otro, el trabajo de Diagnóstico del patrimonio geológico de Catalunya y propuestas de conservación (también Diagnóstico) elaborada el año 2004.

En este sentido, el Inventario incluye una valoración del interés patrimonial (científico, didáctico y turístico) de todas las localidades (Carreras y Druguet, 2000).

Por otro lado, la Diagnóstico asignaba, para cada uno de los EIG, la consideración de prioritario o no prioritario, en función del riesgo de desaparición de los valores geológicos en caso de no intervenir (Comino y Gibert, 2004). Además, la Diagnóstico contenía propuestas de actuaciones de carácter preventivo y corrector valoradas numéricamente en función de la urgencia para llevarlas a cabo.

METODOLOGÍA

El primer paso en este proyecto fue seleccionar, de entre todos los inventariados, cuáles debían ser los espacios de interés geológico objeto de estudio. El objetivo perseguido era centrar la atención en los espacios más interesantes desde el punto de vista geológico y a la vez más amenazados desde el punto de vista de la conservación. Para este fin, se ha diseñado y aplicado una metodología rigurosa a partir de la información del IEIGC y de la Diagnóstico.

La lista de espacios prioritarios identificados en la Diagnóstico era de 29 localidades, de los que se descartaron los EIG en que se disponía de información actualizada que aconsejaba no intervenir (porque la problemática ya había sido corregida o bien porque el impacto ya se había producido de manera irreversible). Así, la lista resultante incluía 19 localidades (tabla I).

TABLA 1. Lista de los 19 espacios de interés geológico prioritarios en que se han eliminado los espacios en que no tiene sentido actuar en las circunstancias actuales. En la columna de la izquierda están ordenados por amenaza en primera instancia y por relevancia geológica como segundo criterio. En la columna de la derecha se han ordenado primero en función de la relevancia geológica y después según la amenaza. Sobre esta lista se han aplicado criterios de selección complementarios (según la tipología de espacio, de actuación necesaria, y según su localización geográfica) para escoger las localidades objeto del estudio.

Ordenats per amenaça		Ordenats per valor geològic	
333	Successió miocena de Les Fonts de Terrassa - Montagut	217	Cardona - Muntanya de Sal
167	Traquites de Vilacolum	202	Terrasses del Segre
324	Mines de Gualba	333	Successió miocena de Les Fonts de Terrassa - Montagut
330	Falles de la fossa del Vallès a la Colònia Sedó	167	Traquites de Vilacolum
343	Estructures tectòniques menors de Torrelles de Llobregat	338	Escletxes del Papiol - Can Puig
217	Cardona - Muntanya de Sal	204	Pedrerres del Talladell
322	Mines de Sant Marçal	147	Coll de Fumanya
309	Mines de Bellmunt del Priorat	322	Mines de Sant Marçal (Montseny)
155	Mines de talc a La Vajol	155	Mines de talc a La Vajol
202	Terrasses deformades del riu Segre	353	Paleozoic del massís de Begur
353	Paleozoic del massís de Begur	324	Marbres de Gualba
338	Les Escletxes del Papiol	309	Mines de Bellmunt del Priorat
329	Ribes Blaves	330	Falles de la fossa del Vallès a la Colònia Sedó
111	Mines de Cierco	203	Jaciments de plantes fòssils de la Segarra
204	Pedrerres del Talladell	170	Mines de Vallcebre
203	Jaciment de plantes fòssils de la Segarra	329	Ribes Blaves
326	Mines de Can Montsant (Hortsavinyà)	111	Mines de Cierco
147	Coll de Fumanyà	343	Estructures tectòniques menors a Torrelles de Llobregat
170	Mines de Vallcebre	326	Mines d'Hortsavinyà (Montnegre)

Con el fin de acotar el número de espacios a las posibilidades presupuestarias, se aplicaron los criterios adicionales siguientes:

- 1) Tipología de las actuaciones necesarias: se procuró que la propuesta final de actuaciones incluyera toda la diversidad de actuaciones (preventivas, correctoras, integrales)
- 2) Tipología de los espacios geológicos en cuanto a sus amenazas: de la misma manera, y a pesar de que la mayoría de impactos se relacionan con actividades extractivas, se ha intentado actuar en localidades de características diversas (minas, canteras, espacios amenazados desde el punto de vista urbanístico, taludes, espacios con infraestructura turística)
- 3) Localización geográfica: aunque por razones demográficas la mayoría de impactos se concentran en la provincia de Barcelona, se ha procurado proponer actuaciones de conservación repartidas en el territorio.

El espacio más ha destacado por su interés es un ámbito muy complejo: hay una actividad extractiva activa de grandes dimensiones, está fuertemente

degradado y, a la vez, atrae a muchos visitantes. Como consecuencia, las actuaciones de que debe ser objeto son de carácter integral: desde tareas de recuperación, actuaciones sobre taludes, medidas de protección de determinados afloramientos hasta una ordenación general del espacio. Por todas estas razones, el primer seleccionado es el EIG 217 Cardona - Muntanya de sal.

En el momento de repasar las actuaciones propuestas para cada espacio, se ha observado que, a pesar de inicialmente se pretendía ejecutar actuaciones fundamentalmente restauradoras, muchas de las actuaciones a llevar a cabo lo antes posible son de naturaleza claramente preventiva. Dado el importante peso de las medidas preventivas en geoconservación, y dada la imposibilidad de revertir los impactos ya producidos, se ha considerado necesario trabajar las medidas preventivas en un par de espacios que puedan servir como prueba piloto. Estos espacios han sido: 333 Sucesión miocena de les Fonts de Terrassa - Montagut y 167 Traquitas de Vilacolum.

En lo que se refiere a la tipología de espacios y amenazas, el grupo que, por su naturaleza, es más

vulnerable a los impactos son las actividades extractivas. En esta tipología se encuentran las canteras inactivas, las cuales suelen ser objeto de vertidos irregulares. También se encuentran las minas en galería y las escombreras, que acostumbran a tener problemas de seguridad. Finalmente, las explotaciones activas, aunque permiten aflorar materiales y estructuras de interés, a menudo tienen programas de restauración incompatibles con la preservación y aprovechamiento del patrimonio geológico. En función de estos criterios se han seleccionado los EIG siguientes: 202 Terrazas deformadas del río Segre, 203 Yacimiento de plantas fósiles de la Segarra, 309 Minas de Bellmunt del Priorat y 324 Minas de Gualba.

Los afloramientos que se manifiestan en taludes también son objeto de impactos, ya sea por una estabilización poco respetuosa con el patrimonio, por la erosión o por es vertido de residuos. Bajo este criterio se han escogido los EIG siguientes: 329 Ribes Blaves y 330 Fallas de la fosa del Vallès en la Colònia Sedó.

Finalmente, se ha estudiado también el espacio 335 Sucesión miocena de la Costa Blanca, que en el momento de elaborar la diagnosis de 2004 se encontraba afectado por las obras del AVE. Con este estudio se pretende actualizar la información sobre esta localidad, valorar los impactos producidos y proponer, en caso necesario, las medidas necesarias.

Una vez elegidos los diez espacios valorar (Tabla II), se ha diseñado y aplicado un plan de trabajo exhaustivo y minucioso para identificar y analizar todos los aspectos que pueden influir en la conservación de estos espacios. Dicho plan de trabajo ha incluido: 1) Recopilación información previa. 2) Trabajos de campo. 3) Consulta de numerosos expedientes y documentos administrativos. 4) Entrevistas con expertos, ayuntamientos y diversas unidades administrativas,

Finalmente, se ha llevado a cabo una importante tarea propositiva que ha implicado definir las medidas necesarias para recuperar los EIG y preservarlos ante los impactos y amenazas que les afectan. Esta tarea propositiva ha consistido en diseñar las actuaciones, obras, trámites, etc. necesarios en cada caso y estimar el coste y el calendario de ejecución.

Aunque la Dirección General del Medio Natural reconoce el importante papel que juega la educación geológica y la sensibilización en la geoconservación, es necesario aclarar que éste no es el objetivo prioritario del trabajo y por lo tanto sólo se han previsto actuaciones de señalización, información y divulgación cuando éstas se han considerado esenciales para la preservación de los valores geológicos.

RESULTADOS

Los documentos que integran este trabajo son:

1) Memoria o informe sobre la realización de los trabajos, con los objetivos e antecedentes, la descripción de la metodología, la identificación y descripción de las principales problemáticas que afectan a los espacios de interés geológico estudiados y las recomendaciones genéricas para solventarlas, así como el análisis de los resultados obtenidos y las conclusiones y recomendaciones correspondientes.

2) Fichas diagnosticopropositivas específicas y detalladas para cada uno de los EIG, con la identificación de los impactos y amenazas detectados en el ámbito concreto, las medidas propuestas para corregirlos, minimizarlos o prevenirlos y una estimación de los costes y el calendario de ejecución, entre otros datos.

3) Fondo gráfico y documental: fotografías, cartografías, propuestas de mejora de las delimitaciones, documentos administrativos...

A modo de resultados, se han propuesto un total de 53 actuaciones; que se han clasificado en administrativas, de conservación, de recuperación y de prevención (Fig. 1a). Por otro lado, se han distinguido 7 categorías en función de la temática con que se relaciona la actuación: vías de comunicación, urbanización, gestión de residuos, procesos naturales, actividades extractivas, comportamiento humano y otros (Fig. 1b).

Fig. 1a

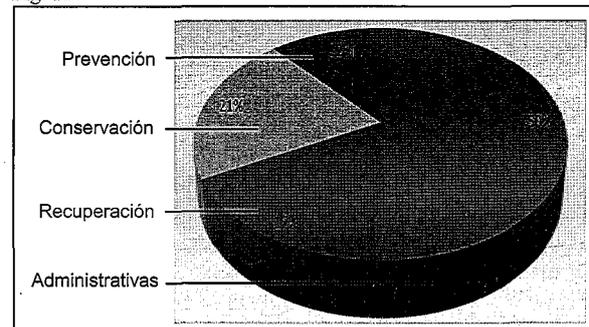


Fig. 1b

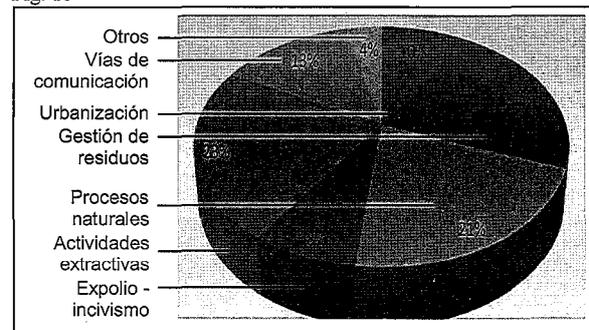


FIGURA 1. Naturaleza de 53 las actuaciones propuestas para garantizar la conservación de los 10 EIG objeto del estudio. Fig. 1a. Clasificación de los tipos de actuaciones previstos. Fig. 1b. Categorías de las actuaciones en función del tipo de impacto o amenaza con que se relaciona.

De las 53 medidas propuestas hay 20 que se han considerado prioritarias. Las actuaciones que han merecido esta consideración son aquellas que, de no llevarse a cabo, la integridad del punto podría verse comprometida.

La naturaleza de las actuaciones que se han propuesto es diversa: desde actuaciones preventivas de carácter metodológico que prevén modificar programas de restauración de actividades extractivas o la incorporación de criterios geológicos en la planificación urbanística, hasta la ejecución de obras de recuperación, de alto coste económico.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Cabe destacar que la metodología seguida en esta prueba piloto ha resultado muy consistente y fácilmente aplicable a otros espacios o grupos de espacios de interés geológico, sea cual sea su extensión y localización geográfica, y que los resultados obtenidos permiten gestionar el patrimonio geológico más allá de la protección legal y la divulgación de sus valores que, aunque son de gran importancia, a menudo resultan insuficientes en geoconservación.

Cabe destacar que la mayoría de las estas actuaciones no implican una dotación económica específica, mientras que la ejecución de las demás sí requieren dotaciones económicas de cuantías variables y de diversas fuentes de financiación posibles. El hecho de que muchas actuaciones sean de carácter administrativo

pone de manifiesto la gran responsabilidad que tienen las administraciones en la conservación del patrimonio geológico.

Este estudio es un punto de partida excelente y necesario para valorar las posibilidades de ejecutar las actuaciones propuestas. Sería deseable ponerlas en práctica lo antes posible y evitar que los impactos y amenazas detectados sigan desarrollándose y provoquen daños aún mayores que los ya existentes.

REFERENCIAS

- Carreras, J y Druguet, E. (1999): Memoria del *Inventario de Espacios de Interés Geológico de Cataluña*. Departamento de Medio Ambiente y Vivienda. Generalidad de Cataluña. Inédito.
- Comino, J.D. y Gibert, R.O. (2004): *Impactos y amenazas, existentes o previsibles, sobre los espacios de interés geológico de Cataluña y recomendaciones para su conservación*. Departamento de Medio Ambiente y Vivienda. Generalidad de Cataluña. Inédito.
- www.mediambient.gencat.net Sistema de información sobre el patrimonio natural. Capas: Inventario de espacios de interés geológico de Cataluña y actividades extractivas.

TABLA II. Lista de espacios objeto de este estudio. Características principales.

	Espacio de interés geológico	Tipo de actuaciones	Tipo de amenaza	Provincia	Particularidades
167	Traquitas de Vilacolum	Preventivo	Urbanística	Girona	En buen estado actual
202	Terrazas deformadas del río Segre	Preventivo	Natural	Lleida	Pliegue cuaternario amenazado por vegetación
203	Yacimiento de plantas fósiles en la Segarra	Preventivo	Actividades extractivas Residuos	Lleida	Programa de restauración poco respetuoso.
217	Cardona - Montaña de sal*	Integral	Actividades extractivas, residuos, alta frecuentación.	Barcelona	Gran relevancia geológica y proyección social. Alta vulnerabilidad.
309	Minas de Bellmunt del Priorat	Recuperación	Actividades extractivas	Tarragona	Mejora general del ámbito y minimización de riesgos
324	Minas de Gualba*	Recuperación Conseración	Actividades extractivas	Barcelona	Recuperar afloramientos que han quedado ocultos
329	Ribes Blaves	Conservación Prevención Recuperación	Vías de comunicación Natural Residuos	Barcelona	Minimización de riesgos, recuperación de afloramientos
330	Fallas de la fosa del Vallés en la Colonia Sedó	Recuperación	Actividades extractivas Natural	Barcelona	Vegetación y escombros cubren algunos afloramientos
333	Sucesión miocena de les Fonts de Terrassa - Montagut	Preventivo	Urbanística	Barcelona	Se ha perdido parte del contenido paleontológico (el objetivo es identificar y conservar lo que queda)
335	Sucesión miocena de la Costa Blanca	Preventiva	Urbanística Vías de comunicación	Barcelona	Se ha perdido parte del contenido paleontológico (el objetivo es identificar y conservar lo que queda)

* Localidades situadas en espacios naturales protegidos.

El Patrimonio Geológico de la Comarca del Señorío de Molina – Alto Tajo (Provincia de Guadalajara) y su aplicación como recurso Geodidáctico

The Geological Heritage of the Shire of de Molina - Alto Tajo (Guadalajara Province) and its application as Geolearning resource

J. A. Lebrón¹, A. Calonge¹ y L. Carcavilla²

1 Dpto. de Geología, Universidad de Alcalá, ctra. Madrid-Barcelona Km. 33.600, 28871 Alcalá de Henares (Madrid); lebron02@hotmail.com; a.calonge@uah.es

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

Resumen: En este trabajo se pretende dar a conocer la diversidad del patrimonio geológico de la comarca del Señorío de Molina – Alto Tajo (Guadalajara). Esta región, al igual que el resto de la provincia, posee numerosos lugares de especial interés (ya sea a nivel científico o didáctico/divulgativo), por lo que es necesario desarrollar una serie de acciones para que su conservación sea posible y permita, por tanto, el conocimiento y la difusión del patrimonio geológico de la región.

Palabras clave: Catalogación, Conservación, Divulgación, Geología, Patrimonio Geológico

Abstract: This paper seeks to highlight the diversity of the Geological Heritage of the region of Señorío de Molina - Alto Tajo (Guadalajara). This area, like the rest of the province, has many places of interest (whether scientific or educational level), so it is necessary to develop a series of possible actions to preserve and allow the knowledge and dissemination Geological Heritage of the region.

Key words: Cataloguing, Conservation, Spreading, Geology, Geological Heritage

INTRODUCCIÓN

El principal objetivo de este trabajo es mostrar el importante papel que puede jugar el uso del Patrimonio Geológico como recurso didáctico para la enseñanza de las Ciencias de la Tierra, y otras ciencias afines (Carcavilla, 2007). A título de ejemplo, se ha seleccionado el Patrimonio Geológico de una zona concreta de la provincia de Guadalajara: el Señorío de Molina-Alto Tajo. Esta zona posee numerosos puntos y localizaciones con un especial interés geológico (ya sea a nivel científico o educativo) por lo que consideramos necesario desarrollar una serie de acciones para que su conservación sea posible y permita, por tanto, el conocimiento y la difusión del patrimonio geológico de la región (Carcavilla, en Calonge y Rodríguez, 2008).

La comarca del Señorío de Molina-Alto Tajo presenta ciertas características que la hacen idónea para este tipo de actividades, como son: la presencia de elementos geológicos de interés y valor patrimonial; la existencia de infraestructuras turísticas, recreativas y divulgativas que pueden ser aprovechadas para proponer medidas de uso público; la existencia de una notable geodiversidad, representada por lugares de interés geológico de muy diversa naturaleza, la cual permite abordar problemáticas de geoconservación diferentes (yacimientos paleontológicos, yacimientos minerales, estructuras, series sedimentarias, formas del terreno, entre otros) (Carcavilla *et al.*, 2008).

MARCO GEOGRÁFICO Y CONTEXTO GEOLÓGICO

El Señorío de Molina – Alto Tajo es una de las cuatro comarcas que conforman la provincia de Guadalajara, con una extensión de 3.678 km² (Figura 1). Se encuentra situada en el extremo oriental de la provincia de Guadalajara. Limita al Norte con las comarcas de Tierra de Medinaceli (Soria) y Comunidad de Calatayud (Zaragoza). Los límites hacia el Este están marcados por Campo de Daroca (Zaragoza) y Jiloca (Teruel). Hacia el Sur se encuentra la comarca de la Sierra de Albarracín en Teruel mientras que en el Oeste, los límites quedan marcados por la provincia de Cuenca y el resto de la provincia de Guadalajara (Carcavilla *et al.*, 2008).

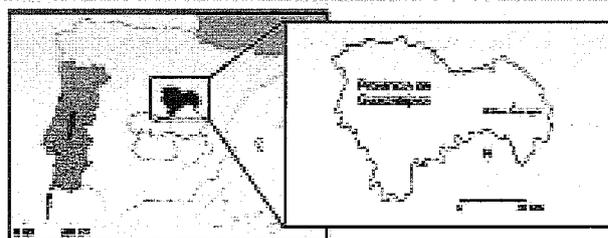


FIGURA 1. Localización geográfica de la provincia de Guadalajara, indicándose la ubicación del municipio de Molina de Aragón

Esta región forma parte de la Cordillera Ibérica (Fig. 2) y, en concreto, se ubica en la Rama Castellana (García Quintana, en Calonge y Rodríguez, 2008). Su superficie está formada principalmente por materiales mesozoicos, siendo los materiales cenozoicos y paleozoicos los que se presentan en menor proporción.

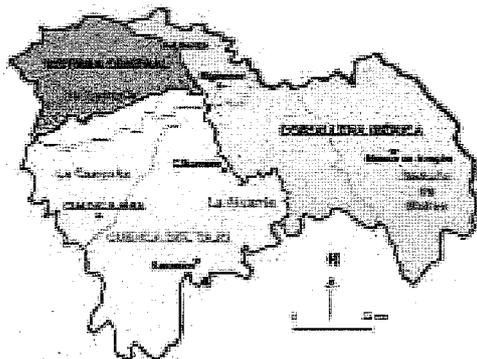


FIGURA 2. Situación de las tres grandes unidades geológicas presentes en la provincia de Guadalajara (García Quintana, en Calonge et al., 2008).

CATALOGACIÓN, VALORACIÓN Y GESTIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA COMARCA CON FINES DIVULGATIVOS

En esta región existen numerosos puntos o enclaves de gran importancia, no solo científica, sino también histórica, que forman parte de las mayores riquezas geológicas de la zona (Carcavilla, 2007). Entre ellas destaca la presencia de una amplia área protegida bajo la figura de Parque Natural.

Metodología para el estudio del Patrimonio Geológico de la comarca

El estudio del Patrimonio Geológico de esta región corresponde parcialmente al trabajo de investigación para la obtención del Diploma de Estudios Avanzados (D.E.A.) que realizó uno de los autores bajo la dirección de Amelia Calonge y Luis Carcavilla (Lebrón, 2009).

Dicho trabajo se comenzó con una exhaustiva recopilación bibliográfica que también tuvo en cuenta aquellos trabajos que hacían referencia a la diversidad y riqueza geológica de la zona o región a estudiar, mostrando en la mayor parte de los casos, una metodología clara a seguir cuyos resultados se manifiestan mediante la elaboración de inventarios de Puntos o Lugares de Interés Geológico. A continuación se desarrolló un listado con aquellos elementos geológicos que, por su interés científico, didáctico y/o socio-cultural, poseen una significativa relevancia, por lo que fueron estudiados para determinar su valor patrimonial. Este Inventario Preliminar de Puntos o Lugares de Interés Geológico (PIGs o LIGs) (Tabla 1) se confeccionó en base al análisis previo de la bibliografía disponible (Lebrón, 2009). Para realizar la valoración patrimonial de estos PIGs se aplicó una ficha

identificativa que facilitó la catalogación y sistematización del Patrimonio Geológico del área de estudio. El uso de estas fichas es exclusivo para la visita *in situ* de cada uno de los puntos.

En este sentido se realizó un análisis *in situ* de cada uno de los elementos geológicos previamente seleccionados. Este trabajo de campo consistió fundamentalmente en la descripción geológica, toma de muestras (sobretudo en el caso de yacimientos minerales y paleontológicos), realización de fotografías y estudio pormenorizado de cada uno de los PIG's, completando una ficha de estudio para su puesta en valor desde el punto de vista patrimonial y su utilidad didáctica. Se han analizado un total de 30 PIG's distribuidos por toda la comarca, haciendo especial hincapié en los apartados relacionados con la potencialidad de uso, además de otros aspectos como la accesibilidad al punto y las condiciones de observación del mismo.

Como puede observarse en la Tabla 1, las distintas subdisciplinas pertenecientes a la Geología, o a las Ciencias de la Tierra en general, están representadas claramente en la geología de la región. De esta manera, la geomorfología, la mineralogía, la tectónica, la paleontología, la petrología o la estratigrafía, reflejan la gran geodiversidad de la comarca, la cual está claramente dominada por una importante variedad geomorfológica que le atribuye a la región una importante riqueza paisajística, lo que favorece en gran medida su visita y disfrute.

DIVULGACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO DE LA REGIÓN

Para desarrollar y fomentar la divulgación en esta región (y en general en cualquier zona), previamente hay que llevar a cabo una serie de acciones para asegurar la protección y conservación de los lugares o elementos geológicos más representativos de la zona (Carcavilla, 2007). Para ello, numerosos investigadores colaboran mano a mano para desarrollar actuaciones que favorezcan la protección de dichos puntos, ya sea a través de su inclusión dentro de una figura de protección de gran envergadura, como puede ser el caso del Parque Natural del Alto Tajo, o bien la declaración de una figura de protección concreta para preservar un punto o elemento de gran importancia. En este último caso, se podría destacar los trabajos desarrollados para la adjudicación como Puntos de Interés Geológico a elementos o enclaves como la Sección de Fuentelsaz, o la serie Permotriásica de Rillo de Gallo, los cuales presentan una importancia científica a nivel nacional e incluso internacional. Por ello siempre es necesaria la catalogación del Patrimonio Geológico presente en la zona, para evaluar las acciones prioritarias que deben llevarse a cabo para proteger los elementos geológicos más vulnerables a la degradación y/o destrucción. En la elaboración de las fichas identificativas de la región se ha podido comprobar, no solo qué PIG's presentes

PIGs Estratigráficos	<i>Sección de Fuentelsaz, Serie Permotriásica del Barranco de la Hoz, Serie Permotriásica de Rillo de Gallo, Dropstone de Checa.</i>
PIGs Paleontológicos	<i>Cueva de los Casares, Fósiles jurásicos de Barahona, Yacimiento de Graptolitos de Checa, Árboles Fósiles de la Sierra de Aragoncillo.</i>
PIGs Tectónicos	<i>Hundido de Armallones, Los Cuchillares de Ocentejo, Pliegues paleozoicos de Checa, Pliegues mesozoicos de Cuevas Labradas.</i>
PIGs Mineralógicos/ Petrológicos	<i>Aragonitos de Molina de Aragón, Rocas Volcánicas de Orea.</i>
PIGs Geomorfológicos	<i>Edificio tobáceo del Campillo, Edificio tobáceo de La Escaleruela, Edificio tobáceo de Aguaspeña, Sima de Alcorón, Río de Piedras de Orea, El Huso del Barranco de la Hoz, Cascada de Piedra de Ocentejo, Ciudad Encantada de Hoya del Espino, Relieves Ruiniformes de Chequilla, Meandro abandonado, Salto de Poveda, Laguna de Taravilla.</i>
PIGs Socio-culturales	<i>Salinas de Armallá, Salinas de San Juan, Museo de Molina, Centro de Interpretación "Dehesa de Corduente".</i>

TABLA1. Relación de 30 Puntos de Interés Geológico de la Comarca del Señorío de Molina- Alto Tajo, presentes en el Inventario Preliminar, agrupados en función de su interés principal.

poseen un mayor interés o relevancia, sino también cuáles de ellos necesitan algún tipo de acción para su conservación y cuáles pueden ser útiles de cara a la divulgación de la geología.

Una vez protegidos algunos de los enclaves geológicos más valiosos de la zona y propuesto algunas medidas para avanzar en su conservación, la sensibilización y la divulgación adquieren una extraordinaria importancia, de cara a transmitir a la sociedad el significado y el valor del Patrimonio Geológico.

Acciones destinadas a la divulgación del Patrimonio Geológico de la región

A continuación se exponen algunas propuestas:

Visita a exposiciones: en museos o centros de interpretación, como el Museo de Molina o el Centro de Interpretación "Dehesa de Corduente". El Museo de Molina cuenta con una interesante colección de fósiles procedentes no solo de la región sino también del resto del mundo. Entre sus más valiosos elementos expuestos se encuentra una réplica de icnitas generadas por el reptil *Cheirotherium* materiales del Triásico Inferior de Molina de Aragón, o los xilópalos de la Sierra de Aragoncillo, que actualmente están siendo objeto de estudio para su protección. Además, la exposición cuenta con una serie de paneles que permiten al visitante obtener información sobre diversos aspectos relacionados con la Geología y la Paleontología.

El Centro de Interpretación ubicado en las afueras del municipio de Corduente está orientado a mostrar las

unidades ambientales definidas en el parque, con especial énfasis en la flora y fauna, aunque también cuenta con contenidos orientados a describir las características geológicas del Parque Natural (Carcavilla *et al.*, 2008). Para ello, aparte de varios paneles con textos e imágenes, se ha elaborado una maqueta de grandes dimensiones que recrea un macizo kárstico en el que se explica su estructura geológica, una pequeña colección de minerales, rocas y fósiles, y una representación con muestras reales de la columna estratigráfica tipo de la zona.

Itinerarios: La presencia de diversas infraestructuras en gran parte de la región (sobretudo en la zona del Parque Natural del Ato Tajo) facilita en gran medida la visita a distintos enclaves de gran interés (Carcavilla *et al.*, 2008). Estos itinerarios se pueden realizar principalmente a pie, por lo que el acceso a los mismos se considera de gran facilidad. El desarrollo de estas "Geo-rutas" lleva asociado la elaboración de una serie de materiales interpretativos, tales como paneles, placas, folletos y guías.

Como ejemplo de este tipo de actividades didáctico-divulgativas en la región, destaca la realizada el 13 de junio de 2009, con motivo del denominado "Geolodía" llevada a cabo gracias a la participación de diversas instituciones como la Universidad de Alcalá, el Instituto Geológico y Minero de España y la Diputación de Guadalajara. En esta actividad de campo se desarrolló un itinerario constituido por 7 paradas cuyo recorrido estuvo destinado al público en general.

CONSIDERACIONES FINALES

En función de la información que pueden aportar cada uno de los Puntos de Interés Geológico, el nivel de conocimientos previo que se requiere por parte de los visitantes será mayor o menor (Lebrón 2009). Gran parte de los elementos presentes en la zona poseen una serie de características que pueden ser asumidas por todo tipo de visitantes. Sin embargo, algunos PIGs requieren cierto nivel de conocimientos geológicos, ya que su interés se basa en ciertas características geológicas que suponen la necesidad de un nivel educativo superior para lograr su comprensión. Este sería el caso de la Sección de Fuentelsaz o de la Serie Permotriásica de Rillo de Gallo, cuya divulgación está destinada a un público con un nivel de conocimientos adecuado, siendo idóneo para estudiantes de niveles superiores, como Bachillerato o Universidad. Coincide además, que la mayor parte de estos PIGs se incluyen dentro de aquellos elementos que presentan o aportan una gran cantidad de información destinada principalmente a su investigación. Este no es el caso de la Laguna de Taravilla, en la cual se pueden desarrollar diversas actividades de índole divulgativa y turística, pero además se han realizado multitud de estudios relacionados con la paleoclimatología, entre otras materias.

Los distintos PIGs de la zona se podrían clasificar, en función del nivel previo de conocimiento requerido, en las siguientes categorías (Lebrón, 2009):

PIGs didácticos de alto nivel de conocimiento (Sección de Fuentelsaz, Serie Permotriásica de Rillo de Gallo, Yacimiento de Graptolitos de Checa y Dropstone de Checa).

PIGs turístico - divulgativos de bajo nivel de conocimiento (Cueva de los Casares, Árboles fósiles de la Sierra de Aragoncillo, Pliegues mesozoicos de Cuevas Labradas, Relieves Ruiniformes de Chequilla, Edificio Tobáceo de Aguaspeña y yacimiento de Aragonitos de Molina de Aragón)

PIGs turísticos (no precisan conocimientos previos) (Salinas de Almallá, Laguna de Taravilla y Hundido de Armallones).

El primer grupo incluye los Puntos de Interés Geológico que precisan ciertos conocimientos para su comprensión. En el segundo caso se incluyen PIGs cuyos elementos presentes son más fáciles de interpretar, gracias a la presencia de paneles informativos o a través de la información aportada por un guía. El último grupo estaría constituido por aquellos PIGs que presentan mayor interés paisajístico y/o histórico cultural.

Finalmente, una de las iniciativas que proponemos en relación a este tipo de actividades es la elaboración de una página Web (o en su defecto cd) que permita tanto a los docentes como a los alumnos tener acceso a diversa documentación sobre los elementos geológicos de la región (ya sea a nivel de comarca o a nivel provincial), que pueda ser de apoyo para el desarrollo de las actividades en el campo (Lebrón, 2009).

BIBLIOGRAFÍA

- Carcavilla, L. (2007): La divulgación de la Geología en Espacios Protegidos: Las Geo - Rutas del Parque Natural del Alto Tajo (Guadalajara). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15.1, 65-76.
- Carcavilla, L.; Ruiz, R. y Rodríguez, E. (2008): *Guía Geológica del Parque Natural del Alto Tajo*. Junta de Comunidades de Castilla - La Mancha. 267 p.
- Calonge, A. y Rodríguez, M., eds. (2008): *Geología de Guadalajara*. Obras Colectivas Ciencias 03 UAH, 368 p.
- Lebrón, J.A. (2009): *Catalogación, Valoración y Gestión del Patrimonio Geológico de la Comarca del Señorío de Molina-Alto Tajo*. Trabajo de Investigación Tutelado para la obtención del D.E.A., UCM,

Global Geosites y espacios naturales protegidos

Global Geosites and natural protected areas

C. Martínez Jaraiz ⁽¹⁾ y L. Carcavilla Urquí ⁽²⁾

1 Reserva de la Biosfera de las Sierras de Béjar y Francia, c/Castillo 1, 37671 San Esteban de la Sierra (Salamanca). camartinezja@gmail.com

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

Resumen: El Proyecto Global Geosites ha sido desarrollado en España en los últimos diez años por el Instituto Geológico y Minero de España y otras 20 instituciones científicas ligadas a las Ciencias de la Tierra. En este proyecto se identificaron 20 contextos geológicos españoles de relevancia internacional y 144 lugares de interés geológico o *geosites*. En el presente trabajo se analiza el grado de protección legal que cuentan estos lugares de interés geológico y las diferentes herramientas que pueden utilizarse para garantizar su conservación a largo plazo. Si bien, el marco legal es idóneo para afrontar esta protección, la realidad es que a día de hoy poco más de un tercio de estos enclaves se encuentran incluidos en espacios protegidos. Por otro lado, la experiencia muestra que tan importante es que estén incluidos en áreas protegidas como que su presencia y necesidades de gestión queden convenientemente reflejadas en los programas e instrumentos de gestión.

Palabras clave: Geosites, espacios naturales protegidos, patrimonio geológico, geoconservación

Abstract: *The Global Geosite Project has been developed in Spain in the last ten years by the IGME (Instituto Geológico y Minero de España) and 20 other scientific institutions related to different sciences of the earth. During the project, 20 geological Spanish contexts of international relevance and 144 places of geological interest or geosites were identified. This paper analyzes the degree of legal protection that geosites count with and the different tools that can be used in order to guarantee their long-term conservation. Although the legal frame is suitable to assume the right protection, just a few more than one third of these enclaves are nowadays included in protected areas. Furthermore, experience shows that as important it is for these sites to be included in protected areas as it is to reflect their existence and needs in planning and managements instruments.*

Key words: *Geosites, natural protected areas, geological heritage, geoconservation.*

INTRODUCCIÓN

El proyecto internacional Global Geosites, impulsado desde la Asociación Europea para la Defensa del Patrimonio Geológico (ProGEO) y con el patrocinio de la UNESCO, tiene como objetivo elaborar un inventario de lugares de interés geológico de relevancia mundial (*geosites*). Desde 1999, el IGME viene desarrollando el proyecto Global Geosites en España en colaboración con investigadores de más de 20 instituciones científicas. De acuerdo con la metodología diseñada en el marco de la asociación ProGEO (Wimbledon, 1996 y 1998), un grupo de trabajo multidisciplinar que agrupaba a ocho expertos del IGME elaboró una lista preliminar de contextos geológicos españoles de relevancia internacional. En esta fase inicial se identificaron 18 contextos. Para asegurar al máximo el consenso a nivel nacional, la propuesta fue enviada, en forma de encuesta, a todos los departamentos universitarios de geología, minas e ingeniería del terreno, así como a los institutos públicos de investigación y a las sociedades científicas españolas relacionadas con las ciencias de la Tierra. En total, 55 instituciones fueron consultadas y se obtuvo respuesta

de casi un tercio de ellas. Con todas estas contestaciones que matizaron o ampliaron la primera relación, el grupo de trabajo del IGME elaboró la lista definitiva de 20 contextos geológicos españoles de relevancia internacional (García-Cortés et al. 2000).

A partir del año 2001, el grupo de trabajo del IGME fue invitando a un total de 40 expertos pertenecientes a once universidades españolas y seis instituciones del ámbito de la geología y la paleontología para que, junto a especialistas del propio IGME, profundizaran en la descripción de los contextos geológicos definidos en la primera fase y fundamentaran la importancia global de cada contexto. Esta constituye la segunda fase del trabajo en la metodología del proyecto Global Geosites, en la que se identifican los lugares que representan y caracterizan los contextos anteriormente identificados. En septiembre de 2007, con estos mismos especialistas se finalizó la selección y descripción de los 144 puntos de interés geológico más representativos de los 20 contextos, cuyos datos se han almacenado en una base de datos específica, de acuerdo con los requerimientos del proyecto internacional Global Geosites. Estos puntos constituyen la primera aproximación de candidatos españoles a figurar en la lista internacional de Global

Geosites, constitutiva del Patrimonio Geológico Mundial (García-Cortés et al., 2008).

Actualmente se está desarrollando la última fase de la metodología del proyecto internacional, que consiste en la colaboración con grupos de trabajo extranjeros para acometer la intercomparación por expertos internacionales del interés y mérito de los lugares de interés geológico definidos en la fase anterior. También se ha puesto en marcha un sistema para la evaluación de posibles nuevas propuestas de contextos y lugares, hecho puesto de manifiesto por algunos investigadores que no participaron de la encuesta inicial.

Por otro lado, en el año 2007 fue aprobada la Ley de Patrimonio Natural y Biodiversidad (42/2007). Esta Ley considera, entre sus principios inspiradores, la necesidad de conservar el patrimonio geológico y la geodiversidad. Para ello, entre otras medidas establece (Art. 9) que el Ministerio de Medio Ambiente, con la colaboración de las Comunidades autónomas y de las instituciones y organizaciones de carácter científico, elaborará y mantendrá actualizado un Inventario de Lugares de Interés Geológico representativo, de al menos, las unidades y contextos geológicos recogidos en el Anexo VIII de la Ley (los 20 contextos identificados en el proyecto Global Geosites y siete unidades geológicas adicionales). Esto supone un giro importante en la gestión del patrimonio geológico español, ya que por primera vez una ley estatal establece medidas concretas para la geoconservación (Díaz-Martínez et al., 2008).

Bajo este escenario, se ha considerado interesante realizar un análisis de la situación de protección en la que se encuentran los 144 *geosites* españoles, información esencial para poder realizar un diagnóstico sobre el estado de la geoconservación actualmente en España, exigido por la Ley 42/2007. Recientemente se han observado diversas agresiones a algunos de estos lugares de interés geológico, evidenciando que, a pesar de su indudable interés científico y relevancia internacional, su conservación no está asegurada.

METODOLOGIA

En una primera fase se han georreferenciado los 144 *geosites*. Algunos de ellos comprenden, en realidad, varios parajes, existiendo un total de 241 puntos. Su localización precisa, que no ha sido fácil, ha permitido obtener un primer mapa del patrimonio geológico español de relevancia internacional. Posteriormente, y con el apoyo de herramientas de sistemas de información geográfica (SIG), se ha comparado la situación de los *geosites* y la de los espacios naturales protegidos de las diferentes comunidades autónomas (Fig.1), con datos actualizados de enero de 2008 (Europarc-España), que eran los más actualizados disponibles. Este cruce de información permitió realizar un primer análisis de la situación, en la que se identificaron 4 situaciones posibles: 1)-*geosites* claramente incluidos dentro de un espacio protegido; 2)-*geosites* claramente excluidos de los espacios protegidos; 3)-*geosites* situados cerca de los límites del

perímetro protegido y en los que, a esta escala, no es posible discernir si está protegido o no; y 4)-*geosites* no susceptibles de ser protegidos mediante la Ley 42/2007 (fundamentalmente espacios mineros) o protegidos mediante otra legislación (generalmente ligada al patrimonio histórico-artístico y cultural). Esta situación hizo necesario emprender una tercera fase en la que se ha analizado la situación concreta de los lugares de interés geológico que planteaban dudas.



FIGURA 1. *Geosites y Espacios Naturales Protegidos (Enero 2008)*

RESULTADOS

Los 144 *geosites* propuestos engloban un total de 241 parajes, de los cuales 155 (64%) no están protegidos ni incluidos en ninguna red autonómica de Espacios Naturales protegidos. De los 86 parajes que sí gozan de algún tipo de protección (36%), la figura que engloba más *geosites* es la de Parque Natural, con 38 parajes. Esto tiene su justificación en que generalmente se trata de áreas protegidas extensas en buen estado de conservación y de alto valor ecológico, en las que se ubican también elementos geológicos singulares. Algo similar ocurre con la figura de Paraje Natural, bajo la que se incluyen 12 *geosites*. Bajo la figura de Monumento Natural se incluyen 11 *geosites*, 10 en Parque Nacional y 8 en Regional (Fig.2). Con menos representación aparecen las figuras específicas de ciertas comunidades autónomas como PEIN (Cataluña) y Parque Rural (Canarias).

Al realizar el análisis con los contextos geológicos, se ha observado que los contextos de interés geomorfológico (Fig.3) son los que tienen los mayores porcentajes de *geosites* bajo alguna figura de protección, siendo la más numerosa la de Parque Natural. Esto se debe a que la mayoría de los Parques Naturales españoles corresponden a enclaves bien conservados, con alto grado de naturalidad y elementos paisajísticos destacados, entre los cuales, los elementos geomorfológicos juegan un importante papel (Carcavilla et al., 2007).

Por el contrario, los contextos de interés metalogenético y paleontológico contienen el menor número de *geosites* protegidos. En el caso de estos últimos es especialmente grave porque pueden ser protegidos por dos vías, la

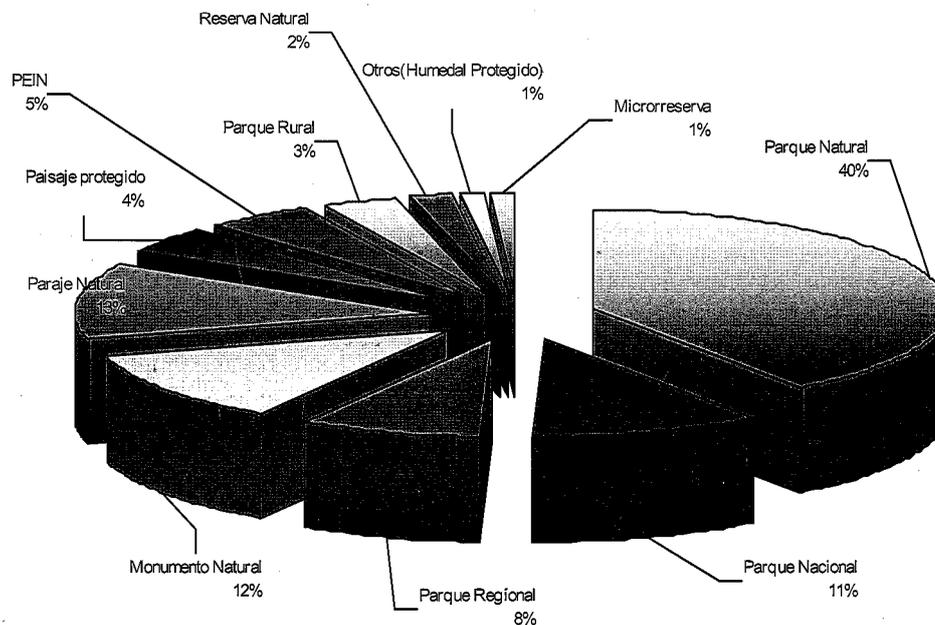


FIGURA 2. Figuras de protección de la red de ENP's y geosites

ambiental (Ley 42/2007) y la cultural (Ley 16/1985 de Patrimonio Histórico Español y sus correspondientes versiones autonómicas). En el caso de los contextos de interés metalogenético, suelen coincidir con parajes altamente transformados por la acción antrópica, por lo que su protección debería afrontarse con otro tipo de medidas o herramientas.

Con respecto a la idoneidad de la figura de protección, este estudio corrobora lo comprobado en trabajos previos (Carcavilla et al., 2007), en los que se ha podido observar que la figura en sí no es tan importante como el grado de detalle con el que están reflejadas las necesidades de gestión del elemento geológico. Generalmente, en el caso de los monumentos naturales suelen estar mejor recogidas, mientras que en los parques es frecuente que no se haga referencia expresa a su existencia, lo que significa que su adecuada gestión no está garantizada.

Existen otras figuras como Reservas de la Biosfera o la Red Natura 2000 que, aunque pueden aportar interesantes herramientas para la geoconservación (Carcavilla et al., 2008), no garantizan la preservación de los elementos geológicos en ellas contenidos y, por lo tanto, no han sido analizadas en este trabajo.

CONCLUSIONES

Este estudio constituye una primera aproximación de un análisis exhaustivo sobre la protección de nuestro patrimonio geológico de relevancia mundial. El nuevo marco legal requiere análisis de este tipo, que permitan realizar un seguimiento y diagnóstico de la evolución de la geoconservación en España.

El análisis realizado muestra que la preservación de una mayoría de estos lugares de interés geológico no está garantizada, estando expuestos a la degradación e incluso a su destrucción.

Los geosites muestran diferentes problemáticas de protección y conservación en función de su situación administrativa, localización y naturaleza. Por ello, es necesario realizar un estudio más detallado donde se cartografie los *geosites* en toda su extensión, a fin de poder evaluar hasta dónde llega su protección. Otro aspecto esencial es analizar la situación de los *geosites* incluidos en espacios protegidos, ya que esto no garantiza su adecuada gestión a no ser que su existencia y necesidades de conservación queden reflejadas por parte de la entidad gestora y siempre que exista alguna herramienta de gestión que le haga referencia.

La Ley 42/2007 de Patrimonio Natural y Biodiversidad constituye un marco legal idóneo para afrontar la protección de la mayoría de los Lugares de Interés Geológico identificados en el Proyecto Geosites. En los próximos años deberá afrontarse su aplicación, siendo previsible que la situación de protección mejore sustancialmente.

Por último, puede aprovecharse la existencia de otras figuras de protección que no establecen medidas concretas referidas a la conservación del patrimonio geológico (como la Red Natura 2000 o las Reserva de la Biosfera, etc.) pero que pueden aportar herramientas de geoconservación.

REFERENCIAS

- Carcavilla, L., De la Hera, A., Durán, J.J., Gracia, F.J., Pérez Alberti, A. y Robledo, P.A. (2008): El papel de la geología y la geomorfología en la Directiva Hábitats de la Unión Europea. En Benaventé, J. y Gracia, F.J. (Eds.): *Trabajos de Geomorfología en España 2006-2008*, Sociedad Española de Geomorfología. Cádiz, 431-434.
- Carcavilla, L., López-Martínez, J. y Durán, J.J. (2007): *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con*

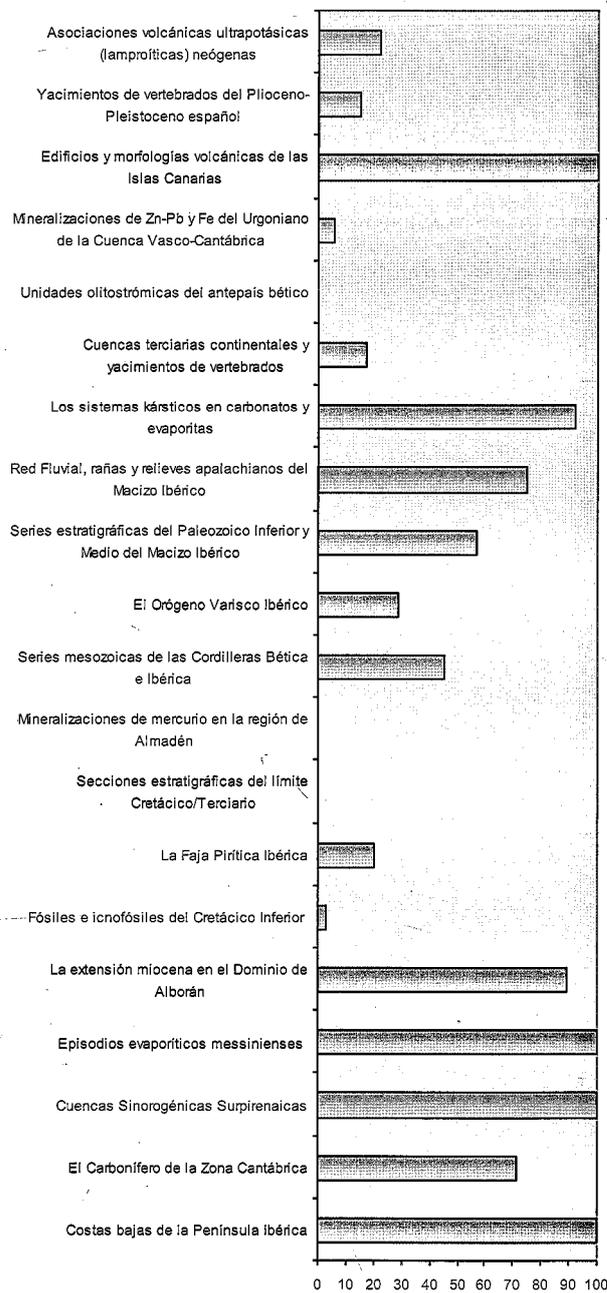


FIGURA 3. Contextos y porcentaje de geosites protegidos

los espacios naturales protegidos. Instituto Geológico y Minero de España, Serie Cuadernos del Museo Geominero, 7, Madrid, 360 p.

Carcavilla, L., Ruiz, R. y Rodríguez, E. (2008): *Guía Geológica del parque Natural del Alto Tajo*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha

Díaz-Martínez, E., Guillén, F., Mata, J.M., Muñoz, P., Nieto, L.M., Pérez-Lorente, F., y Santisteban, 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.

Europarc-España (2009): Federación Española de Parques naturales y nacionales. Página web. <http://www.europarc-es.org/>

García-Cortés, A. (Ed.). (2008): *Contextos geológicos españoles: una aproximación al patrimonio geológico español de relevancia internacional*. Instituto Geológico y Minero de España. 235 p.

García-Cortés, A., Rábano, I., Locutura, J., Bellido, F., Fernández-Gianotti, J., Martín-Serrano, A., Quesada, C., Barnolas, A. y Durán, J.J. (2000): Contextos Geológicos españoles de relevancia internacional: establecimiento, descripción y justificación según la metodología del proyecto Global Geosites de la IUGS. *Boletín Geológico y Minero*. 111(6): 5-38.

Martín Martín, J.M., Braga Alarcón, J.C. y Gomez Puignaire, M.T. (2008): *Itinerarios Geológicos por Sierra Nevada. Guía de Campo por el Parque Nacional y Parque Natural de Sierra Nevada*. Conserjería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía

Wimbledon, W.A.P. (1996): GEOSITES—a new IUGS initiative to compile a global comparative site inventory, an aid to international and national conservation activity. *Episodes*, 19: 87-88.

Wimbledon, W.A.P. (1998): An european geosite inventory: Geosite-an International Union of Geological sciences initiative to conserve our geological heritage. *Comunicaciones de la IV Reunión Nacional de Patrimonio Geológico, Miraflores de la Sierra (Madrid)*, 15-18.

RELACIÓN DE OBJETOS GEOLÓGICOS DE INTERÉS PATRIMONIAL DE LA COMARCA DE RIBAGORZA

A modo de ejemplo se presenta una relación de 15 encabezamientos de fichas seleccionadas de distintos LIG (Lugares de Interés Geológico, ZIG (Zonas de Interés Geológico) y LIDGA (Lugares de Interés para la Didáctica de Geología Ambiental). Se omiten los objetos patrimoniales de mayor trascendencia científica, como el paraestratotipo de Campo (Ilerdiense), el entorno de los dinosaurios de Aren

(Maastrichtiense, facies Garumn), la brecha de Campo (Santoniense), etc.

Cada ficha se limita a unos datos básicos de ordenación, ubicación y descripción, según el esquema de la figura 2.

Nº Ficha	Municipio y localización Nombre del elemento patrimonial	FOTO O ESQUEMA
CARACTERÍSTICAS: * Aspectos más relevantes Referencias		

FIGURA 2. Datos que figuran en el encabezamiento de las fichas.

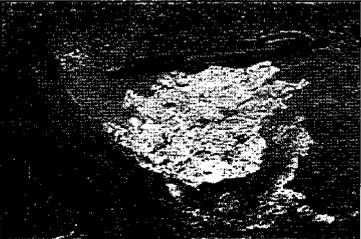
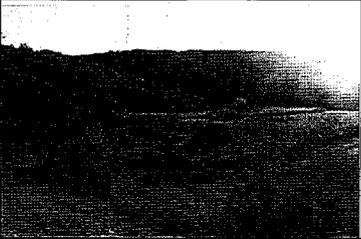
IPG RI01	Estopiñán del Castillo ESTRECHO DE CANELLES (R. Noguera Ribagorzana)	
CARACTERÍSTICAS: Estrecho del R. Noguera Ribagorzana al atravesar el anticlinal de Canelles * Geomorfología: Cluse de Canelles (ZIG). Karst desarrollado en las calizas cretácicas y eocenas. * Estructura: Corte del anticlinal de Canelles (Sierras Marginales) * Estratigrafía: Serie estratigráfica del Triás al Eoceno inferior * Hidrología: Presa y embalse de Canelles que arma en las calizas del Cretácico superior del flanco N del anticlinal. Pantallas para el sellado de fugas kársticas. Ref.: Salvany 1999.		
IPG RI02	Estopiñán del Castillo DOLERITAS TRIÁSICAS (Ofitas) con mineralizaciones	
CARACTERÍSTICAS: Numerosos afloramientos de rocas ígneas (ofitas) emplazados en el Triásico superior. Mineralizaciones hidrotermales de epidota, aerinita y escolecita. LIG múltiple por aspectos de: * Petrología endógena: Composición, modo de emplazamiento, fluto lávico, etc. de las doleritas. * Mineralogía: Mineralizaciones hidrotermales de epidota, aerinita, escolecita, etc. Minas de Mn cerca. Ref.- Lago et al. 1996, Calvo Rebollar 2006, Mata 1990.		
IPG RI03	Benabarre (Estaña) LAGUNAS DE ESTAÑA	
CARACTERÍSTICAS: Lagunas de origen kárstico. Importante ZIG en relación con: * Geomorfología: Lagunas kársticas con escasa alteración antrópica. * Hidrogeológico: régimen hídrico poco alterado por el hombre * Climático: El sedimento lacustre conserva el registro de las oscilaciones climáticas del Holoceno. Ref.: Morellón et al, 2008.		
IPG RI04 – RI05	Benabarre (Purroy de la Solana) y Estopiñán POLJÉS DE PURROY Y DE FONT DE LES OLLES	
CARACTERÍSTICAS: Extensa zona de depresiones kársticas desarrolladas en calizas y yesos. ZIG * Geomorfología: Formas kársticas * Hidrogeología: numerosas surgencias relacionads con el karst.		
IPG RI06	La Puebla de Castro y Graus (y Olvena, Somontano) CONGOSTO DE OLVENA	
CARACTERÍSTICAS: Desfiladero excavado por el Río Ésera entre las calizas y conglomerados de las Sierras Exteriores, al frente de la Unidad Surpirenaica Central. ZIG del inventario de DAGDA 2001) * Geomorfología: Garganta muy encajada. * Hidrogeológico: Evolución del curso del Ésera (Antecedencia, captura,...) * Estructural: Pliegues y cabalgamientos de las Sierras Exteriores.		

FIGURA 3. (Continúa en las páginas siguientes)

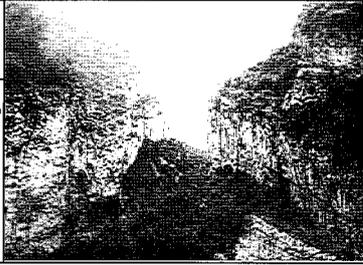
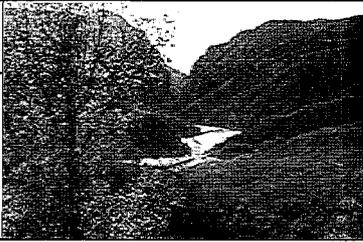
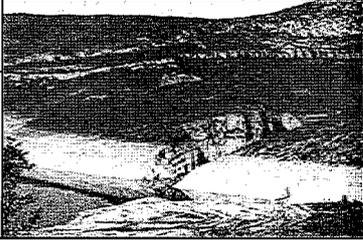
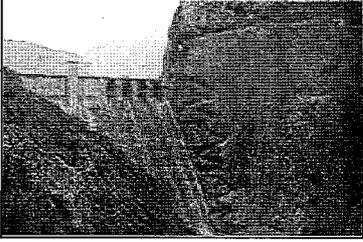
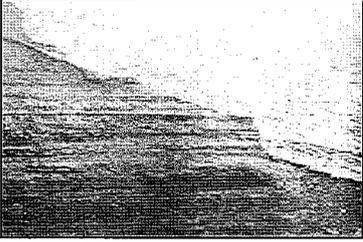
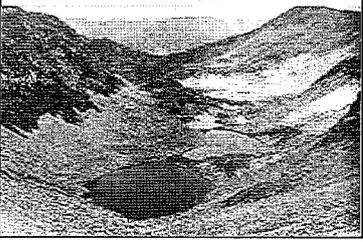
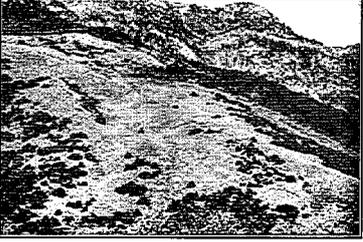
IPG RI07	Laspaules y Veracuz CONGOSTO DE OBARRA	
<p>CARACTERÍSTICAS: Desfiladero del Río Isábena excavado en las formaciones calcáreas del Cretácico y Jurásico. Sierras Interiores, flanco N de la Cuenca de Tremp Graus.</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Buenos ejemplos de cuevas y gargantas. * Estratigrafía: Corte del Mesozoico de Sierras Interiores. Facies de plataforma y turbiditas. 		
IPG RI08	Viacamp y Litera [+Ager (Corça) +S. Esteve de la Sarga] CONGOSTO DE MONREBEY	
<p>CARACTERÍSTICAS: Uno de los desfiladeros más espectaculares de los Pirineos, poco modificado por las obras públicas (Cola del embalse de Canelles. No hay carreteras)</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Curso obsecuente o anaclinal del Noguera Ribagorzana. * Estructura: Cabalgamiento del Montsec (Mesozoico sobre Eoceno del Valle de Ager). * Minería: Restos de minas de lignito del Cretácico inferior visibles en aguas bajas del embalse. 		
IPG RI09	Viacamp, Litera [+Ager, Noguera] CONGOSTO DE FET	
<p>CARACTERÍSTICAS: Excelente desfiladero del Noguera Ribagorzana cortando el anticlinal de Millà (Les Conclúes, Sierra de Monclús – Sierra de Millà). ZIG por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Ejemplo de relieve de estilo jurásico (<i>cluse</i>) en las calizas del Cretácico superior. * Hidrogeología: Erosión y vertientes del Noguera Ribagorzana. * Estructura: Corte de uno de los grandes pliegues de Sierras Marginales (anticlinal de Millà). <p>Ref.: Martínez Peña y Pocoví 1988, Peña Monne 1983 Teixell y Muñoz, 2000</p>		
IPG RI11	Sopeira PAS DE ESCALES o GRAU D'ESCALES	
<p>CARACTERÍSTICAS: Garganta del Río Noguera Ribagorzana, impresionante cerrada del embalse de Escalles sobre las calizas cretácicas de la Sierra de Sant Gervàs. ZIG de alto interés:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Incisión profunda del Noguera Pallaresa. * Estructura: Cabalgamiento de Trías (Manto de Tamurcia) sobre Cretácico superior (Sant Gervàs). * Estratigrafía: Serie del Cretácico. 		
IPG RI13	Montanuy LAGUNA COLMATADA DE LAS BORDAS DE LLESTUY	
<p>CARACTERÍSTICAS: Conjunto de modelado glaciar y depósitos periglaciares. ZIG de glaciología</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Lago glaciar colmatado, incidido por la erosión fluvial. Morrenas glaciares (una de ellas dio origen al lago). * Valles y circos glaciares (circo de Llauset, al pie de Vallibierna) <p>Ref.: Bormao 2006, Vilaplana 1983.</p>		
IPG RI14	Montanuy COMPLEJO LACUSTRE DE ANGLIUS	
<p>CARACTERÍSTICAS: Complejo de lagos en valles glaciares en el extremo oriental del macizo granítico de Maladeta. ZIG exteñso, con gran número de lagos con poca influencia antrópica.</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Modelado glacial. Lagos determinados por hombreras y morrenas. 		
IPG RI15	Montanuy (Laderas de los alrededores de Aneto) GRIETAS DE DESLIZAMIENTO	
<p>CARACTERÍSTICAS: Zona inestable con grietas de arranque de deslizamientos en masa en depósitos de morrenas laterales del valle del Noguera Ribagorzana. LIGDA muy ilustrativo</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geología ambiental: implicaciones en determinación de riesgo geológico. 		

FIGURA 3. (Continúa en la página siguiente).

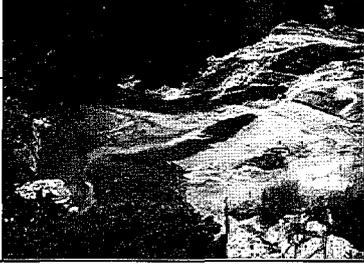
PG RI16	Castejón de Sos MINA DE NÍQUEL DEL PICO GALLINERO	
<p>CARACTERÍSTICAS: Mineralización filoniana emplazada en materiales del Devónico. LIG destacado por su rareza en el ambiente pirenaico (y en toda la Península).</p> <p>* Mineralogía y mineralogénesis: Mineralización de niquelina y otros minerales de oxidación que la acompañan.</p>		
IPG RI17	Benasque EL FORAU DE AIGUALLUTS	
<p>CARACTERÍSTICAS: Sumidero de aguas de deshielo de los neveros del Aneto que luego manan en el Valle de Arán (Artiga de Lin) tras atravesar la zona del Portilhon de Benasque. ZIG relevante por:</p> <p>* Hidrogeología y glaciología. Se trata de uno de los sumideros más importantes de Europa. También, en el entorno, interesantes ejemplos de formas glaciares.</p>		
IPG RI18	Seira y Castejón de Sos CONGOSTO DEL VENTAMILLO	
<p>CARACTERÍSTICAS: Profundo desfiladero labrado por el río Ésera atravesando calizas del Cretácico de Sierras Interiores, Manto de Cotiella. ZIG especialmente significativo por:</p> <p>* Geomorfología: Se trata de uno de los desfiladeros más largos y escarpados del Pirineo</p> <p>* Hidrogeología: Procesos kársticos relacionados con las calizas cretácicas.</p> <p>* Hidrología: Dinámica fluvial del río Ésera.</p>		

FIGURA 3. Cabeceras de fichas de objetos patrimoniales de la comarca de Ribagorza.

CONCLUSIONES

El patrimonio geológico de la comarca de la Ribagorza, es muy importante dentro de la Comunidad de Aragón. Aunque algunos de los elementos mencionados son poco vulnerables (por sus dimensiones o por su escasa accesibilidad), otros presentan mayor exposición, siendo necesario inventariar y proteger los distintos elementos, de los que se han expuesto en esta pequeña muestra.

REFERENCIAS

- Besteiro, J., Lago-San José, M., Pocoví, A., Bastida, J., Amigó, J. M. y Moliner, R. (1985): Nuevos datos mineralógicos sobre un inclasificado alumosilicato, "aerinita", y consideraciones sobre su atribución al grupo de las ceolitas. *Acta Geologica Hispanica*, 20 (3-4): 257-266.
- Bornao, J. (1992): *Els complexos glàcio-lacustres relacionats amb el barrer cicle glacial als Pirineus*. Tesis Doctoral, Univ. de Barcelona, 294 p.
- Calvo Rebollar, M. (2008): *Minerales de Aragón*. Prames, Zaragoza: 463 p.
- Lago, M., Pocoví, A., Arranz, E., Bastida, J., y García Bellés, J. (1996): El magmatismo toleítico, Triás Lías, de la cadena pirenaica: afloramientos con interés en el Patrimonio Geológico. *Geogaceta*, 20 (5): 1183-1185.
- Martínez-Peña M.B. y Pocoví, A. (1988): El amortiguamiento frontal de la estructura de la cobertera surpirenaica y su relación con el anticlinal de Barbastro-Balaguer, *Acta Geologica Hispanica*, 23:81-94.
- Morellón, M., Valero-Garcés, B., Moreno, A., González-Samperiz, P., Mata, P., Romero, Ó., Maestro, M. y Navas, A. (2008): Holocene Paleohydrology and climate variability in Northeastern Spain: the sedimentary record of lake Estanya (Pre-Pyrenean range). *Quaternary International*, 181 (1): 88-104.
- Peña Monné, J.L. (1983): *La Conca de Tremp y sierras prepirenaicas comprendidas entre los ríos Segre y Noguera Ribagorzana*. Instituto de Estudios Ilerdenses, Lérida, 373 p.
- Salvany, J. M. (1999): Diapirismo triásico antiguo y reciente en el Anticlinal de Canelles, Sierras Marginales Catalanas (Zona Surpirenaica Central). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 12 (2): 149-163.
- Teixell, A. y Muñoz, J. A. (2000): Evolución tectono-sedimentaria del Pirineo meridional durante el Terciario: Una síntesis basada en la transversal del río Noguera Ribagorzana. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 13 (2): 251-264.
- Vilaplana, J.M. (1983): *Estudi del glaciariisme quaternari de les altes valls de la Ribagorça*. Tesis Doctoral, Univ. de Barcelona, 322 p.

Contribución al inventario del Patrimonio Geológico de la Comarca del Matarraña. Cuenca del Ebro y Cadena Ibérica (NE de España).

Inventorying the Geological Heritage of the Matarraña administrative region (comarca). Ebro Basin and Iberian Range (NE Spain).

J. M. Mata-Perelló^{1,2}, R. Mata Lleonart^{1,2} y J. Vilaltella²

1 Dept. d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals de la UPC. Bases de Manresa 61 - 73, 08242 Manresa. mata@emrn.upc.edu, rmata@colgeocat.org

2 Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero, SEDPGYM.

Resumen: Se presenta una recopilación de objetos geológicos que se estiman de interés para ser considerados componentes del Patrimonio Geológico en la comarca aragonesa del Matarraña. Esta comarca geológicamente está compartimentada en dos partes bien diferenciadas: Una al norte que ocupa unos dos tercios de la extensión total pertenecen a la Cuenca del Ebro, mientras el tercio sur se enclava en la Cadena Ibérica. Esta última se sitúa en la Zona de Enlace donde las estructuras se arrumban paralelamente a las Cadenas Costeras Catalanas. La diversidad geológica de la comarca es muy grande y, en especial la parte correspondiente al dominio de la Cadena Ibérica, que se encuentra en un estado de conservación excelente y merece más atención desde la óptica patrimonial. Los objetos observados de clasifican *LIG* (Lugares de Interés Geológico), como las *ZIP* (Zonas de Interés Geológico) y los *LIDGA* (Lugar de Interés para la Didáctica de la Geología Ambiental).

Palabras clave: Cadena Ibérica, Zona de Enlace, Cuenca del Ebro, karst, cabalgamientos.

Abstract: *This is an attempt to compile the interesting geological sites as a contribution to the inventory of the Geological Heritage of the Aragón administrative region (Comarca) of Matarraña. Two thirds of this region are located in the southernmost part of the Ebro Bassin and the other third in the Iberian Range. The last one is specifically located in the Beceite-Portalrubio thrust belt, where the main trend of structures is parallel to the adjacent Catalan Coastal Range. There is a big variety of geological sites in this region and usually all the territory is very well preserved and not well known in detail. Sites classified as "LIG" (geological interesting points), "ZIP" (interesting zones) and "LIGDA" (interesting sites on environmental geology didactics*

Key words: *Iberian Range, Beceite-Portalrubio trust belt, Ebro Basin, karst.*

INTRODUCCIÓN

El territorio de la Comarca del Matarraña (Fig. 1) se extiende sobre dos dominios geológicos bien diferentes: aproximadamente los dos tercios de la parte norte pertenecen a la Cuenca del Ebro mientras el tercio meridional pertenece a la Cadena Ibérica y a las cuencas neógenas periféricas de la Cuenca del Ebro. Como es natural, la parte que se asienta sobre la zona de pliegues y cabalgamientos alpinos de la Cadena Ibérica es la que presenta un relieve mucho más accidentado y mucha más variedad de terrenos, formas y estructuras.

OBJETOS DE INTERÉS PATRIMONIAL

En lo concerniente al dominio de los depósitos terciarios de la Cuenca del Ebro la variedad paisajística es más limitada que en la zona meridional, no obstante se han reseñado aspectos de interés, en especial los relacionados con los márgenes de la cuenca. Los depósitos de conglomerados, que resisten mejor los embates de la erosión que los sedimentos más finos, término municipal de Beceite o el Masmunt, en el



FIGURA 1. Localización de la comarca del Matarraña (rayado) en el Mapa Comarcal de Aragón y en la Península Ibérica.

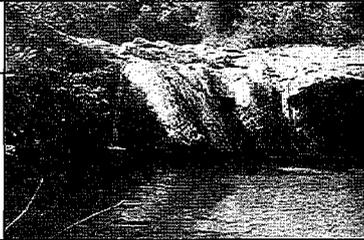
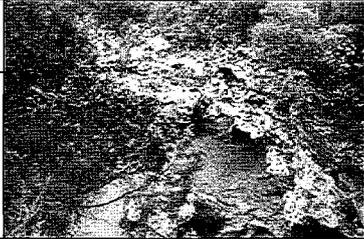
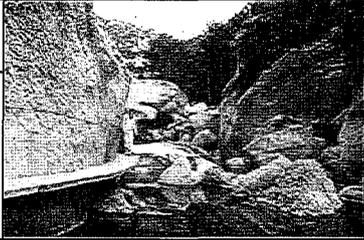
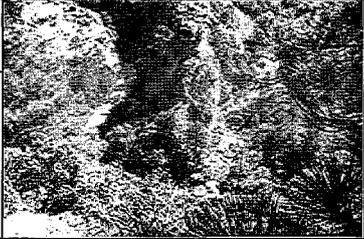
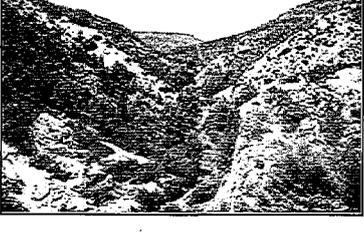
IPG MT01	Beceite (Matarraña) y Arnes (Terra Alta) PEÑA GALERA - FONT DEL VIDRE	
<p>CARACTERÍSTICAS: Estrecho del barranco del Algars al atravesar las estructuras ibéricas (Rama catalana) y los depósitos de conglomerados sintectónicos del margen de la cuenca del Ebro. Destacada ZIG dentro del espacio LIC-ZEPA de los Puertos de Beceite por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Tectónica – geología estructural: Láminas cabalgantes de serie mesozoica. Sinclinal de Peña Galera y discordancias progresivas en el el terciario del margen de la cuenca del Ebro. * Hidrogeología: Manantial de Font / Toll del Vidre drenando las calizas jurásicas. 		
IPG MT02	Beceite, $\leftarrow 40^{\circ} 50' 40''$ N, $0^{\circ} 10' 28''$ E \rightarrow TRAVERTINOS DEL RÍO MATARRAÑA	
<p>CARACTERÍSTICAS: Las aguas del río Matarraña, y su afluente Ulldemó, al llegar a al entorno de Beceite, han atravesado unas decenas de km de calizas (principalmente jurásicas) en una zona de intensa karstificación y, por tanto, se han cargado de carbonatos. Cuando el relieve pierde energía precipita carbonato sobre la vegetación dando lugar a depósitos tobáceos. Es una ZIG por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geoquímica: Procesos activos de precipitación de carbonatos. * Geomorfología: Depósitos ligados a la dinámica fluvial. Este punto no está en inventarios de la DGA. 		
IPG MT03	Beceite, $\leftarrow 40^{\circ} 48' N, 0^{\circ} 12' E \rightarrow$ EL PARRISSAL (Curso alto del Río Matarraña)	
<p>CARACTERÍSTICAS: Curso fluvial encajado entre las láminas de cabalgamiento de la estructura alpina de la Cadena Ibérica, rama catalana. Importante ZIG dentro del espacio LIC-ZEPA de los Puertos de Beceite por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Meandros encajados, estabilidad de vertientes. * Estructura: Corte de las láminas de Cabalgamiento de la rama catalana. * Hidrología y geoquímica: Formación actual de tobas en varios emplazamientos del río 		
IPG MT04	Beceite, $40^{\circ} 47' 23'' N, 0^{\circ} 10' 20'' E$ MEANDROS ENCAJADOS DEL B^{CO}. DE FORMENTA	
<p>CARACTERÍSTICAS: El accidentado relieve carbonático del sector meridional de la Comarca del Matarraña está drenado por cursos fluviales que inciden profundamente entre las estructuras calcáreas. El Bco. de Formenta, afluente del río Pena, es un buen ejemplo, de fácil acceso y poco conocido. Se estima su valoración como ZIG por los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Dinámica fluvial. Encajamiento de la red del Ebro. * Paisajístico y deportivo. 		
IPG MT05	Beceite (Matarraña) y otros del Baix Ebre BARRANCO DE ULLDEMO y EL REGATXOL	
<p>CARACTERÍSTICAS: Cauce fuertemente encajado del río Ulldemó, afluente del Matarraña. En la zona próxima a la cabecera), sobra las dolomías del Jurásico superior (García de Domingo y López de Olmedo, 1982), se ha desarrollado un extenso dominio karstico (las Gubias del Regatxol). Pertenece al Parc Natural dels Ports. Importante ZIG dentro del espacio LIC-ZEPA de los Puertos de Beceite por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Paraje kárstico. Erosión Fluvial. * Estructura: Espectacular corte de las láminas de cabalgamiento de la rama catalana de la C. Ibérica. 		
IPG MT06	Beceite, $40^{\circ} 46' 55'' N, 0^{\circ} 12' 50'' E$ GUBIAS DE EL PARRISSAL	
<p>CARACTERÍSTICAS: Cauce encajado del río Matarraña, en la zona próxima a la cabecera, y extensa zona kárstica desarrollada sobre las dolomías del Jurásico superior (García de Domingo y López Olmedo, 1982), con pináculos, crestas, arcos naturales (Forat de l'Arany), etc. Pertenece al Parc Natural dels Ports y es importante ZIG dentro del espacio LIC-ZEPA de los Puertos de Beceite por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Paraje kárstico. Erosión Fluvial. Incisiones a favor de las diaclasas. * Estructura: Bloque superior del cabalgamiento de Herbers (Guimerà 2004). Red de diaclasas muy sistemáticas, de dirección que oscila entre N-S y NNE-SSO. 		
IPG MT07	Valderrobres, $40^{\circ} 49' 15'' N 0^{\circ} 08' 00'' E$ CONGOSTO DEL RÍO PENA	
<p>CARACTERÍSTICAS: Encajamiento del río Pena, 6 km al S de Valderrobres, dando lugar a una cluse sobre el anticlinal de bloque superior del cabalgamiento de Valderrobres. La erosión en el núcleo de dicho anticlinal deja a la vista la serie estratigráfica, sobre todo en el flanco sur, que va desde el Triás medio hasta el Cretácico superior (y terciario junto al embalse de la Pena). Se considera ZIG por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Ejemplo significativo de cluse que, además hace de cerrada para el embalse. * Estratigrafía: Reconocimiento de la serie mesozoica. 		

FIGURA 2. (Continúa en la página siguiente)

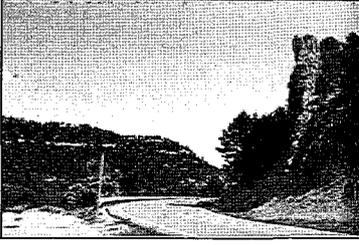
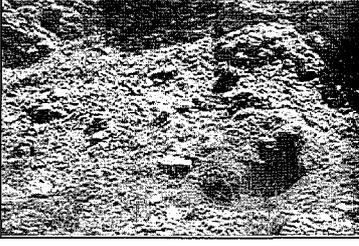
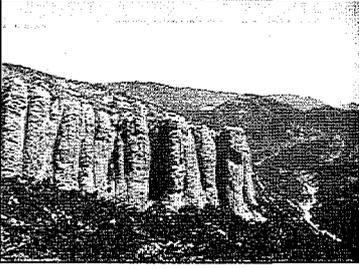
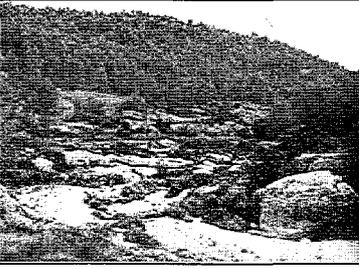
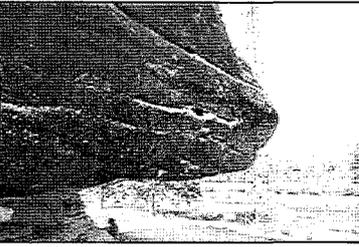
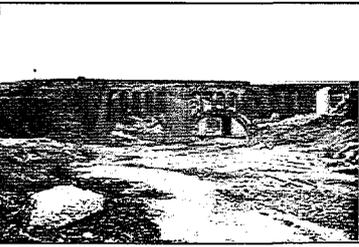
IPG MT08	Fuentespalda, 40°48'54"N, 0°04'57"E DISCORANCIA PROGRESIVA	
<p>CARACTERÍSTICAS: Delante del cabalgamiento de Perigañol, Estructura frontal de la Cadena Ibérica, las capas del Terciario de la Cuenca del Ebro pasan de estar verticales, junto al plano de cabalgamiento a horizontales al adentrarse en la cuenca menos de 1km, registrando el crecimiento de la estructura al mismo tiempo que se depositaba esta serie terciaria. Importante LIG por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Tectónica: Datación del la actividad del cabalgamiento de Perigañol. * Estratigrafía: Reacciones tectónica – sedimentación durante el desarrollo de dicha estructura 		
IPG MT09	Fuentespalda, 40°48'38"N, 0°05'15"E BAUXITA DEL CAMINO DEL VÉRTICE NEVERA	
<p>CARACTERÍSTICAS: Sobre las calizas del Jurásico medio, que aquí estuvieron emergidas durante el Cretácico inferior, se desarrolló un karst y en las cavidades se acumularon lateritas formando bolsadas que dieron lugar a las bauxitas. Se considera LIG especialmente interesante por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Mineralogía y mineralogénesis: Yacimiento de bauxita. * Geomorfología: Paleokarst sobre las calizas del Jurásico medio * Estratigrafía: Laguna estratigráfica entre el Jurásico medio y la serie cretácica. 		
IPG MT10	Peñarroya de Tastavins, 40° 44' 54" N, 0° 03' 58" E MASMUT	
<p>CARACTERÍSTICAS: Mole de conglomerados atribuidos al Oligoceno (Canerot y Leyva, 1978) con relieve montserratino, elemento muy destacado del paisaje. Se apoya sobre las calizas del Cretácico superior del sinclinal de peñas de Mamut, lámina de Peñarroya, y se depositaron al frente del cabalgamiento de La Tosa. Se considera ZIG por su interés desde los puntos de vista:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfológico: Relieve residual resultante de la erosión diferencial de los conglomerados * Estructural: Sistema de diaclasas de familias N-S y WNW-ESE. Relación con los cabalgamientos. * Estratigráfico.: Relaciones tectónica – sedimentación. 		
IPG MT11	Fuentespalda, Ráfales, <40° 49' 30" N, 0° 01' 52" E> TORMASAL DEL TASTAVINS	
<p>CARACTERÍSTICAS: El río Tastavins, tras abandonar las crestas de la C. Ibérica (rama catalana) aun puede encajarse moderadamente entre los depósitos de la Cuenca del Ebro. Entre los municipios de Fuentespalda y Ráfales hay un tramo de cauce encajado acompañado de abundantes "tormos" o grandes bloques de conglomerado y arenisca que sorprenden por su tamaño en relación con la capacidad de arrastre del río. Se considera ZIG por su interés desde los puntos de vista:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfológico: Dinámica fluvial y evolución de vertientes. * Hidrogeológico: Bloques de conglomerados que no corresponden a la dinámica fluvial. 		
IPG MT 12	Valdeltormo, 40° 59' 5" N, 0° 06' 36" E PEÑA DEL TORMO	
<p>CARACTERÍSTICAS: Forma erosiva desarrollada a partir de las areniscas de un gran paleocanal del Oligoceno. El cuerpo de areniscas ha quedado parcialmente descalzado de los niveles de limos rojos subyacentes. Se estima su como LIG porque da nombre de contenido geológico al pueblo y por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfolología: Interesante forma erosiva y buen punto de observación del cauce del Matarraña. * Sedimentología: Estratificación cruzada y base canaliforme del cuerpo de arenisca. * Lugar de valor paisajístico apropiado para pequeña área de descanso. 		
IPG MT 13	Peñarroya de Tastavins, 40° 44' 07" N, 0° 0' 54" E PLIEGUES DEL BARRANCO DE ESCALONA	
<p>CARACTERÍSTICAS: El barranco de Escalona, entre P. de Tastavins y Herbés (Castellón) deja ver un corte de la estructura interna de una de las láminas de cabalgamiento que afectan al Cretácico de la Cuenca del Mastrazgo en la "Zona de Enlace" (Canerot y Leyva 1978). Pliegues disarmónicos desarrollados en tramos alternancia de estratos poco potentes. Se considera ZIG por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Tectónica: Geometría de las láminas de cabalgamiento de la "Zona de Enlace". * Geología estructural: Geometría de pliegues, mecanismo flexo-deslizamiento. 		
IPG MT 14	Peñarroya de Tastavins y Monroyo PUENTE ERMITA DE LA VIRGEN DE LA FUENTE	
<p>CARACTERÍSTICAS: Puente monumental destruido por las crecidas del Matarraña con la intervención del efecto represa del puente nuevo. Ilustración del régimen torrencial de los ríos ibéricos. Se estima su como LIG y ZIGDA:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Hidrología : Ejemplo actual de dinámica fluvial. * Geología ambiental: Ejemplo de valoración de riesgo ligado a avenidas. <p>Coordenadas: 40° 46' 14" N, 0° 01' 53" E.</p>		

FIGURA 2. Cabeceras de fichas de objetos patrimoniales de la Comarca del Matarraña

término de Peñarroya de Tastavins (IPG MT10. Fig. 2), y en algunos casos se integran parcialmente en la estructura plegada y registran el progreso de la tectónica simultáneo al depósito de los conglomerados (IPG MT08. Fig. 2). También la dinámica fluvial durante el Terciario, en tiempos más recientes y en la actualidad muestran aspectos reseñables, como el gran paleocanal de la Peña del Tormo (IPG MT12. Fig. 2), los "tormos" del río Tastavins (IPG MT11. Fig.2) o el Puente de la ermita de la Virgen de la Fuente (IPG MT14. Fig. 2), respectivamente. En este territorio están reconocidos en la Red Natura 2000 los LICs de los cauces de los ríos Matarraña y Algars.

En la zona plegada del tercio sur de la comarca la densidad de objetos de interés patrimonial es mucho más elevada. En realidad podría decirse que todo el dominio de Cadena Ibérica forma una extensa zona de especial interés, extendiéndose incluso algo más allá de los límites de los espacios naturales de la Red Natura 2000 (LIC y ZEPA de los puertos de Beceite).

A grandes rasgos la geología de esta zona se caracteriza por presentar una serie mesozoica que se extiende desde el Triásico medio al Cretácico superior, que supera ampliamente los 1000 m de potencia (Canerot y Leyva 1978, García de Domingo y López Olmedo 1982). Esta serie está despegada por encima de un substrato de Paleozoico y Triás inferior formando un sistema de cabalgamientos de rumbo dominante EN-SW y vergencia NW. Solo en el extremo Sur (Termino de Peñarroya de Tastavins) en el sector SW de la comarca (términos de Ráfales y Monroyo), las estructuras mayores se orientan en direcciones E-W (Cabalgamiento de Herbers) y NW-SE (prolongación de la Sierra de la Ginebrosa), respectivamente, trazando una parte del característico Arco de Beceite-Portalrubio. Desde la zona dominante de dirección NE-SW se pasa prácticamente en continuidad a las Cadenas Costeras Catalanas, estructuras de la unidad del Priorato (Guimerà, 2004). La especial elevación y apretamiento de las estructuras de la zona de los Puertos de Beceite se atribuye a la emergencia de un gran cabalgamiento que afecta al substrato: el cabalgamiento de Herbers (Guimerà, 2004), que emerge bordeando el margen sW de la comarca, entre Herbers (provincia de Castellón, al SE de Peñarroya de Tastavins) y la cabecera del río Ulldemó (Beceite). Precisamente las Gubias del Parrissal y el Regatxol (IPG MT05, IPG MT06) se sitúan en bloque superior de este cabalgamiento.

El fuerte relieve de la zona de los Puertos de Beceite (crestas por encima de los 1300 m) se debe no solo al levantamiento tectónico provocado por el emplazamiento de las láminas de cabalgamiento, sino que también se debe a la naturaleza de la serie sedimentaria plegada. Las calizas y dolomías son dominantes en la serie estratigráfica y son suficientemente competentes como para ofrecer

resistencia al efecto combinado de la red fluvial y el karst.

El límite SE de la comarca tiende a hacer de divisoria de aguas entre las que se dirigen propiamente hacia la Cuenca del Ebro y las que se dirigen al Mediterráneo (riu de la Sénia) o al curso bajo del Ebro. Las aguas de la vertiente correspondiente a esta comarca las recoge sobre todo el río Matarraña y en parte el Algars (cuyo cauce forma el límite comarcal oriental). La erosión remontante ha determinado un interesante entramado de cursos obsecuentes (cursos altos del Ulldemó, Matarraña, Formenta, Pena, Prados, Escresola...) y subsecuentes (Marrades, Figuerals, ...). Los cursos obsecuentes determinan espectaculares *cluses* como la del río Pena (IPG MT07. Fig. 2) al incidir fuertemente la estructura plegada.

La incisión rápida de los ríos obsecuentes, con la intervención de procesos kársticos, ha dado lugar a la formación de espectaculares cañones de trazado complicado, acompañado de meandros fuertemente encajados (IPG MT03, MT04, MT05. Fig. 2). A su vez, el karst ayudado por el diaclasado determina el paisaje singular de las Gubias (IPG MT05, MT06. Fig.2), con sus llamativos pináculos o agujas (Berástegui et al. 2000, Lozano 2003, Roda et al. 2006).

AGRADECIMIENTOS

Al Servicio de Promoción y Ordenación Minera por su contribución y asesoramiento.

REFERENCIAS

- Berastegui, X., Cabezas, J., Civis, J. Durán, J. J., García, A., Pallí, Ll., Porta, J. de, Reguant, S., Roqué, C., Rosell, J. y Vallejo, M. (2000): *Patrimonio Geológico de Cataluña*. ENRESA, Madrid, 258 p.
- Canerot, J. y Leyva, F. (1978): *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja nº 520 (Peñarroya de Tastavins)*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 60p.
- García de Domingo, A. y López Olmedo, F. (1982): *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja nº 521 (Beceite)*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 48p.
- Guimerà, J. (2004): Cadenas con cobertera: Las cadenas Ibérica y Costera Catalana. En: *Geología de España* (J. Vera coord. gral.) Instituto Geológico y Minero de España y Sociedad Geológica de España. Madrid, 602-610.
- Lozano Tena, M.V. (2003): El relieve de la comarca del Matarraña. En: *Comarca del Matarraña* (J. A. Benavente y T. Thomson, coords.), Gobierno de Aragón. Colección Territorio, 7: 29-44.
- Roda, J. L., Coord. (2006): *Matarraña / Matarranya*. Prames, Zaragoza. Red Natural de Aragón, 5: 167 p.

Comarca de Gúdar-Javalambre: Contribución al Inventario del Patrimonio Geológico. (Teruel, Aragón, Sistema Ibérico)

Contribution to the Inventory of the Geological Heritage at Gúdar-Javalambre administrative region (Teruel, Aragón, Iberian Range).

J. M. Mata-Perelló^{1,2}, M. J. Arpón Moreno³, S. Larruga Jiménez³, R. Mata Lleontart^{1,2}, A. Pocoví Juan^{2,4} y J. Vilaltella²

1 Dept. d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals, UPC. Bases de Manresa 61-73; 08242 Manresa, mata@emrn.upc.edu, rmata@colgeocat.org

2 Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM).

3 PROVODIT Ingeniería, c/ Huesca 70. 22520 Fraga (Huesca). susana.larruga@provodit.es

4 Dpto. de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, c/ Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza. apocovi@unizar.es

Resumen: La comarca de Gúdar – Javalambre tiene una considerable complejidad geológica y riqueza paisajística dado que toda ella está ubicada en los dominios de cobertera plegada de la Cadena Ibérica. Presenta peculiaridades patrimoniales difíciles de evaluar, tales como las superficies de erosión del neógeno (especialmente significativas en el relieve de la comarca), el potencial geotérmico del acuífero kárstico de Mijares Maestrazgo, el interés estratigráfico y paleontológico de la Cuenca de Sarrión o las manifestaciones volcánicas triásicas y jurásicas. Aquí se incluyen únicamente elementos patrimoniales fácilmente identificables en el paisaje por observadores sin formación específica. Dentro de estos sitios, hemos incluido tanto los denominados *LIG* (Lugares de Interés Geológico), como los que nosotros denominamos *ZIP* (zonas de interés geológico) y como los *LIDGA* (Lugar de Interés para la Didáctica de la Geología Ambiental).

Palabras clave: Superficie de erosión, polje, acuífero, karst, toba.

Abstract: The geology and landscape of the Gúdar-Javalambre administrative region (comarca) are complex due to its setting in the folded cover of the Iberian Range. Some landscape elements, like relicts of large old erosion surfaces, geothermal interest of a karstic aquifer, stratigraphy and palaeontology of the Pliocene and Quaternary filling of the Sarrión basin, or the Triassic and Jurassic igneous rocks. Only evident elements are included in this inventory, classed as: *LIGs* (interesting places for geology), *ZIPs* (interesting zones) and *LIDGA* (interesting places for didactics of environmental geology)

Key words: erosion surface, polje, aquifer, karst, tuff.

INTRODUCCIÓN:

La comarca de Gudar-Javalambre, la más meridional de Aragón (Fig. 1), se emplaza enteramente en dominios de la Cadena Ibérica, donde se prolongan las estructuras de la Rama Castellana entre la fosa de Teruel y la Plan de Castellón, al sur del Maestrazgo y de la Zona de Enlace. La cobertera mesozoica plegada representa la mayor parte de la superficie aflorante. Esta cobertera está formada por una serie mesozoica potente que se extiende del Trías medio al Cretácico superior. En el SO de la Comarca (Javalambre) dominan los afloramientos de Triásico y Jurásico, mientras que al NE (Gúdar) el Cretácico es dominante. En la parte central (Depresión del Mijares) parte de la superficie está ocupada por los depósitos neógenos de la cuenca de Sarrión (p. ej. en Godoy et al. 1983).

En el territorio de la comarca se encuentran elementos de gran valor científico, pero difíciles de evaluar en términos de interés patrimonial. Las superficies de erosión neógenas, que son elementos muy



FIGURA 1. Situación de la comarca de Gudar-Javalambre (rayado) en los mapas de Aragón y España.

destacados del relieve de la comarca (Peña et al. 1984), las grandes extensiones de afloramiento limpio donde están expuestas las redes de fracturas resultantes de la historia tectónica de la cordillera (Liesa, 1999), el interés geotérmico del acuífero del Mijares (Sánchez Navarro et al. 2000, Gobierno de Aragón, 2001), el interés estratigráfico y paleontológico de los depósitos plio-cuaternarios de la cuenca de Sarrión (Sinusia et al. 2004), los numerosos restos de ignitas de dinosaurios del Cretácico de Formiche Alto (Cobos et al, 2005), las manifestaciones ígneas del Triásico y Jurásico (Lago et al. 2000), la presencia de cristales de teruelita en el

sedimento del Trías afectado térmicamente por el emplazamiento de rocas subvolcánicas, las mineralizaciones estratiformes de Pb-Zn del entorno de Linares de Mora (Mata et al. 2007) etc. Todos ellos son buenos ejemplos. Por esta razón se ha decidido incluir en esta contribución solo elementos que se pueden apreciar directamente en el terreno, sin necesidad de una formación específica o de hacerse llevar por guías expertos. Se han incluido catorce cabeceras de fichas (Fig.2) de elementos patrimoniales de distinto valor extensión y temática.

IPG GJ01	Mosqueruela, $\leftarrow 40^{\circ} 21' 03''$ N, $0^{\circ} 27' 15''$ O \rightarrow POLJES DE MOSQUERUELA	
<p>Extensa alineación de depresiones de origen kárstico del entorno de Mosqueruela, desarrolladas sobre las calizas Cretácicas. Se identifican superficies de erosión y acumulaciones de materiales residuales en los que se asientan las zonas más fértiles del entorno. Su interés geológico está reconocido por la DGA. Se considera una importante ZIG por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Ejemplo de <i>polje</i> de gran extensión y buenas condiciones de observación. * Estructura: Identificación de las fallas que condicionan su desarrollo. Sinclinal de Fortanete. <p>Refs.: Peña et al. 1984, Lozano 2004, Burillo 1993 (www.naturalezadearagon.com).</p>		
IPG GJ02	Linares de Mora, $40^{\circ} 18' 50''$ N, $0^{\circ} 31' 20''$ O BARRANCO DEL REBOLLAR	
<p>Barranco profundo que se extiende en continuidad con el polje de Mosqueruela. Permite observar el substrato del polje: el karst retocado por la erosión fluvial y las fallas que condicionan el desarrollo de la depresión. Se considera ZIG que complementa la de Mosqueruela por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Estructura: Red de fallas que condiciona los rasgos geomorfológicos. * Geomorfología: Procesos kársticos y substrato del polje de Mosqueruela. 		
IPG GJ 04	Linares de Mora, $40^{\circ} 17' 20''$ N, $0^{\circ} 33' 35''$ O MIRADOR DEL PUERTO DE LINARES	
<p>Modelado fluvial que incide las formaciones cretácicas a partir de las superficies de erosión finiterciarias. Condicionantes estructurales y litológicos. Influencia de los procesos kársticos. ZIG relacionado con:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Superficies de erosión finiterciarias incididas por la red fluvial. * Estructura: Condicionantes estructurales (fallas y pliegues) del desarrollo de la red fluvial. 		
IPG GJ 05	Rubielos de Mora, $40^{\circ} 08' 25''$ N, $0^{\circ} 43' 00''$ O ESTRECHOS DEL RÍO MIJARES	
<p>Encajamiento del río Mijares formando un cañón entre materiales neógenos y cuaternarios de la cuenca de Sarrión (o del Mijares). Evolución de las vertientes condicionada por la litología. Se considera ZIG por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Modelado fluvial del río Mijares. * Estratigrafía: Cortes de la cuenca de Carrión. * Geoquímica: Depósitos travertínicos recientes o activos. 		
IPG GL 06	Sarrión, $40^{\circ} 09' 18''$ N, $0^{\circ} 45' 39''$ O SURGENCIAS DE OJOS DE BABOR	
<p>Surgencia kárstica en el lecho del Mijares que hace aflorar una pequeña parte del drenaje subterráneo de las calizas mesozoicas y aporta un incremento significativo (unos 500 l/s) de caudal del Mijares. La temperatura del agua es algo superior a la media de superficie y, junto con otros manantiales del Mijares, tiene interés como región termal (Sánchez et al., 2000). Se considera ZIG por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Hidrogeología: Surgencia kárstica caudalosa y de interés hidrotermal. 		

FIGURA 2. (Continúa en las págs. siguientes)

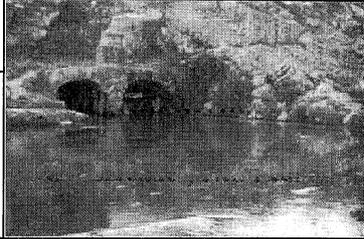
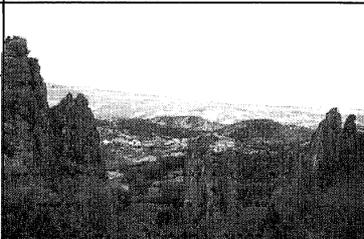
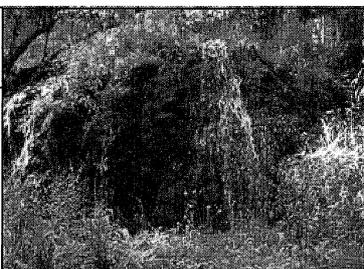
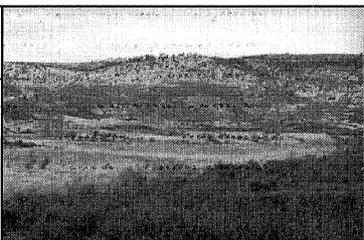
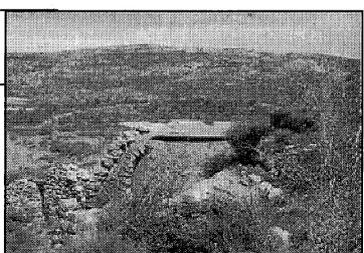
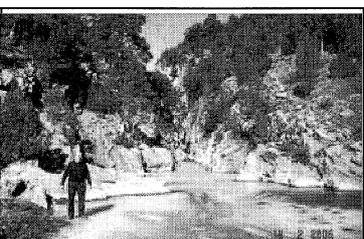
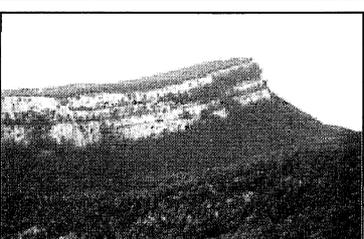
IPG GL 07	Sarrión, 40° 08' 29" N, 0° 45' 37" O. SURGENCIA DEL MOLINO DE ESCALERUELA	
<p>Incisión del río Albetosa (tributario del Mijares) que hace aflorar el substrato mesozoico (jurásico) entre los depósitos pliocuaternarios de la cuenca de Sarrión (Gautier, 1972). Importante surgencia kárstica. Se considera ZIG por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Dinámica fluvial, encajamiento en los depósitos pliocuaternarios. * Hidrogeología: Surgencia kárstica del drenaje del mesozoico de la región ibérico oriental. 		
IPG GL 08	Manzanera, 40° 03' 39" N, 0° 54' 16" O. LAS AGUJAS DE LAS ALHAMBRAS	
<p>Crestas y pináculos modelados por erosión diferencial de las capas verticales de dolomías del Trías Medio (Abril et al. 1978). Entorno de Las Alambros – Los Olmos. Se considera LIG por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Ejemplo destacado de erosión diferencial y de <i>hogbacks</i>. * Estratigrafía: Cortes del Trías, en especial del medio y superior. 		
IPG GJ 09	Manzanera, 40° 00' 54" N, 0° 52' 48" O. CASCADAS Y TRAVERTINOS DE FUENTE TEJEDA	
<p>El cauce del río de los Paraísos discurre sobre las dolomías y margas del Trías medio y superior, dejando en ambas vertientes las formaciones calcáreas del Jurásico (Abril et al. 1978). El drenaje de las calizas, muy karstificadas, da lugar a manantiales que surgen en el contacto con el Trías impermeable. En el valle de los Paraísos hay varios manantiales de este tipo y, en un de ellos, un balneario. La Fuente Tejeda, en un barranco de la orilla izquierda entre Paraíso Bajo y Paraíso Alto, es un LIG por aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Hidrogeología: drenaje del acuífero kárstico de las calizas jurásicas. * Hidrogeoquímico: precipitación de carbonatos y formación de tobas. 		
IPG GJ 10	Camarena de la Sierra, 40° 09' 04" N, 1° 02' 14" O. POLJE DE CAMARANA DE LA SIERRA	
<p>Modelado kárstico sobre diferentes litologías del Trías y acumulación de limos y arcillas como residuos insolubles, que dan origen a suelos fértiles. Depósito original degradado por incisiones posteriores y acción antrópica. ZIG interesante en términos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: modelado kárstico y acción fluvial. 		
IPG GJ 11	Camarena de la Sierra, 40° 09' 04" N, 1° 02' 14" O. TEJERÍA DE CAMARENA DE LA SIERRA	
<p>Construcción ya muy degradada e invadida por la maleza donde se identifica aún el horno de una tejería. La materia prima para la fabricación de tejas, ladrillos y otra cerámica rústica se extraía de los depósitos del relleno del <i>polje</i> de de Camarena. Se considera LIG y LIGDA por razones de:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Su valor en términos de patrimonio minero. * Ilustración de proceso industrial tradicional y sostenible. 		
IPG GJ 12	Formiche Alto, 40° 19' 28" N, 0° 53' 47" O. ESTRECHOS DEL RÍO MIJARES	
<p>Incisión del río Mijares en las calizas del Cretácico superior desde las superficies de erosión fini-terciarias. ZIG por justificado por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Modelado fluvial. 		
IPG GJ 13	Alcalá de la Selva, ←40° 19' 10" N, 0° 43' 25" O → CAÑÓN DEL RÍO ALCALÁ	
<p>Encajamiento del río Alcalá, afluente del Mijares, entre las calizas cretácicas. Valle profundo con vertientes escalonadas por la erosión diferencial de los tramos calcáreos de difente competencia. Cuestas. Restos de superficie de erosión fini-terciaria. Consideración de ZIG por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Modelado fluvial, erosión diferencial. 		

FIGURA 2. (Continúa en la página siguiente)

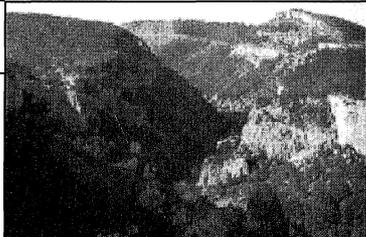
IPG GJ 14	Castellar de la Selva, 40° 24' 33" N, 0° 48' 10" O. NACIMIENTO DEL RÍO MIJARES	
<p>Surgencia más o menos concentrada de aguas del acuífero kárstico del Cretácico. Modelado fluvial entre condicionantes litológicos y estructurales. LIG en cuanto a:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Hidrogeología: Surgencia de acuífero kárstico. * Geomorfología: Modelado fluvial. 		
IPG GJ 15	Olba, ← 40° 07' 45" N, 0° 39' 30" O → CONGOSTO DE OLBA	
<p>Modelado fluvial: Encajamiento meandriforme del cauce del Mijares en las areniscas y calizas del Cretácico inferior, después de haberse abierto paso entre los depósitos neógenos y cuaternarios de Cuenca de Carrión. Intensa actividad cársica con varias surgencias caudalosas (Olba, 1500 l/s) y de interés geotérmico. Interesantes obras hidráulicas. ZIG reconocida por la DGA. Interesante por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfología: Modelado fluvial, evolución del relieve desde el Neógeno. * Hidrogeología: Surgencias caudalosas de interés geotérmico (Sanchez et al., 2000). 		

FIGURA 2. Cabeceras de fichas de objetos patrimoniales de la Comarca de Gúdar-Javalambre.

CONSIDERACIONES

La comarca de Gúdar-Javalambre tiene escasa población y una considerable extensión de terreno accidentado y poco accesible. A su vez tiene una gran variedad en términos de estratigrafía, estructura y formas del relieve. Aunque se conocen los aspectos más generales y la cartografía geológica está hecha desde los años 70 y 80 (Hojas: 569/Canerot y Pignatelli 1977; 568/Gautier 1978; 613/Abril et al. 1978; 592/Trell et al. 1979; 590/Godoy et al. 1983; 591/Almera et al. 1986...), parece indudable que se requiere un contacto más próximo con el terreno. Los hallazgos paleontológicos nos parecen escasos y puntuales en relación con la extensión de territorio y de serie estratigráfica representada, lo mismo que ocurre con los indicios minerales, las formas del relieve a escala no observable por fotografía aérea, etc. Posiblemente la des población también favorece el olvido de pequeñas obras mineras o ingenios hidráulicos que merecerían cierta consideración de elementos patrimoniales.

El acercamiento institucional, con actos de divulgación y concienciación sería más fácil si existieran centros de enseñanza media en el territorio, pero no es el caso, de modo que la comarca puede tener la consideración de "reserva" casi intacta en términos de patrimonio geológico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Servicio de Promoción y Ordenación Minera, Gobierno de Aragón, la contribución y asesoramiento dedicados a este proyecto.

REFERENCIAS

Godoy, A., Olivé, A., y Moissenet, E. (1983): *Mapa geológico de España. Escala 1:50.000. Hoja nº 613 (Camarena de la Sierra)*. IGME, Madrid.

- Cobos, A., Mampel, L., Royo-Torres, R., Esquilez, E. y L. Alcalá (2005): Nuevos yacimientos de icnitas de dinosaurio en Formiche Alto (Teruel). *Geogaceta*, 38: 19-22.
- Gobierno de Aragón, Ed. (2001): *Atlas de la energía geotérmica en Aragón*. Departamento de Industria, Comercio y Desarrollo, Gobierno de Aragón. Zaragoza, 190 p.
- Lago San José, M., Galé Bornao, C., Arranz Yagüe, E., Gil Imaz, A., Pocoví Juan, A. y Vaquer Navarro, R. (2000). The Triassic alkaline dolerites of the Valacloche-Camarena area (SE-Iberian Chain, Teruel: Geodynamic implications. *Estudios Geológicos*, 56 (5-6): 211-228.
- Liesa Carrera, C. (1999): Fracturación y campos de esfuerzos compresivos alpinos en la Cordillera Ibérica y el NE Peninsular. Tesis doctoral, Univ. de Zaragoza, 611p.
- Lozano Tena, M. V. (2004): Gudar-Javalambre: montañas y llanos. En: *Comarca de Gudar-Javalambre* (M.V. Lozano Tena, Coord.). Gobierno de Aragón, Colección Territorio, 13: 19-36.
- Mata Perelló, J.M., Arpón Moreno, M.J. y Larruga Jiménez, S. (2007): Datos para el conocimiento del patrimonio geológico de la comarca turolense de Gúdar - Javalambre, (Sistema Ibérico). *VII Congreso Internacional Sobre Patrimonio Geológico y Minero de la SEDPGYM, Puertollano*. Actas: 67-92.
- Peña, J.L., Gutiérrez M., Ibáñez, M. J., Lozano, M. V., Rodríguez, J. Sánchez, M. Simón, J. L., Soriano, M. A. y Yetano, M. (1984): *Geomorfología de la provincia de Teruel*. Instituto de Estudios Turolenses, Teruel, 149 p.
- Sanchez Navarro J. A., Coloma López, P., Pérez García, A. y De Leiva Juan, A. (2000): Evaluación del flujo geotérmico en manantiales de Aragón. *Geogaceta*, 27: 155-158.
- Sinusia, C., Pueyo, E.L., Azanza, B., y Pocoví A. (2004): Datación magnetoestratigráfica del yacimiento paleontológico de la Puebla de Valverde (Teruel). *Geo-Temas*, 6 (4): 339-342.

Contribución al inventario del Patrimonio Geológico de dos comarcas aragonesas del extremo Sur de la Cuenca del Ebro: Bajo Aragón y Bajo Aragón – Caspe (NE de España).

Inventoring the Geological Heritage of two Aragonian administrative regions (comarcas): Bajo Aragón and Bajo Aragón-Caspe. Southernmost part of the Ebro Basin (NE Spain).

J. M. Mata-Perelló^{1,2}, R. Mata Leonart^{1,2}, A. Pocoví Juan^{2,3} y J. Vilaltella²

1 Dept. d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals de la UPC. Bases de Manresa 61 – 73; 08242 Manresa, mata@emrn.upc.edu, rmata@colgeocat.org

2 Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM).

3 Dpto. de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. apocovi@unizar.es

Resumen: En este trabajo se presenta una recopilación de aspectos geológicos que se estiman de interés para ser considerados componentes del Patrimonio Geológico en dos comarcas aragonesas: *Bajo Aragón (Teruel)* y *Bajo Aragón-Caspe / Baix Aragó-Casp (Zaragoza)*, que tiene el común el hecho de que su territorio se ubica predominantemente en el margen sur de la Cuenca del Ebro, aunque la más meridional se extiende también por el dominio de las estructuras alpinas de la Cadena Ibérica (Zona de Enlace) y de las cuencas delimitadas por aquellas. Se incluyen tanto los denominados **LIG** (Lugares de Interés Geológico), como las **ZIP** (Zonas de Interés Geológico) y los **LIDGA** (Lugar de Interés para la Didáctica de la Geología Ambiental).

Palabras clave: Cuenca del Ebro, Cordillera Ibérica, Zona de Enlace, endorreísmo, paleocanales.

Abstract: A compilation is presented of interesting geological sites as a contribution to the inventory of the Geological Heritage of two administrative regions (comarcas): *Bajo Aragón and Bajo Aragón – Caspe*, both located in the southernmost part of the Ebro Basin. Nevertheless one of them (*Bajo Aragón*) includes a part of the alpine structures of the Iberian Range (Beceite Portalrubio Thrust belt) and peripheral tertiary basins. Sites called “LIG” (Geological interesting points), “ZIP” (interesting zones) and “LIGDA” (interesting sites on environmental geodidactics) are included.

Key words: Ebro Basin, Iberian Ranges, Portalrubio-Vandellos trust belt, endorreic environment, exhumed paleochannels.

INTRODUCCIÓN

Las comarcas de Bajo Aragón (Teruel) y Bajo Aragón-Caspe / Baix Aragó-Casp (Zaragoza) se extienden en su mayor parte sobre el extremo sur de la Cuenca del Ebro (Fig. 1). La más meridional, la turolese, se extiende además en el dominio de las estructuras alpinas del arco de Portalrubio – Vandellós o Zona de Enlace. Por tanto se sitúa sobre los materiales neógenos poco deformados de la Cuenca del Ebro y por el dominio plegado de la Cadena Ibérica, donde a partir de los núcleos de los pliegues y frentes de láminas de cabalgamiento aflora una serie que empieza en el triásico medio y, con más o menos interrupciones, alcanza hasta el Paleógeno. Esta serie incluye un Jurásico inferior y medio con fauna abundante, un Cretácico inferior especialmente interesante por albergar las formaciones de lignitos o hullas sub-bituminosas de la Comarca de Bajo Aragón y su vecina de las Cuencas Míneras. En apariencia, al tener la mayor parte del territorio en Cuenca del Ebro, la geodiversidad en estas comarcas no puede ser tan rica como en las que se extienden sobre los terrenos plegados de la Cadena

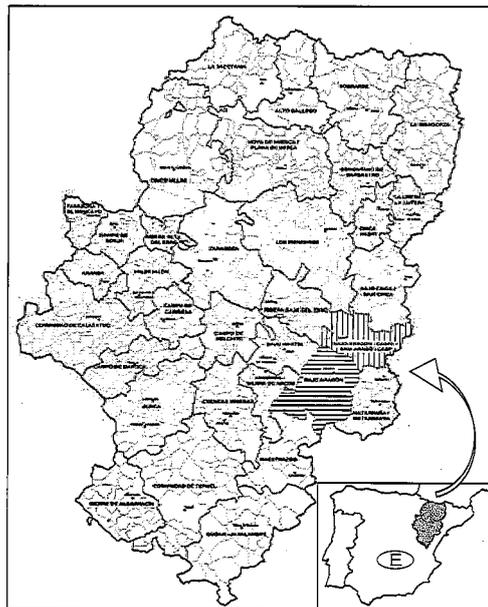


FIGURA 1. Localización de las comarcas de Bajo Aragón (rayado horizontal) y Bajo Aragón-Caspe (rayado vertical) en el Mapa Comarcal de Aragón y en la Península Ibérica.

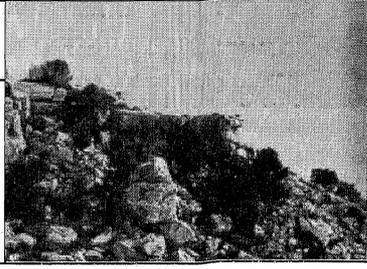
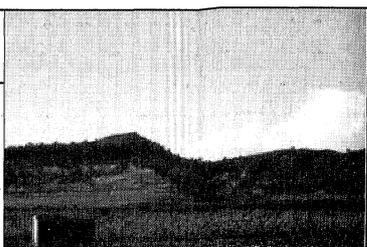
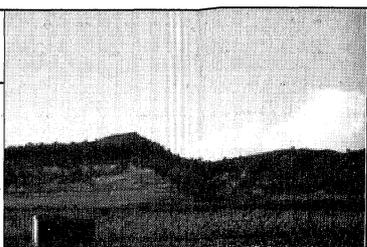
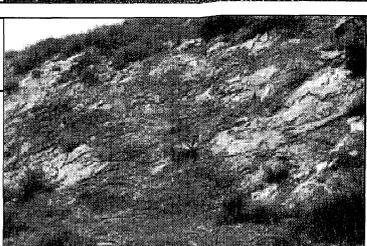
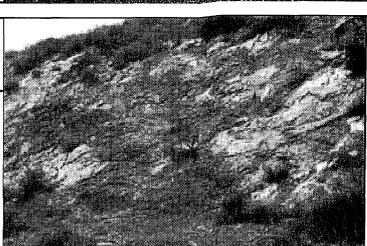
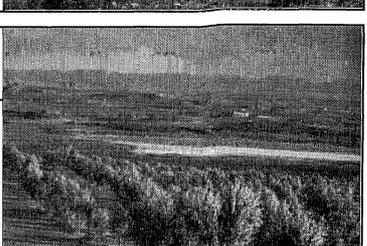
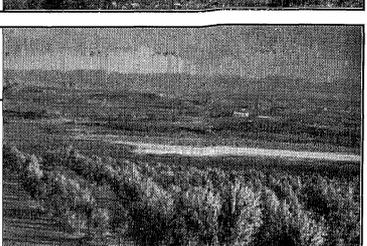
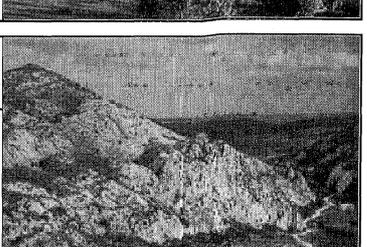
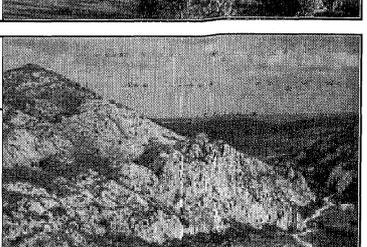
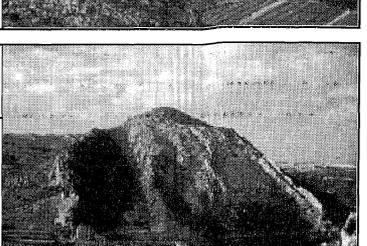
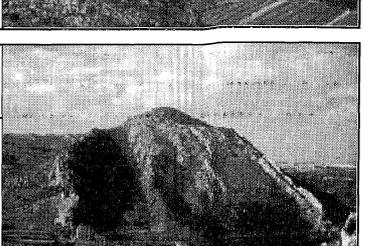
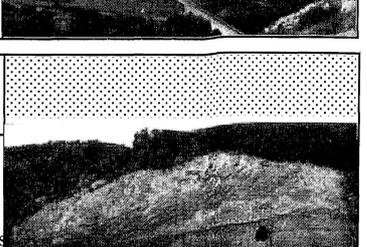
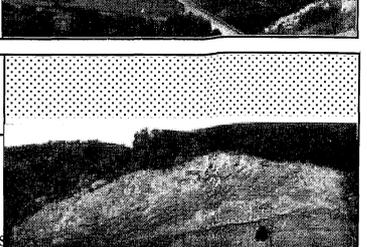
IPG BA 01	Alcañiz, 41° 05' 36" N, 0° 08' 24" O y muchos otros PALEOCANAL EXHUMADO (RÍO FOSILIZADO)	
<p>CARACTERÍSTICAS: En una gran extensión del extremo sur de la Cuenca del Ebro se sedimentó una formación limo-arcillosa sobre la que se instalaban cursos fluviales efímeros que se colmataban por las arenas y gravillas que transportaban y quedan enterrados bajo nuevos depósitos (Riba et al. 1967, Burillo 1993). Una vez cementadas estas arenas son más resistentes, de modo que la erosión los deja al descubierto, formando características lomas (relieve invertido). Representa una ZIG específica.</p> <p>* Representa un lugar único en el mundo por su abundancia, variedad de formas y adecuado estado de conservación – exposición. Están expuestos atentados por vías de comunicación y explanaciones.</p>		
IPG BA 02	Alcañiz, 41° 8' 16" N, 0° 15' 0" O Afloramiento paleozoico y relieve de Puigmoreno	
<p>CARACTERÍSTICAS: Conjunto de pequeños afloramientos en los que se exponen unos 250m de serie carbonífera atribuida al Namuriense o al Kasimoviense según autores (Gibbons y Moreno, 2000), por la erosión de la cobertera cenozoica en el núcleo de un pliegue-falla. ZIG especialmente importante por:</p> <p>* Estratigrafía / Geología regional: Único afloramiento de Paleozoico debajo del Cenozoico de la cuenca</p> <p>* Geomorfología: Facetas triangulares de los niveles carbonáticos de la base de la serie cenozoica Refs.: Carls et al. 2004, Escuder Viruete 2005, Ríos et al. 1981 (En Baquer et al. 2008).</p>		
IPG BA 03	Alcañiz (Valmuel), 41° 01' N, 0° 12' O Costras ferruginosa (hardgrounds) de Valmuel	
<p>CARACTERÍSTICAS: Costras ferruginosas (hardground), probablemente paleosuelos, entre los niveles carbonáticos de la base de la serie cenozoica de la cuenca del Ebro junto a los afloramientos carboníferos de Puigmoreno. LIG significativo por:</p> <p>* Sedimentología: Depósitos de calizas lacustres de régimen hídrico variable, con desecación y desarrollo de horizontes húmicos y concentraciones ferruginosas.</p>		
IPG BA 04	Alcañiz y Calanda, 41°02' 30" N, 0° 12' 15" O Lagunas Saladas de Alcañiz - Calanda	
<p>CARACTERÍSTICAS: Importante conjunto de lagunas endorreicas (Salada Grande, Salada Pequeña, La Jabonera, Las terrazas, Salada de Calanda), de aguas salobres (Escuder, 2005) con desecaciones periódicas y precipitación de minerales evaporíticos. Importante ZIG por sus aspectos</p> <p>* Geomorfológicos: Dominio endorraico</p> <p>* Hidrogeológicos: Régimen hídrico</p> <p>* Mineralógicos: Precipitación de halita, epsomita, hexahidrita, y otras sales.</p>		
IPG BA 05	Foz – Calanda, 40° 55' 58" N, 0°15' 32" O LOS ÓRGANOS DE FOZ	
<p>CARACTERÍSTICAS: El río Guadalopillo corta la serie jurásica de los dos flancos del anticlinal de Calanda determinando dos estrechos espectaculares. En las capas verticales del flanco N, una serie de pináculos en las calizas de la base del Lías forman los "organos" de Foz Calanda. ZIG significativa por:</p> <p>* Geomorfología: Relieve jurásico. Cluse del anticlinal de Calanda desventrado. <i>Hogbacks</i> y <i>flatirons</i>.</p> <p>* Estratigrafía: Series del Trías medio y superior. Serie del Jurásico. Ref.: Anadón y Albert 1973, Márquez-Aliaga et al. 1987.</p>		
IPG BA 06	Calanda, 40° 55' 20" N, 0°12' 25" O CLUSE DEL GUADALOPE	
<p>CARACTERÍSTICAS: El río Guadalupe atraviesa el anticlinal de Calanda en dirección perpendicular a su eje, cerca de su terminación oriental. En la orilla derecha se ve la charnela del anticlinal, mientras en la izquierda está desventrado. En el flanco Sur se asienta la presa de Calanda. ZIG significativa por:</p> <p>* Geomorfología: Relieve jurásico. Cluse y periclinal del anticlinal de Calanda.</p> <p>* Estratigrafía: Series del Trías medio y superior. Serie del Jurásico. En la foto, flanco N del anticlinal. Ref.: Anadón y Albert 1973, Márquez-Aliaga et al. 1987.</p>		
IPG BA07	La Ginebrosa, 40° 53' 26" N, 0° 13' 01" O CABALGAMIENTO DE LOS BERTOLINES	
<p>CARACTERÍSTICAS: El talud de la carretera corta el plano de cabalgamiento de Los Bertolines. El Trías del bloque superior se apoya sobre Cretácico inf. (Fm Escucha) de la lámina del Morrón con presencia de lenticulas de Lías. En las inmediaciones hay labores mineras en Fm Escucha.</p> <p>* Geología estructural / Tectónica: Detalles del plano de cabalgamiento y relaciones de corte de capas</p> <p>* Estratigrafía: Aspectos de la Fm Escucha y de la serie del Tríasico y Jurásico.</p> <p>* Paleogeografía: Superficie de erosión karstificada sobre jurásico, bajo Fm Escucha.</p>		

FIGURA 2. (Continúa en las páginas siguientes)

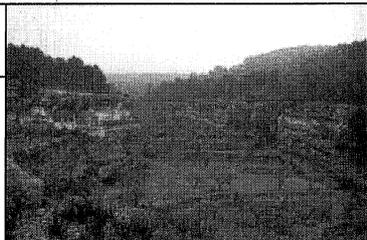
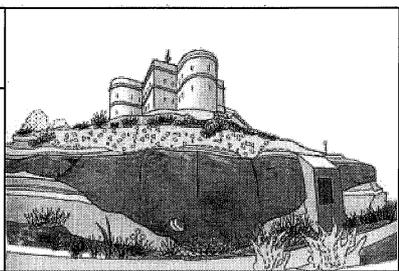
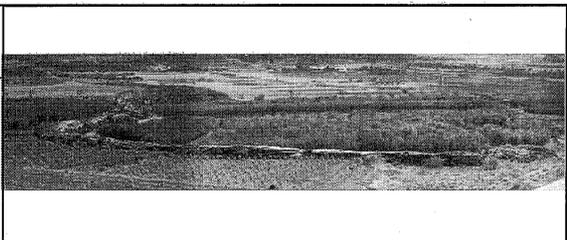
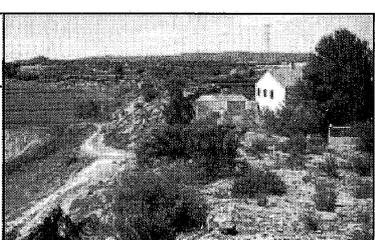
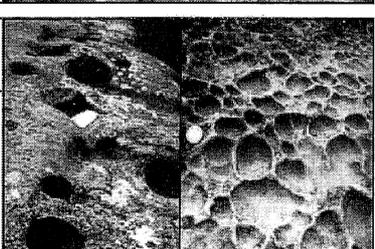
IPG BA08	La Ginebrosa – Foz Calanda, 40° 52' 47" N, 0° 12' 38" O ESTRECHO DE EL CHORRADOR, RÍO GUADALOPE	
<p>CARACTERÍSTICAS: Desfiladero del río Guadalope entre la Depresión de Mas de las Matas y la Masada del Diablo (Foz Calanda, ruinas). El cauce meandriforme se encaja en las calizas del Jurásico de la lámina de Los Bertolines.</p> <p>* Geomorfología: Meandros encajados del río Guadalope.</p> <p>* Geología estructural: Trenes de pliegues decamétricos de la lámina de la Umbria</p>		
IPG BA09	Cañada de Verich – La Ginebrosa CUBETA TERCIARIA DE LA GINEBROSA	
<p>CARACTERÍSTICAS: Cubeta terciaria aislada de la Cuenca del Ebro por la cresta mesozoica de la Sierra de la Ginebrosa, tiene relleno peculiar. Colmatada en el neógeno, la erosión de los niveles tabulares de lugar a formas de meseta y valles de fondo plano, como la Cañada del Comendador. Se considera ZIG por:</p> <p>* Aspectos estratigráficos: Cubeta con relleno sin-post tectónico.</p> <p>* Geomorfología: relieve tabular incidido por la erosión fluvial.</p>		
IPG CA01	Caspe, Torre de Salamanca, 41° 14' N, 0° 02' O SECCIÓN DE PALEOCANAL, MONTEAGUDO	
<p>CARACTERÍSTICAS: Corte de paleocanal de arenisca en afloramiento "urbano" (calle del Castillo). Sección cóncava de la base erosionando las capas horizontales de arcillas y limos de llanura de inundación. Cantos blandos acumulados entre la arenisca del canal. LIG significativo por:</p> <p>* Sedimentología: Elemento de caracterización del medio fluvial de la Fm Caspe.</p> <p>* Paleogeografía: Reflejo de la Cuenca del Ebro en el Oligoceno (Pardo et al. 2004).</p> <p>Ref.: Riba et al. 1967, Quitantes 1978, Villaña et al. 1992, Sola et al. 1997 (En Baquer et al. 2008).</p>		
IPG CA02	Caspe, carretera N-211, pk 267. PALEOCANAL EXHUMADO	
<p>CARACTERÍSTICAS: Relieve invertido de paleocanal exhumado. El relleno arenoso del paleocanal una vez litificado es más resistente a la erosión que las arcillas y limos que lo engloban. La erosión reciente lo "desentierra".</p> <p>* Este ejemplo excepcional se conserva una longitud de 1,3km y se aprecia, en planta y en vista oblicua (foto), los "paleomeandros" del viejo curso fluvial.</p>		
IPG CA03	Chiprana, 41° 14' 23" N, 0° 10' 58" O Laguna "LA SALADA"	
<p>CARACTERÍSTICAS: La Salada es la más destacada de un conjunto de pequeñas lagunas endorreicas junto con La Estanca, y Palermo. Refugio de avifauna. Habitat de crustáceos, algas y bacterias.</p> <p>* Hidrogeología: Régimen hídrico, geoquímica de las aguas.</p> <p>* Geomorfología: Dominio endorreico. Paleocanales exhumados en el entorno y dentro de La Salada.</p> <p>* Mineralogía: Precipitación cíclica de sales: halita, epsomita, hexahidrita.</p> <p>Ref.: Baquer 1999, Guerrero et al. 1987, Pueyo, 1979 (En Baquer et al. 2008).</p>		
IPG CA04	Caspe, 41° 13' 33" N, 0° 09' 26" O PALEOCANAL DE LA ESCUELA RURAL	
<p>CARACTERÍSTICAS: El paleocanal de la escuela rural de Caspe, cerca de la estación de Chiprana conserva una continuidad de casi 1 km y varios cortes que permiten apreciar sus estructuras internas (laminación cruzada, granoclasificación, ...). Ha sido objeto de diversas publicaciones y visitas de congresos. Se puede considerar un destacado LIG por su interés</p> <p>* Geomorfológico: Paleocanal exhumado de gran extensión aflorante.</p> <p>* Sedimentológico: Ambiente sedimentario de la Fm Caspe y estructuras sedimentarias.</p> <p>Refs.: Riba et al. 1967, Quitantes 1978 (En Baquer et al. 2008).</p>		
IPG CA05	Caspe, 41° 12' 10" N, 0° 02' 05" O FORMAS DE EROSIÓN DE ARENISCAS	
<p>CARACTERÍSTICAS: El entorno del puente de Mesatrigos (Caspe) reúne un conjunto de formas de erosión de las areniscas de los paleocanales que merecen atención. El riego puntual se asienta sobre un paleocanal en el que pueden verse varios "sets" de estratificación cruzada. En la misma arenisca las formas de erosión justifican un LIG significativo por su interés:</p> <p>* Geomorfológico: Gnamas, alveolos (Fotos), canales parcialmente exhumados.</p> <p>* Sedimentológico: Estructuras sedimentarias. Pequeño escarpe con corte de la Fm Caspe.</p> <p>Ref.: Baquer et al. 2008.</p>		

FIGURA 2. (Continúa en la página siguiente)

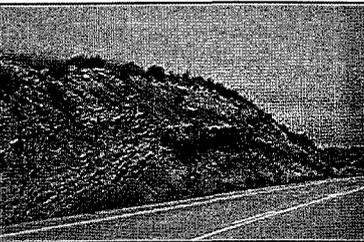
IPG CA07	Caspe, 41° 11' 05" N, 0° 02' 55" E ANTICLINAL DE MIRAFLORES	
<p>CARACTERÍSTICAS: Pliegue laxo que afecta a las capas de arcilla, limos y areniscas de la parte más baja de la serie terciaria de esta parte de la Cuenca del Ebro e incluso deja aflorar en su núcleo, una pequeña mancha de calizas mesozoicas. No es una estructura muy llamativa pero es excepcional entre la "horizontalidad" dominante en la región. Representa un LIG de interés en términos de:</p> <p>* Estructura: Alcance de las deformaciones alpinas dentro de la Cuenca del Ebro.</p> <p>* Paleogeografía: permite observación directa del substrato mesozoico del relleno de la Cuenca.</p>		
IPG CA08	Maella y Fabara, ← 41° 08' 40" N, 0° 09' 00" E → PLIEGUE DE LAS PASCUALAS	
<p>CARACTERÍSTICAS: Flexión monoclinial que se extiende a lo largo de unos 20 km en dirección E-O, cruzando el Guadalupe a la altura del embalse de Civán y el Matarraña entre Maella y Fabara. Parece corresponder a un pliegue de acomodación de una falla del substrato, probablemente una falla normal que tiene el bloque sur hundido al menos medio centenar de metros. Se considera ZIG por su interés en:</p> <p>* Geología estructural: Ejemplo de pliegue de acomodación (<i>bendig</i>).</p> <p>* Geomorfología: Formas de relieve estructural. Facetas triangulares en el sector entre Maella y Fabara.</p>		

FIGURA 2. Cabeceras de las fichas de 17 objetos de interés patrimonial de las comarcas de Bajo Aragón (Teruel) y Bajo Aragón-Caspe (Zaragoza)

Ibérica, por ejemplo; no obstante aquí se concentran algunos aspectos de alto valor científico y que dan carácter al paisaje de la zona. Entre ellas se destacan las lagunas endorreicas (Fig. 2: Fichas IPG BA04 y CA03) y los paleocanales exhumados (Fig. 2: Fichas IPG BA01, CA01-04 y CA06).

CONCLUSIONES

La variedad de objetos de interés patrimonial en las comarcas del Bajo Aragón no es tan alta como en las comarcas con mucha extensión situada sobre dominios plegados (C. Ibérica o Pirineos). No obstante hay que destacar que algunos de los elementos que aquí se exponen son de gran relevancia patrimonial, científica, económica y didáctica. Baste recordar los cortes del Jurásico, los yacimientos de lignitos del Cretácico inferior o los ejemplos de modelado de estilo Jurásico del valle del Guadalupe, en la parte meridional de la comarca del Bajo Aragón. En la parte correspondiente a la Cuenca del Ebro, los objetos de interés patrimonial son menos espectaculares, pero también merecen una atención especial, unos por presentarse aquí con una concentración y calidad de exposición únicas en el mundo (los paleocanales), otros por ser excepcionales y necesarios para entender la estructura de la Cuenca del Ebro.

En general los puntos referenciados no son extremadamente vulnerables y no requieren medidas urgentes de protección, exceptuando las lagunas endorreicas, que ya cuentan con figuras de protección. A parte de estas, algunos ejemplos de paleocanales están expuestos a "mutilaciones" en las explicaciones para nuevos regadíos.

REFERENCIAS

- Anadón, P. y Albert, J.F. (1973): Hallazgo de una fauna del Muschelkalk en el Triás del anticlinal de Calanda (provincia de Teruel). *Acta Geologica Hispanica*, 8 (5): 151-152.
- Baquer, E., Caus, E., Desir, G., Navarro, J. M., Panillo, D., Panillo, J. Y A. Pocoví, 2008. Pinceladas de geología. En: *Comarca de Bajo Aragón-Caspe* (M. Caballú y F.J. Cortés, coords). Gobierno de Aragón. Colección Territorio, 30: 23-44.
- Burillo Panivino, F. J. (1993): Relación de puntos de interés. Patrimonio Geológico Aragonés. Geología de Aragón, España. www.naturalezadearagon.com
- Carls, P., Gozalo, R., Valenzuela-Rios, J. I. y Truyols-Massoni, T. (2004): La sedimentación marina devónico-carbonífera. En: *Geología de España* (J. A. Vera, coord. gral.). Instituto Geológico y Minero de España y Sociedad Geológica de España, Madrid: 475-479.
- Escuder Viruete, J. (2005): El relieve de la comarca del Bajo Aragón. En: *Comarca del Bajo Aragón* (J.I. Nicolau y T. Thomson, coords.), Gobierno de Aragón. Colección Territorio, 18: 21-29.
- Guerrero, M., Pedrós, C., Esteve, I., y Mas, J. (1987): Communities of phototrophic sulfur bacteria in lakes of the Spain mediterranean region. *Acta Academiae Aboensis*, 47: 125-151.
- Márquez-Aliaga, A., Márquez, L., March, M., Goy, A., y Brito, J. M. (1987): Aspectos paleontológicos del Muschelkalk de la zona de Calanda (Provincia de Teruel). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 11: 677-689.
- Pardo, G., Arenas, C. González, A., Luzón, A., Muñoz, A., Pérez, A., Pérez-Rivares, F.J., Vázquez-Úrbez, M. y Villena, J. (2004): La Cuenca del Ebro. En: *Geología de España* (J.A. Vera, coord. Gral.). IGME y SGE, Madrid: 533-543.
- Pueyo, J.J. (1979): La precipitación evaporítica actual en las lagunas saladas del área: Bujaraloz, Sástago, Caspe, Alcañiz y Calanda (Provincias de Zaragoza y Teruel). *Revista del Instituto de Investigaciones Geológicas*, 33: 5-56.
- Riba, O., Villena, J. y Quitantes, J. (1967): Nota preliminar sobre la sedimentación en paleocanales terciarios de la zona de Caspe-Chiprana (Provincia de Zaragoza). *Anales de Edafología y Agrobiología*, 26: 617-634.

Las comarcas del Aranda y Valdejalón. Inventario del Patrimonio Geológico. (Zaragoza, Aragón, Sistema Ibérico)

Contribution to the Geological Heritage Inventory of Aranda and Valdejalón regions (Zaragoza, Aragón, Iberian Range)

J. M. Mata Perelló^{1,2}, R. Mata Leonart^{1,2}, A. Pocoví Juan^{2,3} y J. Vilaltella²

1 Dept. d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals de la UPC. Bases de Manresa 61 - 73; 08242 Manresa. mata@emrn.upc.edu, rmata@colgeocat.org

2 Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM)

3 Dpto. de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. apocovi@unizar.es

Resumen: Este trabajo se enmarca dentro de un plan de inventario comarcal del patrimonio geológico de Aragón. En las Comarcas del Aranda y Valdejalón, ambas situadas sobre la Cadena Ibérica Oriental, se han inventariado 18 parajes incluyendo tanto los denominados *LIG* (Lugares de Interés Geológico), como los que denominamos *ZIP* (Zonas de Interés Geológico) o los *LIDGA* (Lugar de Interés para la Didáctica de la Geología Ambiental). Dominan los parajes de interés geomorfológico, pero también se destacan algunos puntos de interés estructural, mineralógico y mineralogénico.

Palabras clave: Fichas *LIG* - *ZIG*, didáctica, geología ambiental, mineralogía, mineralogénesis

Abstract: This is a part of an inventory plan for the geological heritage of every administrative area (called "comarcas") of Aragon. In the "comarcas" of Aranda and Valdejalón, both located in the Iberian Range, 18 places have been inventoried as *LIGs* (interesting geological sites), *ZIPs* (interesting geological zones) or *LIDGAs* (interesting places for didactics of environmental geology). Concerning points taken in account in this inventory, geomorphologic interest is prevalent, but also they are estimable points in terms of its stratigraphic, tectonic, and mineralogical interest.

Key words: *LIG-ZIG* cards, didactics, environmental geology, mineralogy, ore deposits.

INTRODUCCIÓN

Las comarcas zaragozanas del Aranda y Valdejalón, se ubican en la *Rama Aragonesa de la Cadena Ibérica*. Solo la más oriental (Valdejalón) extiende parte de su territorio sobre la Cuenca del Ebro y la más occidental (Aranda) roza la cuenca de Calatayud en las estribaciones del término de Aranda de Moncayo (Fig. 1). De este modo, entre las dos comarcas se completa una transversal muy representativa del bloque oriental de la Ibérica. Los terrenos representados en estos dominios son muy variados, incluyendo los afloramientos de Precámbrico y Cámbrico de la parte oriental de la Comarca de Aranda, los extensos afloramientos de Mesozoico de la parte central del conjunto, formados esencialmente por materiales triásicos y jurásicos, y los terciarios de la Cuenca del Ebro en la parte oriental, y del sinclinal de Mesones en la Comarca del Aranda. Estas características geológicas, configuran una gran geodiversidad del conjunto de estas comarcas (Mata Perelló y Vilaltella Farràs, 2009 a, b y c). Fruto de ello es la existencia de un importante patrimonio geológico del que hablaremos a continuación. Algunos de los elementos que aquí se mencionarán ya se incluyen en el inventario por la Consejería de Medio Ambiente del Gobierno de Aragón, como el Congosto del río Jalón en Chodes o las surgencias de los Ojos del Pontil en Rueda de Jalón. Otras deberían reconocerse como tales, como los que

aquí se muestran en los encabezados de nuestras fichas (Fig. 2).



FIGURA 1. Localización de las comarcas del Aranda (rayado vertical) y Valdejalón (rayado horizontal). Sobre el mapa comarcal de Aragón y en la Península Ibérica.

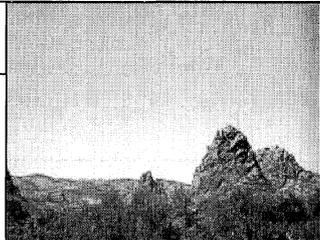
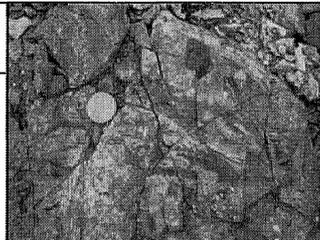
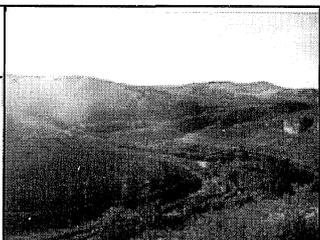
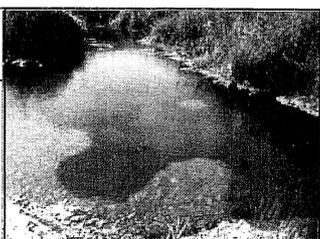
IPG VJ01	CHODES (Villanueva de Jalón esta despoblada y agregada a Chodes) CONGOSTO DEL RÍO JALON EN VILLANUEVA DE JALÓN	
<p>CARACTERÍSTICAS: Modelado fluvial / ZIG significativo por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Espectacular meandro del cauce del Jalón en el desfiladero (congesto) desarrollado sobre las cuarcitas y pizarras del Tremadoc (Ordovícico inferior) de la Cadena Ibérica. * Significativo patrimonio minero en las inmediaciones: Antiguas minas de baritina sobre mineralizaciones filonianas y vieja extracción de cobalto. * Terrazas escalonadas. Actividad antrópica: Cultivos, vías de comunicación, obras hidráulicas. 		
IPG VJ02	CHODES CONGOSTO DEL RÍO JALON EN EL ESTRECHO Y LA LOMA DE LAS TORCAS	
<p>CARACTERÍSTICAS: Modelado fluvial / Modelado kárstico / ZIG significativo por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Estrecho excavado por el río Jalón a través de las calizas mesozoicas de la Cadena Ibérica. * Tramo de meandros encajados entre la Loma de las Torcas y Riela. * Punto de interés Hidrogeológico (estación de aforo) y kárstico (ventana "Puente de Roca" en la foto). * Paredes de interés para practicar escalada. 		
IPG VJ03	CHODES LAS AGUJAS DE CHODES	
<p>CARACTERÍSTICAS: Modelado fluvial / Modelado kárstico / ZIG significativo por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Formas de erosión en los materiales mesozoicos (Lías inferior) de la Cadena Ibérica. * Relieves residuales de actividad kárstica y fluvial. 		
IPG VJ04	EPILA (Inmediaciones de Rodanas) LOS "RED BEDS" DE LAS MINAS DE RODANAS	
<p>CARACTERÍSTICAS: Punto de interés mineralógico, mineralogenético, paleontológico y estratigráfico. ZIG de muy alto interés por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Serie de las capas rojas del Triásico inferior con alto contenido en restos vegetales (foto). * Mineralizaciones de cobre y uranio bien expuestas, asociadas a este "red-bed". * Patrimonio minero muy importante: Ruinas de la mina La Esperanza. <p>REF.: Díez et al. 1996.</p>		
IPG VJ05	EPILA (Inmediaciones Rodanas y de las ruinas de la mina La Esperanza) CONTACTO DE ROCAS IGNEAS (BASALTOS) CON LAS CALIZAS TRIÁSICAS	
<p>CARACTERÍSTICAS: Punto que permite observar el resultado de procesos magmáticos. LIG por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Buena exposición de un contacto de basalto con capas de caliza triásica de facies Muschelkalk. * Indicios de metamorfismo de contacto y asimilación de las calizas y arcillas por el magma basáltico. * Facies del basalto subvolcánico, con vesículas de desgasificación mineralizadas. 		
IPG VJ06	RICLA ESTRECHO Y MEANDROS DEL JALÓN EN EL ESTRECHO Y LOS CERRADOS	
<p>CARACTERÍSTICAS: Interesante tramo de meandros excavados por el Jalón a través de la serie del Jurásico en las inmediaciones de Riela. Importante ZIG por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Los grandes meandros encajados en la serie de calizas y margas del Jurásico. * La serie Jurásica bien expuesta y con alto contenido paleontológico. * Cavidades kársticas desarrolladas preferentemente en las calizas del Lías inferior. * Espectaculares pliegues angulares en las calizas del Lías inferior (Fm Cuevas Labradas). 		
IPG VJ08	RUEDA DE JALÓN LOS OJOS DE PONTIL	
<p>CARACTERÍSTICAS: Alumbramiento de aguas subterráneas que incrementa significativamente el caudal del río Jalón. Importante LIG por su interés desde los puntos de vista:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Hidrogeológico, como surgencia de un complejo sistema acuífero. * Hidrológico por los caudales vertidos al Río Jalón. <p>Es un punto de interés geológico e hidrogeológico en todos los inventarios</p>		

FIGURA 2. (Continúa en las páginas siguientes)

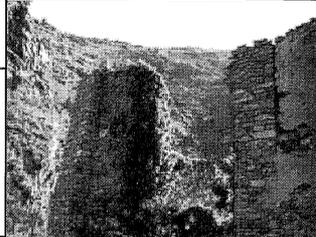
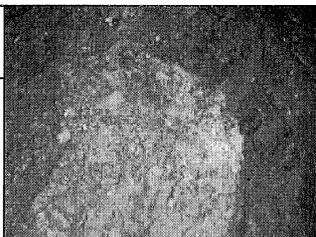
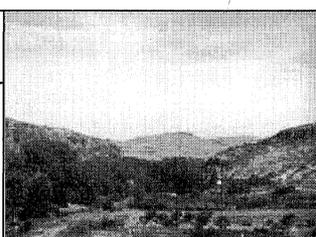
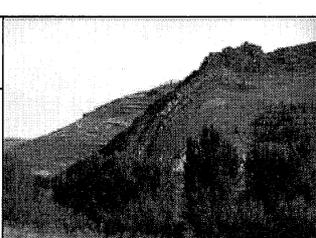
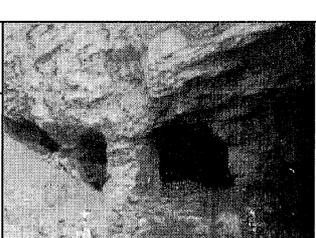
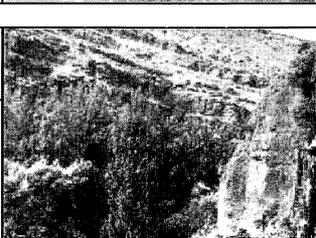
IPG A01	CALCENA MINERALIZACIONES DE VALDELAPLATA	
<p>CARACTERÍSTICAS: Mineralizaciones filonianas muy importantes emplazadas en los materiales de la base del Triás. Importante ZIG por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Interés mineralógico: Minerales argentíferos como argentita, estefanita, proustita y pirargirita y de cobre, como calcopirita y carbonatos. * Interés mineralogénico: Ejemplos de mineralizaciones filonianas. Significativo patrimonio minero de importancia histórica (Calvo Rebollar, 2006) 		
IPG A02	CALCENA FORMAS DEL RELIEVE DE LAS PEÑAS DEL CABO	
<p>CARACTERÍSTICAS: Plataforma erosiva y escarpe con pináculos en su entorno, desarrollados por modelado fluvio-kárstico sobre las calizas de la base del Jurásico. ZIG significativa por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Aspectos geomorfológicos y paisajísticos. 		
IPG A03	CALCENA AFLORAMIENTOS DE ROCAS SUBVOLCÁNICAS: BASALTOS ALCALINOS	
<p>CARACTERÍSTICAS: Se trata de cuerpos magmáticos subvolcánicos emplazados al final del Triásico, extendiéndose en forma de filón-capa (sill) entre sedimentos de la parte superior de las facies Keuper. Numerosos afloramientos en la Comarca (Tierga, Calcena, Trasobares, Purojosa). ZIG interesante por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Facies y características petrológicas de los basaltos. * Aspectos mineralógicos de los basaltos, de las relaciones con el encajante y minerales hidrotermales. <p>REF.: Lago et al., 2004</p>		
IPG A04	ILLUECA DESFILADERO DEL RÍO ARANDA	
<p>CARACTERÍSTICAS: Se trata de un estrechamiento del cauce del río Aranda al atravesar los tramos de calizas dolomíticas del Triásico medio, entre Gotor e Illueca formando una pequeña cluse. Entorno con consideración de ZIG por</p> <ul style="list-style-type: none"> * Características geomorfológicas y paisajísticas y por el medio natural del entorno. 		
IPG A05	ILLUECA SIERRA DEL CASTILLO	
<p>CARACTERÍSTICAS: Se trata de una loma formada por dos crestas de calizas dolomíticas del Triásico medio que bordean el pueblo por el norte. Las dos crestas están formadas por el mismo tramo de serie estratigráfica duplicado por un cabalgamiento. Se trata de una ZIG por los aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfológico y paisajístico (hogbacks). * Tectónico (duplicación del tramo calcáreo. Cabalgamiento observable en algunos puntos. 		
IPG A06	MESONES DE ISUELA y LA TIERGA MINERALIZACIONES DE HIERRO	
<p>CARACTERÍSTICAS: Mineralizaciones de hierro ligadas a las dolomías del Cámbrico inferior-medio. Concentraciones de Fe asociadas hard-ground y probablemente relacionado con "sedex". La mina Santa Rosa, en el Barranco del Judío está en explotación (PROMINDSA) y exporta hematites micronizado. La extracción a cielo abierto de Mesones está abandonada. ZIG por su interés:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Mineralógico y mineralogénico. Los minerales dominantes son hematites, goethita, limonita. También presentes lepidocrocita y siderogel. 		
IPG A07	OSEJA BARRANCO DE LA CUEVA	
<p>CARACTERÍSTICAS: El desfiladero excavado por el Barranco de la Cueva, inmediatamente al norte de Oseja, corta los pliegues que afectan a la serie comprendida entre el Triás medio y el Lías inferior dejando un modelado de relieve jurásico en el que se suceden varias "cluses". ZIG por sus aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Geomorfológicos y paisajísticos: Formas de relieve jurásico. 		

FIGURA 2. (Continúa en la página siguiente)

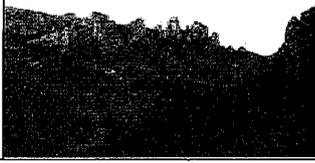
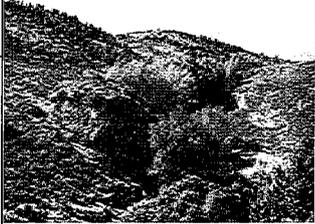
IPG A08	PURUJOSA SUPERFICIE DE EROSIÓN DE LA PLANA DE VALDEASCONES - EL RASO	
<p>CARACTERÍSTICAS: Relieve en forma de mesetas y cerros testigo, restos de de una superficie de erosión desarrollada sobre las calizas del Lías y posteriormente degradada por una al fuerte erosión remontante. El conjunto se extiende por la parte de Calcena y Purujosa. Las Peñas de Herrera, que limitan los términos de Añón (Comarca de Tarazona y el Moncayo), Talamantes (Comarca del Campo de Borja), Calcena y Purujosa, son cerros testigos de este relieve. ZIG interesante por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Aspectos geomorfológicos y estructurales. 		
IPG A09	PURUJOSA BARRANCO DE LAS PEÑAS	
<p>CARACTERÍSTICAS: Plataforma erosiva y escarpe con pináculos en su entorno, desarrollados por modelado fluvio-kárstico sobre las calizas de la base del Jurásico. ZIG significativa por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Aspectos geomorfológicos y paisajísticos. * Aspectos estratigráficos (afloramientos de Lias inferior) y estructurales. 		
IPG A10	TRASOBARES GARGANTA DEL RÍO ISUELA	
<p>CARACTERÍSTICAS: Desfiladero creado por el río Isuela entre Trasobares y Calcena, encajándose entre los términos carbonáticos de la serie triásica (facies Muschelkalk). ZIG especialmente valioso por:</p> <ul style="list-style-type: none"> * Aspectos geomorfológicos y paisajísticos. * Entorno natural de alto valor. 		

FIGURA 2. Cabeceras de las fichas de 17 objetos de interés patrimonial de las comarcas de Aranda y Valdejalón.

CONCLUSIONES

Las comarcas del Aranda y de Valdejalón, como resultado de su geodiversidad, tienen un patrimonio geológico muy interesante, destacándose particularmente los parajes con consideración de ZIG atendiendo a sus valores geomorfológicos y paisajísticos. Aparte de estos, se considera que los aspectos de *patrimonio minero* de estas comarcas representan valores destacados como ejemplos didácticos. Tal es el caso de los IPG A01 (Valdelaplata), IPG A06 (Mineralizaciones de hierro) o IPG VJ04 (Mina de Rodanas).

También tienen un carácter excepcional los afloramientos de rocas ígneas emplazados en forma de filones-capa (*sills*) entre los sedimentos del Triásico superior y en algunos puntos (p. ej. En las inmediaciones de Tierga), pueden considerarse ejemplos didácticos excepcionales. Aquí se registran en las fichas IPG A03 e IPG VJ05 (Fig. 2).

REFERENCIAS

- Clavo Rebollar, M. (2006): *Minerales de Aragón*. Prames, Zaragoza, 463p.
- Díez, J. B., Broutin, J., Ferrer, J., Gisbert, J. y Liñán, E. (1996): Estudio paleobotánico de los afloramientos triásicos de la localidad de Rodanas (Épila, Zaragoza), rama aragonesa de la C. Ibérica. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 20: 205-214.
- Lago, M., Gil, A., Arranz, A., Pocoví, A. y Galé, C. (2004): Etapas de rifting mesozoicas en la Sierra del Moncayo y borde oriental de la Sierra de Cameros: petrología, tectónica y estratigrafía. *Geo-Guías 1 (Itinerarios Geológicos por Aragón)*: 119-150.
- Mata-Perelló, J. M. y Vilaltella Farràs J. (2009a): Datos para el conocimiento del patrimonio geológico de la comarca aragonesa de Valdejalón (Zaragoza, Sistema Ibérico – Depresión Geológica del Ebro). *VIII Congreso Internacional sobre el Patrimonio Geológico y Minero (Mieres, 2007)*. Libro de Actas: 343-351.
- Mata-Perelló, J. M. y Vilaltella Farràs J. (2009b): Datos para el conocimiento del patrimonio geológico de Aragón: el patrimonio geológico de la comarca de Aranda (Zaragoza, Aragón, Sistema Ibérico). *IX Congreso Internacional sobre el Patrimonio Geológico y Minero (Andorra, 2008)*. Libro de Actas: 371-378.
- Mata-Perelló, J. M. y Vilaltella Farràs J. (2009c): Datos para el conocimiento del patrimonio geológico de Aragón: La minería metálica de la comarca de Aranda (Zaragoza, Aragón, Sistema Ibérico). *IX Congreso Internacional sobre el Patrimonio Geológico y Minero (Andorra, 2008)*. Libro de Actas: 371-378.

Contribución al Inventario del Patrimonio Geológico de la Comarca del Campo de Daroca (Zaragoza, Aragón, Sistema Ibérico)

Contribution to the Geological Heritage Inventory of "Campo de Daroca" region (Zaragoza, Aragon, Iberian Range)

J. M. Mata-Perelló^{1,2}, R. Mata Lleonart^{1,2}, A. Pocoví Juan^{2,3} y J. Vilaltella²

1 Dept. d'Enginyeria Minera i Recursos Naturals de la UPC. Bases de Manresa 61 – 73, 08242 Manresa. mata@emrn.upc.edu, rmata@colgeocat.org

2 Sociedad Española para la Defensa del Patrimonio Geológico y Minero (SEDPGYM)

3 Dpto. de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza, c/ Pedro Cerbuna 12. 50009 Zaragoza. apocovi@unizar.es

Resumen: En este trabajo se presenta una recopilación de doce sitios que se estiman de interés para ser considerados como *Patrimonio Geológico de la comarca del Campo de Daroca*. No pretende ser un inventario exhaustivo sino que solo representa una lista de lugares estudiados en el transcurso del proyecto de inventario *Patrimonio Minero de la comarca*. Se incluyen tanto los denominados **LIG** (Lugares de Interés Geológico), como las **ZIP** (Zonas de Interés Geológico) y los **LIDGA** (Lugar de Interés para la Didáctica de la Geología Ambiental). La diversidad geológica de la comarca es considerable puesto que se extiende según una transversal completa de la Rama Aragonesa de la Cadena Ibérica.

Palabras clave: Fichas LIG – ZIG, Cordillera Ibérica, Rama Aragonesa, Cuenca de Calatayud.

Abstract: Twelve interesting geological sites are filed and valued as appropriate elements for the inventory of the Geological Heritage of "Campo de Daroca" administrative region. This is a result of a project sponsored by the "Servicio de Promoción y Desarrollo Minero" (Aragón Government) for inventory of the mining heritage of this region. Sites called "LIG" (geological interesting points), "ZIP" (interesting zones) and "LIDGA" (interesting sites on environmental geology didactics) are included. High variety of geological features is due to its location on a complete cross-section of the Eastern Iberian Range.

Key words: LIG – ZIG cards, Iberian Range, Aragonian Branch, Tertiary basin of Calatayud.

INTRODUCCIÓN

La comarca, zaragozana del Campo de Daroca se halla situada íntegramente en el Sistema Ibérico, extendiéndose según una franja ENE-WSW de unos 65 km de largo y hasta unos 20km de ancho (Fig. 1) que ofrece una transversal muy completa de la Rama Oriental o Aragonesa de la Cadena Ibérica. Por el Este roza la cuenca del Ebro en la cubeta marginal de Azuara (Villar de los Navarros) y por el Oeste contacta con la Rama Castellana (Aldehuela de Liestos). Forma parte de las cuencas de los ríos Piedra, Jiloca y Huerva, que vierten sus aguas al Ebro, a través del Jalón los dos primeros y directamente el tercero. Geológicamente la comarca tiene una complejidad más que considerable dada por la situación transversal que se ha mencionado. En ella están representados los dos grandes bloques del zócalo paleozoico de la Rama Aragonesa, con afloramientos que van desde el Cámbrico inferior al Carbonífero, y su cobertura mesozoica. En la zona central, separando los bloques mencionados, se sitúa una porción de la fosa de Calatayud rellena de sedimentos neógenos, mientras que por el extremo oriental se encuentran los materiales paleógenos marginales de la

cuenca del Ebro. Además, en el sector central, también tienen relevancia los depósitos pliocuaternarios de las



FIGURA 1. Localización de la Comarca del Campo de Daroca en el Mapa Comarcal de Aragón y en la Península Ibérica.

fosas de Daroca y del Jiloca. Estas características geológicas, configuran una gran geodiversidad en el conjunto de esta comarca. Fruto de ello es la existencia de un importante *patrimonio geológico* del que a continuación enumeramos unos ejemplos que consideramos significativos.

OBJETOS PATRIMONIALES INVENTARIADOS

Tras los trabajos de campo efectuados para llevar a cabo un Inventario del Patrimonio Minero en colaboración con el Servicio de Promoción y Ordenación Minera del Gobierno de Aragón, se han seleccionado para esta presentación doce objetos patrimoniales de diferente extensión y consideración. En el proyecto que sirve de marco a este trabajo se consideran las siguientes categorías: **LIG** (Lugares o puntos de Interés Geológico), **ZIP** (zonas de interés

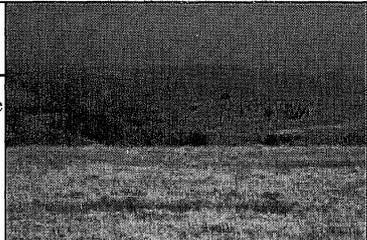
geológico) y **LIDGA** (Lugares de Interés para la Didáctica de la Geología Ambiental).

Para su ubicación y descripción en este trabajo, utilizaremos la ficha simplificada de la figura 2.

Nº Ficha	Municipio y localización Nombre del elemento patrimonial	FOTO O ESQUEMA
CARACTERÍSTICAS: * Aspectos más relevantes Referencias		

FIGURA 2. Encabezamiento de ficha de Patrimonio geológico.

En la relación (Fig. 3) se incluyen puntos tan valorados como la serie del Cámbrico de la Rambla de Valdemiedes (IPG CD08) o el entorno de las lagunas de Gallocanta (IPG CD02, CD03 y CD10 y CD12) junto a otros menos conocidos como Las Lomas (IPG CD04) o Las Ripias de Anento (IPG CD09).

IPG CD01	Anento SURGENCIA DEL AGUALLUEVE	
CARACTERÍSTICAS: Alumbramiento de agua subterránea en el barranco del mismo nombre, aguas arriba del pueblo. Drena las calizas del Mioceno (Cuenca de Calatayud) y surgen en el contacto de formaciones arcillosas rojas subyacentes. LIG de alto interés por: * Hidrología: Ejemplo de funcionamiento de acuífero y de gestión tradicional de aguas subterráneas. * Geomorfología: Desarrollo de procesos cársticos. * Petrología y geoquímica: Formación activa de tobas.		
IPG CD02	Berruelo, Las Cuerlas y Gallocanta [+ Bello (Jiloca)] LAGUNA DE GALLOCANTA	
CARACTERÍSTICAS: Una de las lagunas endorreicas más importantes de España (15 km² y hasta 2 m de profundidad). Refugio de avifauna migratoria. Alto potencial turístico. ZIG de alto interés por: * Sedimentología: Procesos peculiares de precipitación de minerales. * Geomorfología e hidrogeología: Procesos karsticos complejos * Mineralogía: Interesantes eflorescencias salinas Ref.: Gracia et al. 1999, Pérez et al. 2002, Luzón et al. 2007, Corzo et al. 2005.		
IPG CD03	Cubel LAGUNA DE GUIAELGUERRERO	
CARACTERÍSTICAS: Laguna endorreica de agua dulce que se mantiene la mayor parte del año. ZIG de interés por los siguientes aspectos: * Geomorfología: Su emplazamiento sobre extensa superficie de erosión cultivada. * Hidrogeología: Circulación de aguas subterráneas poco conocida. * Ecología: Importante para el sostenimiento de fauna estable y migratoria.		
IPG CD04	Daroca (entorno de Orcajo) LAS LOMAS (Fosa de Daroca)	
CARACTERÍSTICAS: Abarrancamientos en los escarpes de los glaciares cuaternarios/pliocuaternarios de la fosa de Daroca. ZIG importante, junto con la fosa del Jiloca, por la conservación del cuaternario. * Neotectónica: Depósitos cuaternarios deformados. Fallas con actividad reciente. * Geomorfología: Terrazas y glaciares bien conservados. Formas de erosión y evolución reciente. Ref.: Gracia y Gutiérrez, 1999; Cortés y Casas, 2000; Hernández et al. 1983		
IPG CD05	Daroca CABALGAMIENTO DE DAROCA	
CARACTERÍSTICAS: Sirviendo de fondo a la panorámica de la ciudad hay un escarpe formado por materiales detríticos rojos del Mioceno y por encima de ellos calizas y pizarras del Cámbrico. Se trata de fallas asociadas a la falla del Jiloca, con movimiento transpresivo. El afloramiento en corte oblicuo aparenta un cabalgamiento muy tendido. Se considera ZIG de interés por: * Tectónica: Actividad asociada a la falla del Jiloca. Ref.: Colomer y Santanach, 1988 * Geomorfología: Evolución del escarpe. Margen de la fosa neógena.		

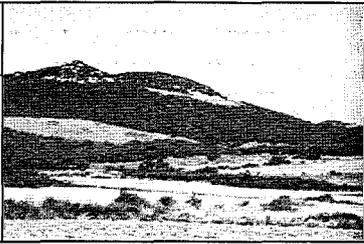
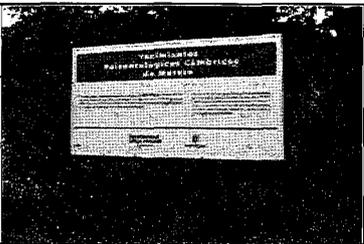
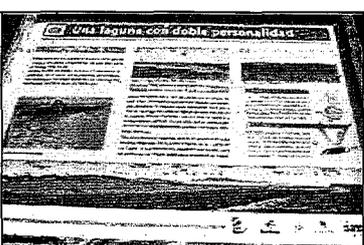
<p>IPG CD06</p>	<p>Herrera de los Navarros HOCES DEL HUERBA / HUERVA</p>	
<p>CARACTERÍSTICAS: Entre Villareal de Huerva y Tosos (Campo de Cariñena) el río Huerva se encaja entre los materiales paleozoicos y mesozoicos del bloque oriental de la Rama Aragonesa de la C. Ibérica en un interesante cañón. Se estima que constituye una ZIG singular por aspectos: * Geomorfología: Cañón con meandros encajados en el paleozoico y Mesozoico. * Hidrología: Evolución del cauce. Karst en distintas litologías. Sumideros y manantiales cerca del río</p>		
<p>IPG CD07</p>	<p>Herrera de los Navarros CERRO DE LA VIRGEN DE HERRERA</p>	
<p>CARACTERÍSTICAS: Es el punto culminante de la cresta de la Cuarcita Armoricana (Ordovícico inf.) de la Unidad de Herrera. Excelente observatorio de aspectos geológicos (Estructura varisca, cubeta de Azuara, viejas obras de minería, etc.). ZIG importante por: * Pliegues y cabalgamientos de la Unidad de Herrera. * Geomorfología: Crestas de capas verticales de cuarcita (<i>hogbacks</i>). Ref.: Casas y Cortés 1995, Lendínez et al. 1989.</p>		
<p>IPG CD08</p>	<p>Murero YACIMIENTO DE RAMBLA DE VALDEMEDIES</p>	
<p>CARACTERÍSTICAS: Yacimiento de Trilobites del Cámbrico Inferior y Medio de importancia mundial, junto con fauna y flora también de alto interés. Declarado BIC en 1997. Importantísima ZIG: * Referente mundial del Cámbrico Inferior y Medio * Localidad tipo del piso Cesarugustense. Ref.: Liñán et al. 1993.</p>		
<p>IPG CD09</p>	<p>Nombrevilla RIPIAS DE CERRO GORDO – CERRO DE ANENTO</p>	
<p>CARACTERÍSTICAS: Escape y abarrancamientos en el Mioceno del margen SE del de la fosa de Calatayud. ZIG por aspectos diversos: * Geomorfología: Retroceso de escarpe, abarrancamientos, pináculos, etc. * Estratigrafía: Cortes representativos del relleno de la fosa de Calatayud bajo la caliza de los páramos.</p>		
<p>IPG CD10</p>	<p>Santed BALSAS DE SANTED</p>	
<p>CARACTERÍSTICAS: Lagunas endorreicas contiguas con caracteres hidrogeoquímicos considerablemente distintos: La grande (N) es de agua dulce y la pequeña (S) tiene cierta salinidad. El conjunto se considera una singular ZIG por: * Geomorfología: Procesos relacionados con la formación de la laguna de Gallocanta (CD02). * Hidrogeología e hidrogeoquímica.</p>		
<p>IPG CD11</p>	<p>Torralba de los Frailes CAÑONES DEL RIO PIEDRA</p>	
<p>CARACTERÍSTICAS: Cauce encajado del río Piedra a través de las calizas cretácicas de la cobertera común de las ramas aragonesa y castellana de la Cadena Ibérica. Representa una ZIG por los aspectos: * Geomorfología: curso meandriforme encajado entre calizas plegadas. Cuestas, pináculos, etc. * Estratigrafía: Buenos afloramientos de la serie mesozoica, especialmente Cretácico superior. * Estructura: deformaciones moderadas de la cobertera de la Ibérica occidental.</p>		
<p>IPG CD12</p>	<p>Used LAGUNA DE LA ZAIDA</p>	
<p>CARACTERÍSTICAS: Laguna endorreica de características similares a las de Gallocanta y Santed, pero con una gestión peculiar: dispone de dispositivos de regulación de la entrada de agua y cada dos años se dedica a usos agrícolas. Se considera una ZIG por los aspectos: * Geomorfológicos: Régimen endorreico fundamentalmente superficial. * Hidrológico: Especialmente en lo que concierne a la gestión y aprovechamiento agrícola.</p>		

FIGURA 3. (Incluye parte de la página anterior) Fichas de los doce objetos de inventario propuestos en la comarca del Campo de Daroca.

El primero de ellos es el primer yacimiento paleontológico español acogido a la Figura de Protección Legal que le otorga la condición de Bien de Interés Cultural (BIC), que tiene reconocido por el decreto 119/1997 de 8 de julio (BOE 12 septiembre), donde se justifica su importancia en los siguientes términos: "Se declara Bien de Interés Cultural, con la categoría de sitio histórico, el paraje con valor paleontológico de los yacimientos del Cámbrico de la Rambla de Valdemiedes y Valdenegro, en el término municipal de Murero, de la provincia de Zaragoza, por su importancia científica a nivel mundial y conocido por la ciencia desde el siglo pasado [sic]". Dentro de esta importancia científica se destaca la condición de localidad tipo del piso Cesarugustense (Liñán et al. 1993), así como el hecho de estar bien representados en su serie estratigráfica (formaciones Valdemiedes y Mansilla) los pisos Bilbiliense (Cámbrico Inferior), Leoniense, Cesarugustense y Languedociense (Cámbrico Medio) con gran riqueza faunística. Por ello a menudo entre los especialistas se le llama "la Capilla Sixtina de los trilobites cámbricos".

El área de las lagunas de Gallocanta también goza del reconocimiento de sus valores naturales, pero la importancia de sus aspectos geológicos queda eclipsada por su relevancia como ecosistema singular. La cuenca de Gallocanta tiene la consideración de Reserva Natural Dirigida de la Red Natural de Aragón, Refugio de Fauna Silvestre, LIC, ZEPA y figura en la lista de Humedales de Importancia Internacional del convenio Ramsar. La laguna de Gallocanta se considera la laguna salada mejor conservada de Europa occidental.

Ningún otro objeto patrimonial de la comarca tiene una relevancia comparable a Murero o Gallocanta, no obstante conviene resaltar otros aspectos singulares como el caso del Aguallueve (IPG CD01, Fig. 3) entorno al cual se organiza una comunidad de regantes de Anento que gestiona el caudal para uso agrícola y también el caso de la Laguna de la Zaida (IPG CD12, Fig. 3), que cuenta con dispositivos de regulación de entrada de aguas superficiales y una singular gestión que controla su uso agrícola en años alternos.

En términos de vulnerabilidad, los mayores riesgos vienen de una moderada presión turística sobre los dos elementos patrimoniales más destacados, con peligro de contaminación y expolio, no obstante estos mismos objetos son los que están al amparo de figuras de protección legal. Para el resto de objetos expuestos en este trabajo, la escasa presión urbana en toda la comarca los mantiene relativamente a salvo, aunque conviene que los organismos competentes se mantengan vigilantes.

CONCLUSIONES

La comarca del Campo de Daroca, en función de su

geodiversidad, tiene un *patrimonio geológico* sumamente interesante, pero al contar con dos objetos de relevancia extraordinaria (Murero y Gallocanta) la importancia del resto de elementos patrimoniales quedan en un distante segundo plano.

Existen figuras de protección legal entorno a dichos elementos más relevante. Los riesgos para el resto de objetos de este inventario son moderados porque la presión urbana y de la obra pública es escasa.

AGRADECIMIENTOS

Al Servicio de Ordenación y Promoción Minera del Gobierno de Aragón, por el soporte y asesoramiento.

REFERENCIAS

- Casas Sainz, A., y Cortés Gracia, A. L. (1995): Cabalgamientos plegados en el macizo hercínico de la Sierra de Herrera (Cordillera Ibérica). *Geogaceta*, 19: 3-6.
- Colomer i Busquets, M. y Santanach i Prat, P. (1988): Estructura y evolución del borde sur-occidental de la Fosa de Calatayud-Daroca. *Geogaceta*, 4: 29-31.
- Corzo, A., Luzón, A., Mayayo, M. J., van Bengeijk, S., Mata, M. P. y García Lomas, J. (2005): Carbonate mineralogy along a biochemical gradient in recent lacustrine sediments of Gallocanta Lake (Spain). *Geomicrobiology Journal*, 22: 1-16.
- Gracia F.J. y Gutiérrez, F. (1999): Geomorfología kárstica de las cuencas de Gallocanta y Jiloca (Provincia de Teruel). *Teruel*, 87 (1): 39-68.
- Gracia, F.J., Gutiérrez, F. y Gutiérrez, M. (1999): Evolución geomorfológica del polje de Gallocanta (Cordillera Ibérica). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 12 (3-4): 352-368.
- Hernández-Samaniego, A., y Olivé Davó, A. Portero, J. M., Gutiérrez, M., Aguilar, M. J. y Leal, M. C. (1983): *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Hoja 465 (Daroca)*. I.G.M.E., Madrid, 76 p.
- Lendínez, A., Ruiz, V. y Carls, P. (1989): *Mapa Geológico de España Escala 1:50000. Hoja 439 (Azuara)*. ITGE, Madrid, 80p.
- Liñán, E., Perejón, A., y Sdzuy, K. (1993): The Lower-Middle Cambrian stages and stratotypes from the Iberian Peninsula: a revision. *Geological Magazine*, 130 (6): 817-833.
- Luzón, A., Pérez, A., Mayayo, M. A., Soria, A. R., Sánchez Gofí, M.F. y Roc, A. C. (2007): Holocene environmental changes in the Gallocanta lacustrine basin, Iberian Range, NE Spain. *The Holocene*, 17: 649-663.
- Ruiz Fernández de la Lopa, V. y Carls, P., (1985): *Mapa Geológico de España, Escala 1:50000, Hoja 466 (Moyuela)*. I.G.M.E., Madrid, 106 p.

La Ruta Geológica Transpirenaica: la geología de una cordillera al alcance de la mano

The Trans Pyrenean Geological Route: the geology of a cordillera on your hands

I. Mateos Royo y M. Pollán Bella

Asociación Geoambiente. c/ Miraflores 21, 21, 3ª. 50007 Zaragoza. geoambiente_asociacion@yahoo.es

Resumen: Este artículo resume la experiencia de elaboración de la Ruta Geológica Transpirenaica, así como una breve descripción de la misma.

Palabras clave: Divulgación, Pirineos, Ruta Geológica Transpirenaica.

Abstract: *This article summarizes the experience of drafting the Geological Transpyrenean Route, and a brief description of it.*

Key words: *Disclosure, Pyrenees, Geological Transpyrenean Route.*

La Ruta Geológica Transpirenaica surge del esfuerzo conjunto de dos asociaciones dedicadas a la divulgación de la geología; la francesa GeoVal y la española GeoAmbiente, con la colaboración permanente del grupo de investigación GeoTransfer de la Universidad de Zaragoza. Las excepcionales cualidades de los Pirineos como espacio didáctico para la Geología nos animaron a realizar este proyecto, destinado a acercarla al público en general. La Ruta consiste en un recorrido de unos 200 kilómetros que cruza la cordillera pirenaica de manera transversal, a lo largo del cual se han acondicionado 25 paradas explicando distintos aspectos de la geología del Pirineo (paleontología, geología estructural, geología económica, geomorfología...). Este diseño permite ver la estructura de la cordillera en su conjunto, los principales tipos de rocas y procesos que han modelado su relieve y las distintas características de la vertiente norte frente a la sur.

Cada una de estas paradas consiste en un atril interpretativo sobre un tema de interés geológico concreto y dos banderolas verticales que muestran el recorrido de la ruta sobre un fondo de imagen satélite y sobre un mapa geológico simplificado de la zona. De esta forma, el visitante está en cada momento situado geográficamente y dentro del marco geológico general de la zona y sitúa el proceso geológico explicado exactamente. Destacan los dos portales de acceso situados en Olorón y Jaca (las principales localidades que atraviesa la Ruta), donde hay paneles con información general del Pirineo (estructura, evolución...) y muestras de las rocas más importantes que constituyen la cordillera (Fig. 1). Se ha procurado situar todas las paradas a pie de carretera y en zonas de fácil estacionamiento para facilitar su visita al mayor número posible de personas. Por último, la instalación se completa con distintas señales de carretera que facilitan la localización de paradas concretas.

Los materiales instalados se han completado con la edición de un folleto explicativo, un libro-guía, una página web (www.rutatranspirenaica.com) y, más recientemente, dos guías didácticas. El primero describe de manera breve la Ruta y contiene información básica (en qué consiste, cómo emplearla, los temas de las paradas...). El segundo reproduce todos los paneles, propone ejercicios y actividades para afianzar la información recogida en ellos y contiene un glosario de términos geológicos. La página web muestra el recorrido y permite la descarga libre y gratuita de todo el material elaborado. Finalmente las guías ofrecen un recurso didáctico que complementa las asignaturas de Conocimiento del medio de Primaria, y de Ciencias Naturales y Geología y Biología de ESO. Cada una de ellas corresponde a un tramo educativo y se encuentran dentro del marco curricular vigente.



FIGURA 1. Portal de acceso a la Ruta situado en Jaca.

ha recurrido a una serie de herramientas de gran utilidad para la didáctica de la geología:

- Colorear sobre fotos del paisaje la distribución de los distintos materiales, empleado la paleta de colores clásica definida para la cartografía geológica.
- En todos los paneles hay una escala de tiempo que permite situar tanto los materiales como los procesos que se explican en él.
- Representar cortes geológicos relacionados con el paisaje que se observa en el entorno.
- Bloques diagrama que explican procesos o ambientes de un espacio de tiempo concreto.
- Reconstrucciones tridimensionales que unen el proceso acaecido con la forma final que se observa en el paisaje.
- Modelos digitales del terreno que muestran de manera muy gráfica el fuerte nexo existente entre el relieve y la geología.

La labor de divulgación ha consistido en la realización de charlas y excursiones guiadas en colaboración con distintas entidades públicas (C. P. R. de Sabiñanigo, Geoparque del Sobrarbe, Escuela Politécnica de La Almunia, Departamento de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Zaragoza), reparto de libros guía en las bibliotecas públicas, institutos y oficinas de turismo más cercanas al recorrido de la Ruta y en envíos de información de la Ruta a distintas páginas web.

Como resultado final tenemos otra herramienta más que ayuda a la economía de la zona a través del turismo de naturaleza, actividad cada vez más en auge, y que completa la importante red dedicada a la didáctica de la geología en la comunidad aragonesa (Parque Geológico de Aliaga, Geoparque de Sobrarbe).

Desde nuestra experiencia ha sido un proyecto muy grato al poder conjugar dos de nuestras grandes aficiones la Geología y el Pirineo. Nos ha permitido (re) descubrir lo mucho que el paisaje (como aula viva) nos puede enseñar y lo que la geología puede aportar al conocimiento del medio, como paso previo para una adecuada transmisión de valores sobre la conservación del mismo. También nos ha resultado muy reconfortante trabajar con personas de otro país, pero con las mismas inquietudes y con la geología como nexo de unión. Desde luego la frase de "la geología no conoce de fronteras" tiene aquí su máxima expresión.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer en este punto el buen hacer y paciencia de la empresa Paleoymas, S.L., sin la que se hubiera podido llevar adelante este proyecto.

Como culminación a todo este proceso de elaboración, fue para nosotros una inmensa satisfacción recibir el Premio Félix de Azara en 2008 otorgado por la Diputación Provincial de Huesca, en reconocimiento a la labor realizada.

www.rutatranspirenaica.com
www.routetranspireneenne.com

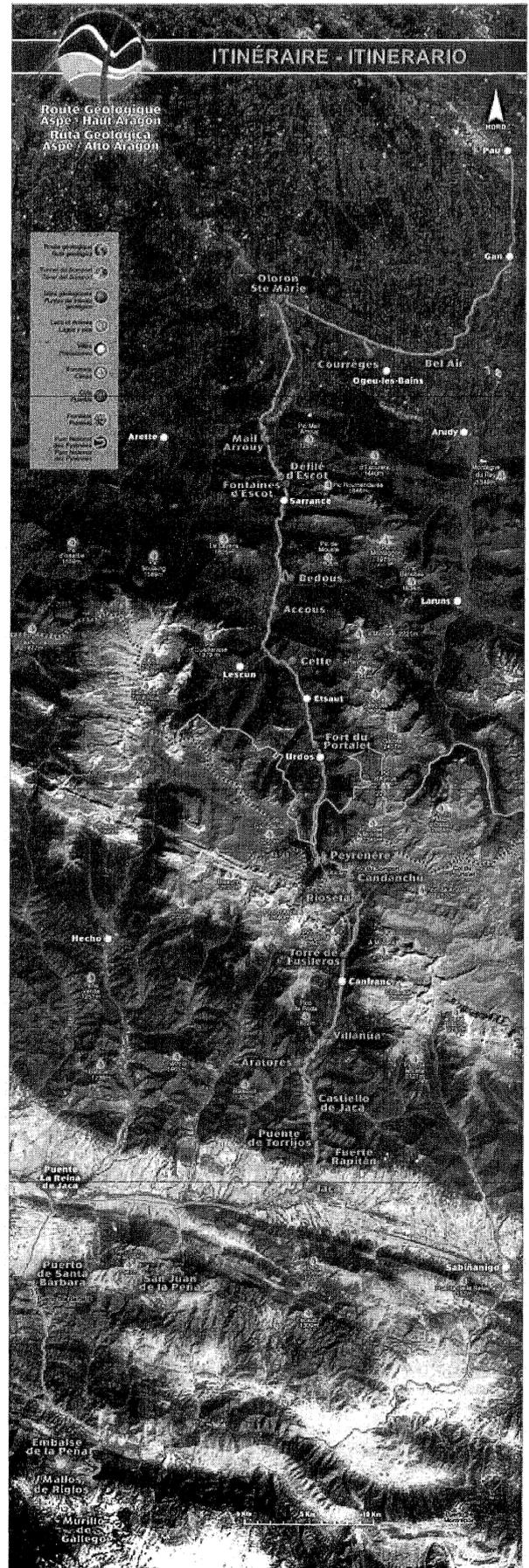


FIGURA 2. Imagen de satélite con las paradas de la Ruta Geológica

El pasado y el presente de la formación de tobas en la Cordillera Ibérica: interés patrimonial.

Past and present of tuff formation in the Iberian Range: interest as geological heritage.

C. Osácar¹, C. Arenas¹, C. Sancho¹, G. Pardo¹, M. Vázquez-Urbez¹, L. Auqué¹, M.V. Lozano², J.L. Peña³.

1. Dpto. de Ciencias de la Tierra, Univ. Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza. cinta@unizar.es, carenas@unizar.es, csancho@unizar.es, gpardo@unizar.es, m.vazquez.urbez@gmail.com, lauque@unizar.es

2 Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Univ. Zaragoza, Campus Universitario de Teruel C/ Ciudad Escolar s/n 44003 Teruel mvlozano@unizar.es

3. Dpto. de Geografía y Ordenación del Territorio, Univ. Zaragoza, C/ Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza jlpena@unizar.es

Resumen: Las tobas cuaternarias de la Cordillera Ibérica tienen gran valor paisajístico y científico, en cuanto constituyen registros paleoambientales que señalan los períodos más cálidos y húmedos. Los puntos en los que la formación de tobas persiste hoy día permiten, además, el estudio del proceso actual, cuyos resultados ayudan en la interpretación de los edificios fósiles. La monitorización de diversos parámetros indica un control estacional de la tasa de sedimentación, del contenido en Ca^{2+} y de la señal isotópica del oxígeno, aunque con variaciones interanuales. Estos lugares constituyen laboratorios naturales que aúnan las utilidades de investigación y didáctica.

Palabras clave: Cuaternario, registros paleoambientales, tasa de sedimentación, isótopos estables, hidroquímica.

Abstract: *Quaternary tufas in the Iberian Range are not only beautiful landscapes but also important paleoenvironmental archives, that mark the most humid and warm periods. Besides, in the places where tufa formation is still active, the present process can be studied, in order to apply the results to the interpretation of fossil tufa buildings. The monitoring of several parameters points to a seasonal control of the sedimentation rate, the Ca^{2+} content and the oxygen isotopic signature, although interannual alterations are important. These sites are natural laboratories that can be used for research and educational purposes.*

Key words: *Quaternary, paleoenvironmental records, sedimentation rate, stable isotopes, hydrochemistry.*

INTRODUCCIÓN

Las tobas calcáreas son sedimentos carbonatados formados en ambientes de agua dulce a partir del bicarbonato cálcico disuelto en el agua, que procede de la disolución de las rocas que atraviesa (Andrews 2006). La calcita, el principal componente de las tobas, precipita sobre estructuras orgánicas (hojas y tallos de diferentes comunidades vegetales, tapices microbianos), de forma relativamente rápida, de manera que sus formas pueden ser preservadas (Fig.1). El resultado, tras la desaparición de las sustancias orgánicas, es un material muy poroso, que contiene morfologías orgánicas, macro y microscópicas. Por su ligereza, las tobas se han utilizado, desde tiempos antiguos, como material de construcción conocido como "piedra tosca"; en la actualidad se usa además como piedra ornamental (Fig. 2).

Debido a sus características, es un material de difícil conservación en el registro geológico. Sin embargo, sus condiciones de formación son relativamente frecuentes en el Cuaternario de la Cordillera Ibérica, en el que existen importantes formaciones calcáreas mesozoicas,



FIGURA 1. *Detalle de la morfología de una toba en el campo. Se aprecian las morfologías vegetales del sustrato donde se depositó el carbonato.*

sobre las cuales se encajó la red de drenaje en el Cuaternario, y que, al mismo tiempo, actúan como acuíferos. Estas condiciones favorecieron, durante este período, la formación de tobas, de las que quedan numerosos edificios fósiles, apreciables incluso a escala cartográfica. En algunos lugares subsisten las

condiciones de formación de tobas y existen también depósitos actuales, que constituyen, con frecuencia, áreas con alto valor paisajístico y ambiental. Como consecuencia el interés es doble:

- Como parajes de interés susceptibles de ser protegidos y explotados turísticamente
- En los estudios científicos, como indicadores paleoclimáticos (Andrews, 2006; Anzalone et al., 2007; Vázquez-Urbez et al., 2010)



FIGURA 2. Fuente de toba en Villel de Mesa

FORMACIÓN DE TOBAS: PAISAJE Y CLIMA

Los principales factores paisajísticos ligados a las tobas son agua, vegetación y relieve. Estos factores determinan la posición de los principales afloramientos y puntos de formación actual de tobas en la Cordillera Ibérica. Algunos de ellos son bien conocidos por su uso turístico y disfrutan de algún tipo de protección, pública (generalmente bajo la figura de Espacio Natural) o privada: el Monasterio de Piedra, el cañón del río Mesa, los estrechos del Ebrón, El Barrizal de Beceite, los Amanaderos de Riodeba, el Nacimiento del río Pitarque, el Cañón del río Mijares, los Hocinos de las Parras de Martín, el Salto del Cajo en Débanos, son algunos ejemplos.

Las mismas características paisajísticas de estos lugares, especialmente los desniveles topográficos en el curso del río y la vegetación abundante, influyen en la formación de tobas. La precipitación de calcita, a partir de agua sobresaturada en esta substancia, está ligada a la pérdida de CO₂ y los principales mecanismos que la desencadenan son la desgasificación mecánica, ligada a los saltos de agua, cascadas y turbulencias, y la fotosíntesis, ligada a la vegetación.

Por otro lado, la relación entre la formación de tobas y el clima ha sido establecida desde hace décadas. De

manera general, durante el Cuaternario, las etapas de mayor desarrollo tobáceo coinciden con los episodios de clima húmedo y cálido (estadios isotópicos impares, Fig. 3) (Henning et al., 1983; Peña et al., en prensa).

Sin embargo, para establecer de forma más precisa el auténtico significado paleoclimático de las tobas es conveniente examinar la relación entre la formación de tobas y el clima actualmente (Anzalone et al., 2007). Algunas de las localizaciones de tobas enumeradas anteriormente reúnen unas condiciones especialmente buenas para ello, porque se puede, además, comparar los resultados obtenidos en el proceso actual con las tobas fósiles.

RESULTADOS DE LA MONITORIZACIÓN DE LA FORMACIÓN ACTUAL DE TOBAS: EL MONASTERIO DE PIEDRA.

De entre los numerosos puntos de formación de tobas de la Cordillera Ibérica, el Monasterio de Piedra, en el curso del río Piedra, destaca por la combinación de la existencia de tobas fósiles y una importante generación actual de las mismas. Por ello es un buen sitio para la monitorización de los parámetros que controlan los procesos de su formación. Aquí se describen esencialmente los resultados obtenidos para este lugar (Vázquez-Urbez et al., 2010; Arenas et al., 2010).

La monitorización abarca diversos aspectos de la formación de tobas. Sobre una serie de puntos correspondientes a diferentes subambientes fluviales se realizó un seguimiento estacional de algunos parámetros:

- Instalación de tabletas calizas en diversos subambientes.
- Tasa semestral de sedimentación y tipo de sedimento acumulado sobre las mismas.
- Temperatura del agua y parámetros hidroquímicos e hidrodinámicos de los puntos donde se sitúan las tabletas.
- Isótopos estables del sedimento.

Análisis de la tasa de sedimentación de las tobas actuales.

Se ha realizado mediante la fijación de tabletas de caliza, de 15×25×2cm, fijas al lecho del río, sobre la cuales crece la toba. Las tabletas se retiran cada 6 meses (finales de marzo y septiembre) para medir el peso y el espesor del sedimento acumulado y se vuelven a colocar en el mismo sitio (Vázquez-Urbez et al., 2010). Así se obtiene un registro continuo del sedimento formado durante un período de tiempo conocido (Arenas et al., 2010).

La tasa de sedimentación varía según las condiciones hidrodinámicas de la corriente. En general,

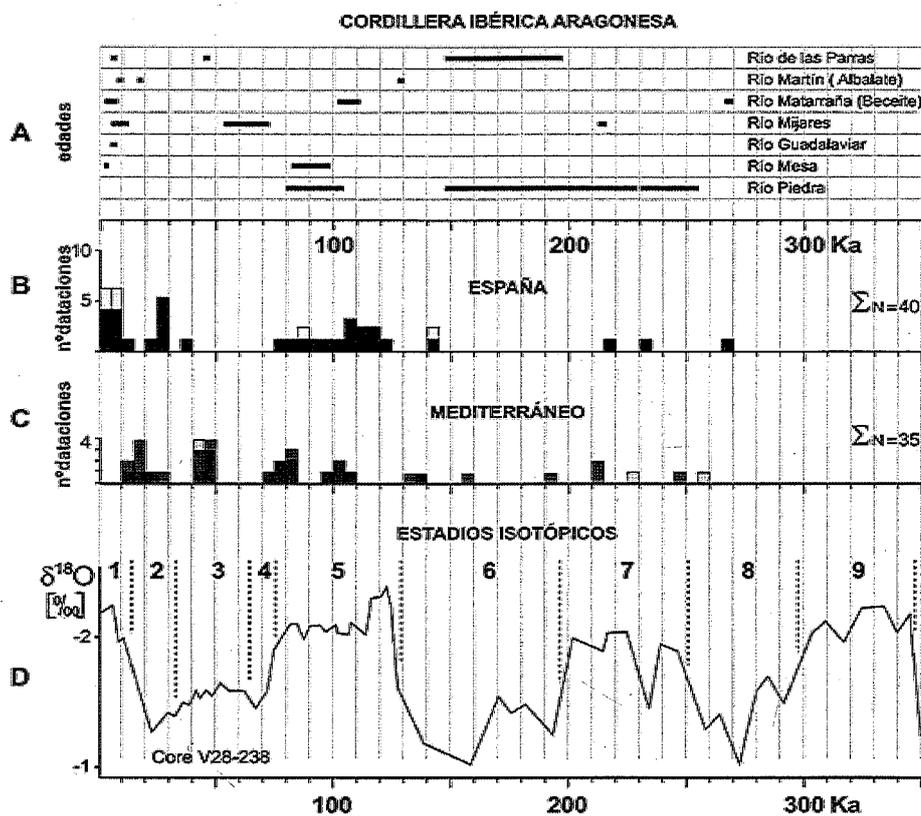


FIGURA 3. Comparación entre la distribución cronológica de las tobas y los estadios isotópicos. Se observa que las tobas se concentran en los estadios isotópicos impares, que corresponden a periodos cálidos, especialmente 1, y, 7, 9. Sin embargo en la Cordillera Ibérica existen puntos donde la formación de tobas se prolonga durante el periodo isotópico 6.

aumenta con la velocidad de la corriente. Los mayores valores alcanzan los 1,7 cm/año.

Además, la sedimentación presenta una pauta estacional, con valores mayores para los semestres cálidos. Esta es una pauta general, pero puede invertirse en algunos puntos y en algunos periodos del estudio. Las causas residen en factores dependientes de la temperatura (p. ej., solubilidad de la calcita y actividad biológica) y la erosión (Vázquez-Urbez et al., 2010).

Análisis hidrogeoquímico

Semestralmente se toman muestras de agua para análisis hidroquímico y se miden in situ pH, conductividad y temperatura. En general los valores de pH oscilan entre 8 y 8,5 sin diferencias estacionales (Vázquez et al., 2010). En concordancia con las tasas medidas en las tabletas, los balances de masa calculados a partir de los análisis sugieren mayor precipitación de calcita en el semestre cálido. Es de destacar la variación del contenido en Ca²⁺ a lo largo del cauce, con una disminución patente en la temporada cálida pero menor para la fría. Esto concuerda con la alta precipitación de calcita en la temporada cálida, que es capaz de provocar una pérdida significativa de Ca²⁺.

Análisis de isótopos estables del sedimento.

Semestralmente, a mitad de los periodos cálido y frío (solsticios de verano e invierno), se toman muestras

de sedimento para análisis de isótopos estables (δ¹³C y δ¹⁸O). Los resultados indican la estacionalidad del δ¹⁸O del sedimento, con valores más negativos para temperaturas mayores (Fig. 4). Esto es acorde con su fraccionamiento en función de la temperatura (Matsuoka et al., 2001). Sin embargo, la composición del δ¹³C no presenta ninguna pauta, lo que parece indicar la existencia de diversos factores que influyen sobre el comportamiento del carbono, incluyendo la actividad biológica.

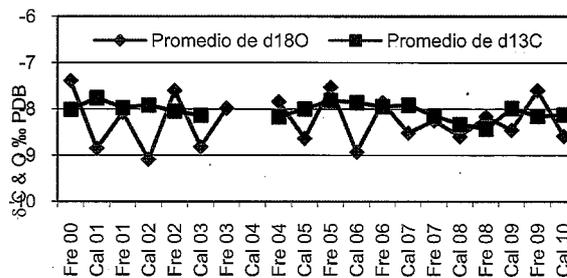


FIGURA 4. Evolución de los valores promedio de δ¹³C y δ¹⁸O del sedimento durante un periodo de monitorización de 10 años. Se observa la variación predominantemente estacional del δ¹⁸O frente a la ausencia de pauta del δ¹³C.

Destaca también la variación interanual que presentan ambos valores, con periodos de varios años (2-3) muy diferentes entre sí. Esto señala la necesidad de mantener la monitorización durante un tiempo prolongado para obtener una pauta más representativa.

Al mismo tiempo, una vez retiradas las tabletas que han servido de soporte a la acumulación del sedimento tobáceo, gracias a las medidas de espesor realizadas, es posible reconocer el sedimento formado en cada período (Fig. 5) (Arenas et al., 2010).

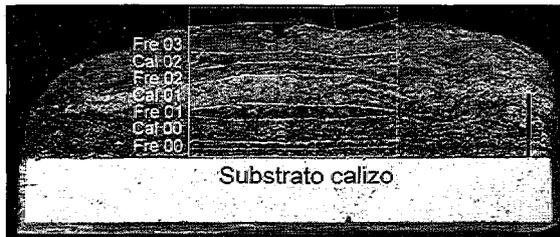


FIGURA 5. Sección vertical de una tableta después de tres años

En algunas tabletas el registro tobáceo laminado se correlaciona bien con las medidas de espesor obtenidas semestralmente (Fig. 6). El análisis isotópico de las láminas refleja resultados similares a los del sedimento tomado in situ, lo que sugiere que los resultados de esta monitorización son aplicables a la interpretación de las tobas fósiles de similar contexto ambiental.

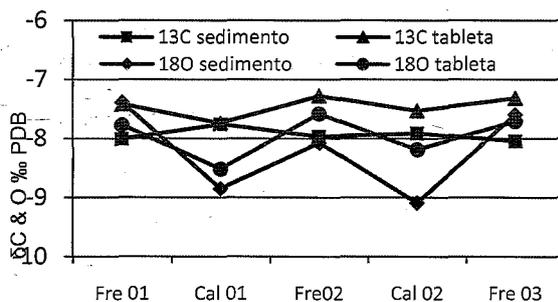


FIGURA 6. Comparación entre los valores isotópicos de una tableta y los del sedimento recogido en el mismo sitio y tiempo.

CONCLUSIONES

En la Cordillera Ibérica existen numerosos puntos donde se combina la formación actual de tobas con la existencia de edificios fósiles. Son sitios de gran belleza paisajística y algunos gozan de protección a ese respecto.

Estos espacios son especialmente adecuados para establecer la relación entre las tobas y el clima, mediante el estudio de la construcción actual y su comparación con las tobas fósiles. Los resultados obtenidos permiten relacionar los procesos y factores actuales con los de las facies de tobas fósiles.

La monitorización del desarrollo tobáceo actual indica que se trata de un proceso estacional, con dos etapas por año (cálida y fresca), de características diferenciales respecto a hidroquímica, tasa de sedimentación y composición isotópica del sedimento. La tasa es, en general, mayor para el semestre cálido. Existen variaciones interanuales que distorsionan las pautas generales establecidas.

A lo largo del Cuaternario, las etapas de construcción tobáceo fluvial se caracterizan por condiciones paleoambientales cálidas y húmedas y se correlacionan con estadios isotópicos impares a escala global.

En resumen, los sistemas fluviales tobáceos de la Cordillera Ibérica desarrollan áreas de alto interés paisajístico a la vez que constituyen laboratorios naturales excepcionales, de uso investigador y didáctico, en los que estudiar la dinámica tobáceo actual y proyectar los avances en la obtención de datos paleoclimáticos a partir de los registros tobáceos fósiles.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la dirección y al personal del Parque Natural del Monasterio de Piedra las facilidades para la realización del trabajo. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por los proyectos REN3575/CLI, GL2006-05063 y CGL2009-09216 del Ministerio de Ciencia e Innovación y anteriores designaciones.

REFERENCIAS

- Andrews, J. E. (2006): Paleoclimatic records from stable isotopes in riverine tufas. Synthesis and review. *Earth Science Review*, 75, 85-104.
- Anzalone, E., Ferreri, V., Sprovieri, M. y D'Argenio, B. (2007): Travertines as hydrologic archives: The case of the Pontecagnano deposits (southern Italy). *Advances in Water Resources*, 30, 2159-2175.
- Arenas, C., Osácar, C., Vázquez-Urbez M., Sancho, C., Auque, L. y Pardo, G. (2010): Seasonal record from recent tufa deposits (Monasterio de Piedra, NE Spain) sedimentation rates and stable isotope data. *Journal of the Geological Society Spec. Pub.*, 336, 119-142.
- Henning, G.J., Grun, R. and Brunnacker, K. (1983). Speleothems, Travertins and Paleoclimates. *Quaternary Research*, 20, 1-29.
- Matsuoka, J., Kano, A., Oba, T., Watanabe, T., Sakai, S. y Seto, K. (2001): Seasonal variation of stable isotopic compositions recorded in a laminated tufa, SW Japan. *Earth Planetary Science Letters*, 192, 31-44.
- Peña, J.L., Sancho, C., Arenas, C., Auqué, L., Longares, L.A., Lozano, M.V., Meléndez, A., Osácar, C., Pardo, G. y Vázquez, M. Las tobas cuaternarias en el sector aragonés del Sistema Ibérico. En: González-Amuchástegui, M.J. y González-Martín, J.A. (Eds.): *Las acumulaciones tobáceas en España*. S.E.G. Madrid (en prensa).
- Vázquez-Urbez M., Arenas, C. Sancho, C., Osácar, C., Auque, L. y Pardo, G. (2010): Factors controlling present-day tufa dynamics in the Monasterio de Piedra Natural Park (Iberian Range, Spain): depositional environmental settings, sedimentation rates and hydrochemistry. *International Journal of Earth Sciences*, 99, 1027-1049.

Patrimonio geológico mueble histórico de los principales institutos madrileños de enseñanza secundaria: Las colecciones geológicas del IES Cardenal Cisneros.

Movable Historic Geological Heritage from the Foremost Secondary Schools in Madrid: The Cardinal Cisneros Institute's Geological Collection

A. Paradas, R. Yagüe

Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España, c/ Ríos Rosas 23. 28003 Madrid. a.paradas@igme.es; georuben8@hotmail.com.

Resumen: El Instituto del Cardenal Cisneros, data de 1837 y es uno de los dos institutos de enseñanza secundaria más antiguos de España. Posee diversas colecciones biológicas y geológicas históricas que se albergan en un Gabinete o Museo de Historia Natural. Estas colecciones son objeto de estudio dentro del programa "Ciencia y educación en los institutos de enseñanza secundaria a través de su patrimonio cultural (1837-1936)" (proyecto CEIMES), integrado en los programas de I+D de la Comunidad de Madrid. La presente comunicación pretende dar a conocer los diversos trabajos realizados por técnicos del Museo Geominero para poner en valor el patrimonio geológico mueble histórico que aún conserva el mencionado Gabinete.

Palabras clave: IES Cardenal Cisneros, patrimonio geológico mueble, minerales, rocas y fósiles.

Abstract: *The Cardinal Cisneros Institute, founded in 1837, is one of the two oldest Secondary Schools in Spain. Various biological and geological historic collections are sheltered in its Cabinet of Natural History. Those collections are one of the study aims of the program "Ciencia y educación en los institutos de enseñanza secundaria a través de su patrimonio cultural (1837-1936)" (CEIMES project), included in R+D Comunidad de Madrid. The aim of this report is showing the different tasks that have been carried out by technicians from the Museo Geominero in order to value the movable historic geological heritage that remains in that cabinet.*

Key words: *Cardenal Cisneros Secondary School, movable geological heritage, minerals, rocks and fossils.*

INTRODUCCIÓN

El instituto del Noviciado (1837-1877), posteriormente denominado del Cardenal Cisneros (1877-actualidad) es uno de los dos institutos de enseñanza secundaria más antiguos de España. Surge de una nueva organización del sistema educativo aprobada en el Plan del ministro de Gobernación Pedro José Pidal en 1845. Este Plan establecía tres niveles educativos: elemental o primaria, bachillerato o secundaria y terciaria, superior o universitaria. Esta subdivisión en tres niveles proviene del Informe Quintana, nombre debido al poeta y presidente de la Comisión que emitió el informe en 1813 Manuel José Quintana, compendio del ideario educativo del liberalismo español, imbuido de las ideas de Jovellanos y de los preceptos de la Constitución de 1812. Este informe sienta el principio de la generalidad y gratuidad de la enseñanza, y de la responsabilidad del Estado en esta área.

La enseñanza universitaria pasaría a depender del gobierno central, la secundaria de las Diputaciones Provinciales y la primaria del poder local. Los dos institutos madrileños excepcionalmente se incluirían en los presupuestos de la Universidad Central y

dependerían de las Facultades de Filosofía aunque dos años después se segregarian de las mismas.

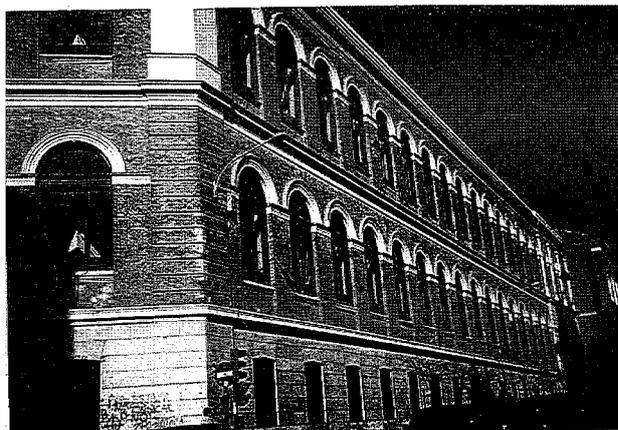


FIGURA 1. Fachada del IES Cardenal Cisneros correspondiente a Plaza Conde de Toreno y c/ Reyes.

La situación de esta institución de segunda enseñanza (creada por la Real Orden de 16 de diciembre de 1837) irá paralela a la de la Universidad de Madrid (originalmente de Alcalá) en sus distintas ubicaciones desde 1837, Seminario de Nobles llamado también Seminario Cristiano en la calle de la Princesa, Convento

de las Salesas Nuevas, en la calle ancha de San Bernardo (hoy San Bernardo,72) y en 1843 pasa al Noviciado de los jesuitas en la misma calle de San Bernardo. Desde 1845 estará situada en el mismo edificio que las Facultades de Teología, Derecho (Facultades de Cánones y Leyes bajo el nombre de Escuela de Jurisprudencia), Filosofía, Ciencias y el Rectorado de la Universidad Central. Esta institución que se creó sin edificio en que asentarse compartió aulas, gabinetes y hasta Jardín Botánico con la Universidad hasta 1888.

El edificio propio y definitivo se inició en 1877 en unos locales anexos a la Universidad Central y que había sido la casa-tahona del marqués de Linares. El proyecto arquitectónico fue de Francisco Jareño y Alarcón y la decisión de construirlo correspondió al conde de Toreno ministro de Fomento y antiguo alumno del instituto. El edificio fue concebido con grandeza y suntuosidad para causar admiración y respeto en los alumnos, de acuerdo a la importancia que tienen, de acuerdo a recientes investigaciones en historia de la educación, los espacios escolares para la educación y socialización de los mismos. La construcción de un piso más (3º piso) conocido con el nombre de "palomar", se inicia en 1945 gracias a una subvención que concede el ministro de Educación Nacional D. José Ibáñez, termina en el curso 1952-53. En los años ochenta hay una segunda ampliación, al incorporar parte de la antigua Universidad al edificio del Instituto. Es la zona más moderna que comunica con el patio del Rector inaugurado en junio de 1986.



FIGURA 2. Aspecto actual del Gabinete de Historia Natural (antigua aula 3).

El Gabinete o Museo de Historia Natural fue creado para estudiar de forma práctica las distintas asignaturas relacionadas con las Ciencias Naturales (Agricultura, Geología, Fisiología e Higiene, etc.), asignatura que comenzó a impartirse en los centros de segunda enseñanza a partir de 1845. Entre los años 1845 y 1848 y ante la carencia de medios en los centros (los dos institutos creados en Madrid: Instituto del Noviciado y San Isidro) estas prácticas tuvieron que realizarse en las aulas del Museo de Ciencias Naturales. Eran impartidas por el catedrático de la asignatura Manuel María José de Galdo que fue director del Instituto entre los años

1881 y 1895 y senador y alcalde de Madrid entre los años 1870 y 1872. (Instituto de Enseñanza Media Cardenal Cisneros, 1946).

En 1848 el Gabinete se crea en la antesala de las aulas 3 y 4 con unas estanterías de una antigua botica que procedían de la Universidad de Alcalá. En 1855 se configura el Gabinete tal y como es en la actualidad mediante la anexión del aula 3 al mismo. Las colecciones iniciales que se incorporaron al Gabinete procedían, por disposición gubernamental, del Museo Nacional de Ciencias Naturales y estaban constituidas por 265 minerales, 38 rocas y diversos animales disecados procedentes de las prácticas de la Cátedra de Taxidermia. En 1870, la colección geológica constaba, según el inventario de la época, de 36 enseres diversos, 8 instrumentos, 609 minerales y 45 rocas. A lo largo del siglo XX las colecciones crecieron de forma desigual, aunque fundamentalmente a base de donaciones, procediendo éstas de antiguos alumnos, padres de alumnos, expediciones científicas oficiales, etc. En la actualidad, sus más de 25.000 ejemplares reflejan una intensa labor educativa desarrollada por profesores de diversas generaciones (Rodríguez, 2004).

Estas colecciones son en la actualidad objeto de estudio dentro del programa "*Ciencia y educación en los institutos de enseñanza secundaria a través de su patrimonio cultural (1837-1936)*" (proyecto CEIMES), integrado en los programas de I+D de la Comunidad de Madrid (S2007/HUM-0512). Este programa está destinado a desarrollar un plan de investigación y de transferencia de resultados sobre el patrimonio educativo y científico custodiado en los seis Institutos madrileños de Enseñanza Secundaria más antiguos, con la finalidad de protegerlo y revalorizarlo. En él se pretende analizar y difundir los modos de transmisión de conocimientos científicos y las innovaciones realizadas en la enseñanza de las ciencias en unos espacios singulares de circulación del saber como fueron los Institutos San Isidro, Cardenal Cisneros, Cervantes, Lope de Vega, Isabel la Católica y Ramiro de Maeztu, durante el período que medió entre la fundación de esas instituciones educativas y el advenimiento de la Guerra Civil.

Pero para poder valorar adecuadamente el significado pedagógico y didáctico de estos elementos patrimoniales había que conocerlos previamente. En este trabajo, primero de una serie de seis que se efectuarán en los institutos de Madrid anteriormente citados, se da a conocer el patrimonio geológico mueble histórico que alberga el Gabinete de Historia Natural del Instituto Cardenal Cisneros así como la labor realizada por los autores, que han contado con el apoyo del Museo Geominero, perteneciente al Instituto Geológico y Minero de España, sobre las diversas colecciones históricas de minerales, rocas y fósiles. Además de estas colecciones, el Gabinete cuenta con maquetas geomorfológicas, modelos geológicos, varias colecciones de formas y estructuras cristalográficas realizadas con materiales diversos y una amplia

colección de instrumentos variados (microscopios, goniómetros, polariscopios, etc.).

DESARROLLO DEL TRABAJO

El objetivo fundamental de este primer trabajo, que se inició en Abril de 2008 y que aún se encuentra en fase de realización, consiste en el estudio y puesta en valor de las colecciones históricas de minerales, rocas y fósiles depositadas en el Gabinete de Historia Natural del IES Cardenal Cisneros desde su creación en 1848 hasta el comienzo de la Guerra Civil Española en 1936.

En primer lugar, se procedió al reconocimiento, agrupación y posterior clasificación de las 4.205 muestras geológicas existentes en el Gabinete (las cuales estaban almacenadas, sin ningún tipo de orden, en diversas cajas y vitrinas), que se desglosan en 1225 minerales, 1216 rocas y 1764 fósiles. Los ejemplares correspondientes a la colección de minerales se han agrupado en nueve clases sistemáticas de acuerdo a la clasificación establecida por Strunz (Strunz, 2001) y sucesores de Dana (Gaines et al, 1997) obteniéndose hasta el momento 188 especies minerales diferentes. En cuanto a la colección de rocas, se ha separado inicialmente una colección histórica de 626 ejemplares, el resto se distribuye en 291 rocas sedimentarias, 162 ígneas y 137 metamórficas. Respecto a los ejemplares de fósiles no se aportan más datos por estar pendientes de clasificación.

Otra de las tareas que se están realizando es la revisión del etiquetado antiguo de los ejemplares, identificándose hasta 12 tipos distintos de etiquetas adheridas en las diversas muestras. Mediante el estudio pormenorizado de las mismas se está intentando determinar la procedencia de las diferentes colecciones encontradas. Hasta el momento se ha conseguido conocer el origen de dos colecciones de minerales españoles: una originaria del Instituto Geológico de España de 100 ejemplares y otra de, al menos, 189 ejemplares provenientes de los fondos del Museo Nacional de Ciencias Naturales. En ambos casos, esta pertenencia se ha podido determinar gracias a la correlación entre las etiquetas adheridas a los ejemplares y las etiquetas anexas incluidas en las cajas que los contenían.

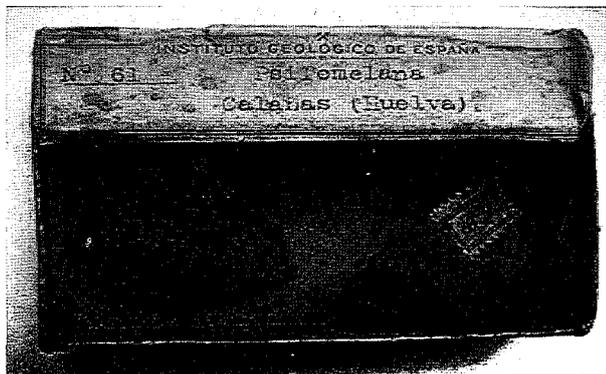


FIGURA 3. Ejemplar procedente de la colección donada por el IGME.

Todos los datos de inventariado y digitalización de los ejemplares se han introducido en una base de datos Access que albergará la información de las colecciones históricas en los seis institutos incluidos en el proyecto CEIMES. Cada ejemplar dispone de una hoja formulario en la que quedan recogidos una serie de datos administrativos y específicos: nombre, número de inventario, composición química (Back & Mandarino, 2008), dimensiones, descripción, estado de conservación, ubicación y otros datos complementarios. así mismo se han incluido imágenes de los ejemplares.

Paralelamente a estas tareas se está procediendo a la confección de elementos museográficos identificativos de tres tipos: etiquetas con el número de inventario adheridas al ejemplar; etiquetas anexas depositadas en la caja de cada muestra y en las que, además del número de inventario, contienen el nombre de la especie mineral, roca, o fósil; y por último, carteles con la clase mineral, tipo de roca o grupo de organismo fósil que corresponda, adheridos en los frentes de las vitrinas de la sala 3 del Gabinete.

Finalmente, cada ejemplar es introducido en una bolsa de plástico y guardado en una caja, la cual se reubica de acuerdo con su clase mineral, tipo de roca o grupo de organismo fósil, en las vitrinas correspondientes del Gabinete de Historia Natural.

Cuando las tareas de clasificación, inventariado y digitalización concluyan, el Instituto Cardenal Cisneros de Madrid tendrá una extensa colección de minerales, rocas y fósiles, que podrá ser consultada a través de la base de datos confeccionada por el proyecto CEIMES, añadiéndose a las demás colecciones digitalizadas existentes en el Gabinete. El total de ejemplares superará los 25.000 ejemplares.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El Gabinete de Historia natural presenta un gran número de colecciones diferentes así como con una gran variedad de especies minerales, hecho inusual para un Centro de Enseñanza Secundaria.

El principal problema al abordar el estudio de estas colecciones ha sido la falta de documentación asociada a las mismas, además, un porcentaje muy elevado de muestras carecen de etiquetas identificativas que pudieran proporcionar un mínimo de información (nombre, procedencia, colección de origen, etc). Otro aspecto destacable es la falta de vistosidad de los ejemplares, hecho comprensible por tratarse de colecciones para enseñanza, en las cuales predominan los aspectos didácticos sobre los puramente estéticos.

El conocimiento de qué ejemplares se encontraban en el Gabinete en el periodo histórico considerado en el proyecto, uno de los objetivos del presente trabajo, así como el logro de documentar las colecciones históricas diferenciadas, vendrá condicionado por los resultados

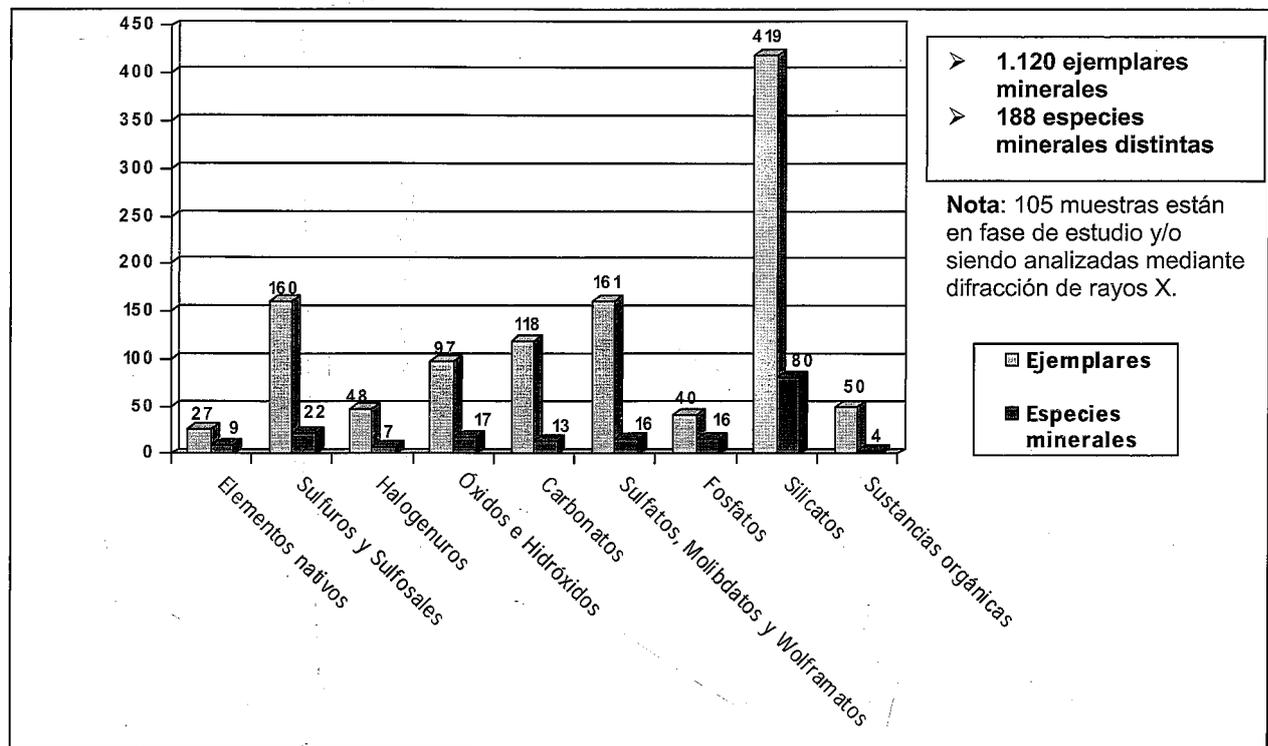


FIGURA 4. Número de ejemplares y de especies minerales distintas distribuidos por clases de sistemática.

que se alcancen en la búsqueda de datos en archivos y fondos documentales, tanto del propio Centro como de otros Organismos externos. Hasta el momento, sólo se ha podido documentar, al completo, una colección de minerales donada por el Instituto Geológico de España en 1922 (Instituto Geológico y Minero de España, 1923).

Una vez clasificadas, inventariadas y documentadas las colecciones, se pretende resaltar el significado científico y pedagógico de las mismas de acuerdo a los manuales escolares de la materia elaborados por los catedráticos del propio Centro (únicos existentes en la época), como el de Manuel María José de Galdo (Galdo, 1865), que fuera director del Instituto Cardenal Cisneros y alcalde de Madrid. También es intención del proyecto valorar la representatividad de las muestras en función de las explotaciones mineras y especies minerales españolas conocidas en la época (Calderón, 1910) durante el periodo que estudia el proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los resultados obtenidos en el proyecto CEIMES, cuyo investigador principal es el Dr. Leoncio López-Ocón Cabrera, director del Instituto de Historia del CSIC. Los autores agradecen

también la colaboración de todo el personal del IES Cardenal Cisneros, especialmente la de su director D. Isidro Fadón Guerra y la de la profesora y bibliotecaria D^a Carmen Rodríguez Guerrero.

REFERENCIAS

- Back, M.E. y Mandarino, J.A. (2008): *Fleisher's Glossary of Mineral Species*. 345 p
- Calderón, S. (1910): *Los minerales de España*. Tomo I, 416 p y tomo II 561p.
- Gaines, R.V., Skinner, H.C.W., Foord, E.F., Mason, B. y Rosenzweig, A. (1997): *Dana's New Mineralogy, Eighth Edition*, 1819 p.
- Galdo, M.M.J. (1865): *Manual de Historia Natural*, 7^a edición. Imprenta de Higinio Reneses, 529 p.
- Instituto de Enseñanza Media Cardenal Cisneros (Madrid) (1946): *I Centenario (1845-1945)*. CSIC 428 p. 264-270.
- Instituto Geológico de España (1923): *Memoria anual abril 1922 - abril 1923*. 95p.
- Rodríguez Guerrero, C. (2004): *El Instituto de Segunda Enseñanza del Noviciado de Madrid de 1845 a 1877*. Tesis doctoral no editada 892 p, 471-486.
- Strunz, H. y Nickel E.H. (2001): *Strunz Mineralogical Tables, 9th edition*, 870p.

Las Areniscas de Manresa y su valor como patrimonio geológico y arquitectónico

The Manresa sandstones and their value as a geological and architectural heritage

D. Parcerisa, P. Alfonso, A. Cobo y D. Fernández

Dpt. Enginyeria Minera i Recursos Naturals. Escola Politècnica Superior d'Enginyeries de Manresa. Universitat Politècnica de Catalunya. Av. Bases de Manresa 61-73. 08242 Manresa. dparcerisa@emrn.upc.edu

Resumen: Las canteras de arenisca de Manresa tienen un elevado valor patrimonial desde un punto de vista geológico. En la cantera abandonada del Mal Balç se pueden observar los procesos costeros marinos acaecidos durante el Bartoniano y también es un buen ejemplo de la antigua actividad minera. La conservación de este patrimonio es necesaria no solamente por su valor geológico sino también para la preservación del patrimonio arquitectónico y minero de la zona. Además, sería necesario considerar la preservación de itinerarios geológicos en futuras tareas de restauración en las canteras aún activas actualmente.

Palabras clave: geoconservación, restauración de cantera, petrología, estructuras sedimentarias

Abstract: *The Manresa Sandstone quarries have a high value as a geoheritage. The abandoned Mal Balç quarry is a fantastic outcrop showing the coastal marine processes occurring in the area during bartonian times and is also an illustrative example of the historical mining activity of the area. Conservation of this heritage is necessary not only for its geological value, but also for the preservation of the historic and architectural heritage of the area. Moreover, it is necessary to consider the preservation of geological circuits during the future restoration works of the present-day active Manresa Sandstone quarries.*

Keywords: *geoconservation, quarry restoration, petrology, sedimentary structures*

INTRODUCCIÓN

En los últimos años el interés por el patrimonio geológico y la conservación de la geodiversidad en España han experimentado un creciente impulso (García-Cortés et al., 2000; Nieto, 2001; Díaz-Martínez et al., 2008). La ley 42/2007 del Patrimonio Natural y la Biodiversidad abre las puertas a la creación del Inventario Español del Patrimonio Geológico (García-Cortés, 2008), labor que coordinará el IGME en los próximos años.

Desde la prehistoria, en España se han explotado multitud de canteras, el material suministrado por estas canteras ha contribuido al crecimiento de ciudades, al desarrollo de la industria e incluso a la configuración del paisaje tal y como hoy en día lo conocemos. Asimismo las canteras han abierto nuevos afloramientos geológicos que, en algunos casos, tienen un importante valor patrimonial desde un punto de vista geológico. En este sentido y vista la nueva ley 42/2007 se debería de plantear la problemática de cómo se debe realizar la restauración de las canteras actuales de manera que estas labores no puedan afectar negativamente a la conservación del patrimonio geológico.

En este estudio se expone la situación de las canteras que explotan o han explotado históricamente las areniscas de Manresa. En las canteras que se encuentran en explotación en la actualidad se debería tener en cuenta la preservación del patrimonio geológico en las futuras labores de restauración. Por lo que respecta a las canteras inactivas, algunas de ellas tienen un elevado valor patrimonial desde un punto de vista no solamente geológico sino también minero e histórico-arquitectónico. Las areniscas de Manresa se han utilizado en la construcción de varios monumentos como la Seu de Manresa, catedral construida entre los siglos XIV y XV y también han contribuido al modelado actual del paisaje rural de la comarca donde abundan los muros y las cabañas de piedra seca.

CONTEXTO GEOLÓGICO

Los afloramientos naturales y canteras de las Areniscas de Manresa se sitúan en el área de la Cuenca del Ebro adyacente a las Cadenas Costeras Catalanas al noreste de la península ibérica (Fig. 1).

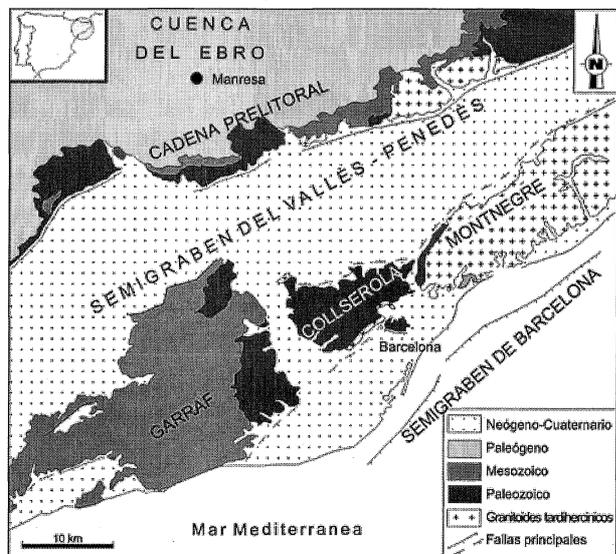


FIGURA 1. Situación geológica y geográfica de las canteras que explotan Areniscas de Manresa.

Esta área está constituida por alternancias de margas y arcillas grises, areniscas y conglomerados ocres y calizas coralinas todos ellos depositados en ambientes

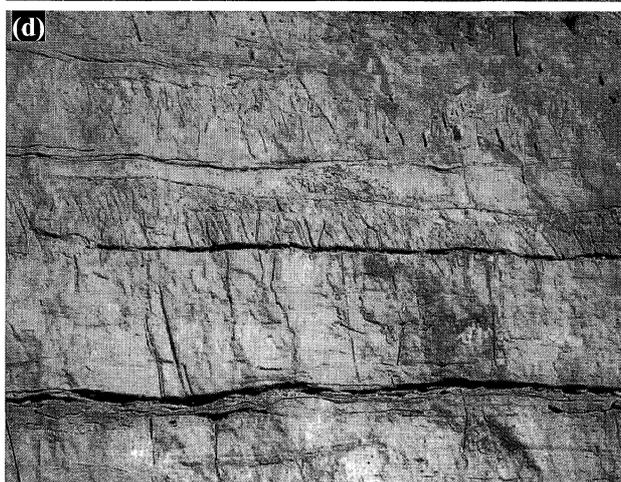
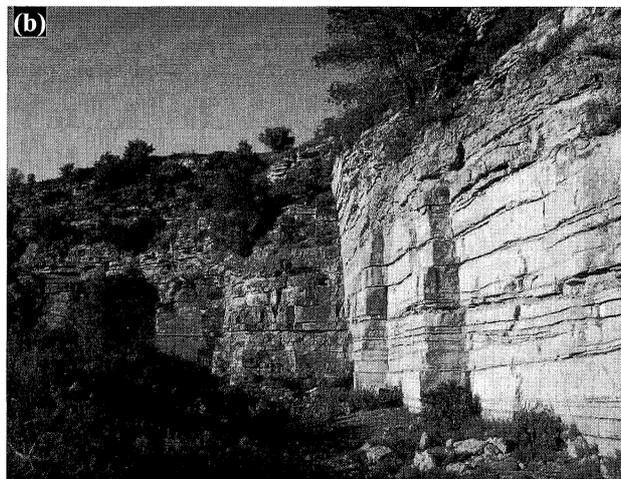
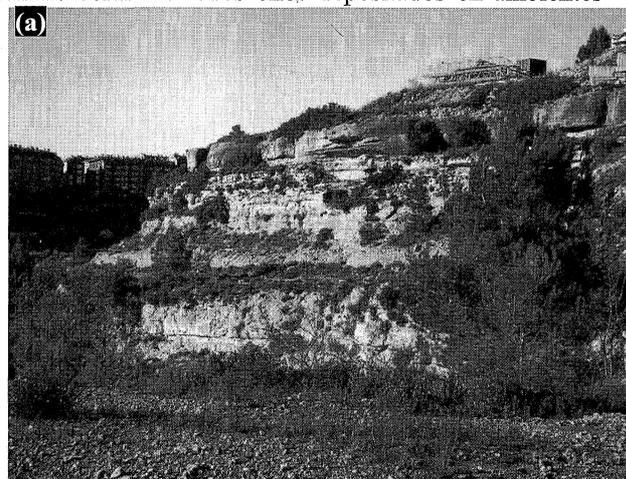


FIGURA 2. Aspectos de campo de las Areniscas de Manresa. (a) Detalle de los ciclos de frente deltaico donde se encuentran las areniscas de Manresa. (b) Frente de la cantera del Mal Balç donde se observan las familias de diaclasas y las estratificaciones decimétricas individualizando bloques de fácil extracción. (c) Ripple marks en la parte alta de uno de los estratos de arenisca. (d) Estratos decimétricos donde se observan numerosos burrows verticales.

marinos costeros durante el Bartonense (López-Blanco et al. 2000). Los materiales más finos se formaron en ambientes de prodelta mientras que los materiales más gruesos se organizan en ciclos grano y estratocrecientes de frente deltaico (López-Blanco et al. 2000). Las canteras de las Areniscas de Manresa aprovechan las areniscas que forman los ciclos de frente deltaico (Fig. 2a), dentro de estos ciclos los estratos suelen tener una potencia decimétrica y están subdivididos en bloques por dos familias de diaclasas verticales y perpendiculares entre ellas de manera que es muy sencillo extraer bloques con dimensiones aptas para su uso como materiales constructivos (Fig. 2b).

PUNTOS DE INTERÉS PATRIMONIAL

Canteras inactivas: En el área de Manresa y poblaciones colindantes existen numerosas canteras inactivas. Entre todas ellas destaca la cantera del Mal Balç situada al sureste de la ciudad de Manresa. Esta

cantera ofrece un afloramiento espectacular tanto des del punto de vista minero como geológico (Vilarmau et al., 1997). Desde un punto de vista minero se observa muy bien como las estratificaciones y las diaclasas facilitaban las labores de extracción de bloques (Fig. 2b), los cuales se pueden observar en algunas de las escombreras que aún se conservan. Respecto a la geología, la cantera se puede considerar como un museo de estructuras sedimentarias al aire libre con ejemplos muy didácticos de ripples, tool marks, burrows, laminaciones cruzadas, etc. (Figs. 2c y d), también cabe

destacar la presencia de numerosos fósiles. En esta cantera se realizan de forma periódica visitas de estudiantes universitarios ya que tiene un elevado valor didáctico. Además, cabe destacar que una de las excursiones del XIV Congreso Geológico Internacional celebrado en Madrid en 1926 pasó también por este espectacular afloramiento (Faura y Marín, 1926). Actualmente esta cantera no tiene ningún tipo de protección especial y las principales amenazas son el posible crecimiento del vertedero municipal de Manresa el cual ya ha ocupado parte de la antigua cantera.

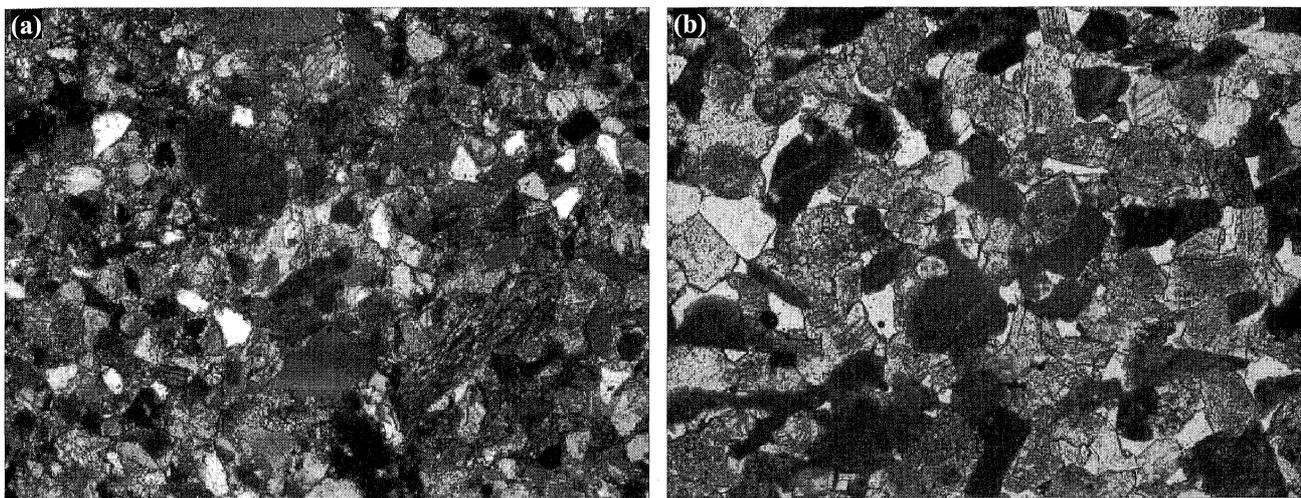


FIGURA 3. Petrología de las Areniscas de Manresa. (a) Aspecto general de una litarenita formada por granos de cuarzo, fragmentos de roca metamórfica y fragmentos de caliza. Nícoles cruzados. Ancho de foto 1.7 mm. (b) Aspecto general de una calcilitharenita formada por fragmentos de caliza y granos de cuarzo. Nícoles paralelos. Ancho de foto 1.7 mm.

El interés de las canteras inactivas de Areniscas de Manresa no solamente radica en su valor como patrimonio geológico y minero sino también en su relación con el patrimonio histórico-arquitectónico de la región puesto que muchos monumentos están contruidos con esta piedra. Con el objetivo de identificar la posible procedencia de los materiales utilizados en la construcción de los monumentos más relevantes de la ciudad de Manresa se ha realizado un estudio preliminar para identificar los distintos litotipos de las Areniscas de Manresa. De esta forma se han identificado dos litotipos principales: (1) litarenitas-sublitarenitas, son areniscas formadas, por orden de abundancia, por granos de cuarzo, fragmentos de roca metamórfica y fragmentos de caliza (Fig. 3a) y; (2) calcilitharenitas, formadas, por orden de abundancia, por fragmentos de caliza y granos de cuarzo (Fig. 3b). Profundizar en este estudio permitiría identificar la distribución de estos litotipos tanto en el campo como en los monumentos y podría ser importante en futuras labores de restauración de los monumentos de la región. Por otro lado también se ha observado que las Areniscas de Manresa tienen un grado de cementación muy variable y que las variedades menos cementadas (por tanto más porosas) están sujetas a mayor alteración debido a la actuación de los agentes meteóricos.

Canteras activas: Una de las canteras activas más importantes es la de Vallhonesta. Esta cantera explota varios niveles de Areniscas de Manresa y de Calizas de Sant Vicenç de Castellet y ofrece un corte estratigráfico de enorme interés científico y didáctico. En las futuras labores de restauración de la cantera sería de extrema importancia estudiar el modo de preservar un itinerario geológico donde se pueda observar el corte geológico completo de la cantera.

CONCLUSIONES

Las canteras activas e inactivas de las Areniscas de Manresa tienen un elevado valor patrimonial des del punto de vista geológico y minero.

En las canteras activas se debería de tener en cuenta la posibilidad de preservar un itinerario geológico cuando se realicen las labores de restauración. Por lo que respecta a las canteras inactivas, destaca la cantera abandonada del Mal Balç la cual muestra un corte muy didáctico sobre la dinámica sedimentaria en ambientes de frente deltaico durante el Bartonense, también es un ejemplo muy ilustrativo de cómo se aprovechaban las discontinuidades naturales de la roca para su explotación como roca constructiva. Esta cantera

debería gozar de algún tipo de protección especial para evitar su futura degradación.

Por otro lado, el patrimonio geológico y minero siempre va ligado a otros tipos de valores patrimoniales. En el caso del área de Manresa es necesario preservar el patrimonio geológico y minero de las canteras de arenisca y ampliar el estudio petrológico de las distintas variedades de Areniscas de Manresa tanto en las canteras como en los monumentos de la región. Este estudio se revela necesario para la preservación y restauración futura del patrimonio histórico-arquitectónico de la región.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a J. Biosca la información facilitada respecto al XIV Congreso Geológico Internacional. Parte de este trabajo se ha realizado en el marco del *Grup de Recerca Consolidat* de la *Generalitat de Catalunya 2009 SGR 1451*.

REFERENCIAS

- Díaz-Martínez, E., Guillén, F., Mata-Perelló, J.M., Muñoz, P., Nieto, L.M., Pérez, F. y de Santisteban, 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.
- Faura, M. y Marín, A. (1926): *Excursión C-3. Cuenca Potásica de Cataluña y Pirineo Central*. XIV Congreso Geológico Internacional. Madrid, 213 p.
- García-Cortés, A. (2008): *Contextos geológicos españoles: una aproximación al Patrimonio Geológico Español de relevancia internacional*. IGME, Madrid: 235 pp.
- García-Cortés, A., Rábano, I., Locutura, J., Bellido, F., Fernández-Gianotti, J., Martín-Serrano, A., Quesada, C., Barnolas, A. y Durán, J.J. (2000): Contextos geológicos españoles de relevancia internacional: establecimiento, descripción y justificación según la metodología del proyecto Global Geosites de la IUGS. *Boletín Geológico y Minero*, 111: 5-38.
- López-Blanco, M., Marzo, M., Burbank, D.W., Vergés, J., Roca, E., Anadón, P. y Piña, J. (2000): Tectonic and climatic controls on the development of foreland fan deltas: Montserrat and Sant Llorenç del Munt systems (Middle Eocene, Ebro Basin, NE Spain). *Sedimentary Geology*, 138: 17-39.
- Nieto, L.M. (2001): Geodiversidad: propuesta de una definición integradora. *Boletín Geológico y Minero*, 112: 3-12.
- Vilarnau, M., Gasol, J.M. y Solà, R. (1997): *Guia d'espais d'interès natural del Bages*. Centre d'Estudis del Bages i Institució Catalana d'Història Natural, Manresa, 295 pp.

Estado actual da Geoconservação em Áreas Protegidas de Portugal Continental

Geoconservation in Portuguese Protected Areas

D. I. Pereira, P. Pereira & J. Brilha

Centro de Geologia da Univ. Porto, Dep. Ciências da Terra da Univ. do Minho, Campus de Gualtar, 4710-057 Braga, Portugal insuad@det.uminho.pt; paolo@det.uminho; jbrilha@det.uminho

Resumen: As Áreas Protegidas em Portugal Continental constituem, na sua maioria, unidades geomorfológicas bem individualizadas e com valor geológico que não é inteiramente valorizado. Algumas áreas dispõem de um inventário sistemático do património geológico e algumas outras dispõem de dados dispersos. Neste trabalho destacam-se alguns aspectos relevantes da geologia do Parque Nacional da Peneda-Gerês, de alguns Parques Naturais, Monumentos Naturais e Paisagens Protegidas e assinalam-se situações concretas relativas ao estado de conservação.

Palabras clave: Conservação da Natureza; património geológico; geologia; geossítio.

Abstract: Protected areas in mainland Portugal are mostly geomorphological units with geological value that is not fully valued. Some areas have a systematic inventory of geological heritage but some others have dispersed data. This study highlights some important geological aspects of the Peneda-Gerês National Park, some National Parks, Natural Monuments and Protected Landscapes. The present situation of certain geosites inside these protected areas is also referred.

Key words: Nature Conservation; geological heritage; geology; geosite.

INTRODUÇÃO

A Rede Nacional de Áreas Protegidas (RNAP) ocupa 8.3% da área de Portugal Continental e é actualmente constituída por 1 Parque Nacional, 13 Parques Naturais, 9 Reservas Naturais, 7 Monumentos Naturais e 6 Paisagens Protegidas, duas com gestão a cargo do Instituto de Conservação da Natureza e da Biodiversidade (ICNB) e quatro com gestão municipal (Fig. 1). A nova legislação viente desde 2008 favorece a classificação de Áreas Protegidas de âmbito regional e local, pelo que é previsível o crescimento deste tipo de áreas. No território continental português, a política e as acções de conservação e de valorização do Património Natural, em especial quando relacionadas com a RNAP, são quase exclusivamente dedicadas à biodiversidade (Brilha, 2005). A atenção que, por vezes, é dada à Geologia tem como fim, em geral, suportar medidas relacionadas com habitats ou outras preocupações de natureza biológica (Pereira, 2007). O forte empenho da comunidade geológica na protecção e divulgação da geodiversidade e do património geológico tem conduzido a um lento mas crescente interesse por parte das entidades competentes, em especial o ICNB.

O critério Geologia corresponde a cerca de 19% do total dos critérios apontados para a criação das Áreas Protegidas (AP) que integram a RNAP em Portugal Continental, beneficiando da vocação geológica dos Monumentos Naturais. O critério biodiversidade é apontado em cerca de 50% dos casos, sendo referidos ainda critérios como ambiente físico, património e recursos naturais, paisagem e aspectos culturais ou sociais (Pereira, 2007).

Dados obtidos anteriormente (Pereira, 2007) indicam que cerca de 1/3 das AP foram delimitadas em meio de montanha do norte e centro de Portugal, correspondente a cerca de 52% da área total ocupada pelas AP no continente (Fig.1). As montanhas são, em primeiro lugar, unidades geomorfológicas que se destacam do espaço envolvente. Por este motivo possuem características físicas específicas, nomeadamente de clima, constituem barreiras ao desenvolvimento social, tornando-se assim refúgio de espécies biológicas e motivo de especial atracção do público, em geral, e dos naturalistas, em especial (Pereira, 2007).

As AP delimitadas em meio litoral constituem cerca de 1/3 das classificações no âmbito da RNAP e representam cerca de 17% da área total protegida. As costas rochosas, as praias arenosas, os sistemas dunares, lagunares e estuarinos são domínios geomorfológicos dinâmicos e sensíveis que sofrem uma forte pressão antrópica. Assim, nos casos das AP litorais, parece óbvio que a conservação da natureza deva ser dirigida, fundamentalmente, para salvaguardar estes sistemas, defendendo assim a Geodiversidade (Pereira, 2007).

O meio fluvial constitui a base para a criação de 15% das AP e constitui cerca de 29% da superfície protegida pela RNAP, correspondente, essencialmente, às áreas do Parques Naturais do Douro Internacional, Tejo Internacional e Vale do Guadiana. Os vales destes rios têm, em muitas situações, valor estético e, em locais específicos, valor científico e didáctico, em geral do tipo geomorfológico. Nestas AP são bem conhecidos habitats muito específicos que urge defender, como é o caso dos habitats associados às espécies rupícolas, (águias, grifos, etc.), cuja presença se deve às

características geomorfológicas, pelo que nestes casos o património geológico adquire valor do tipo ecológico.

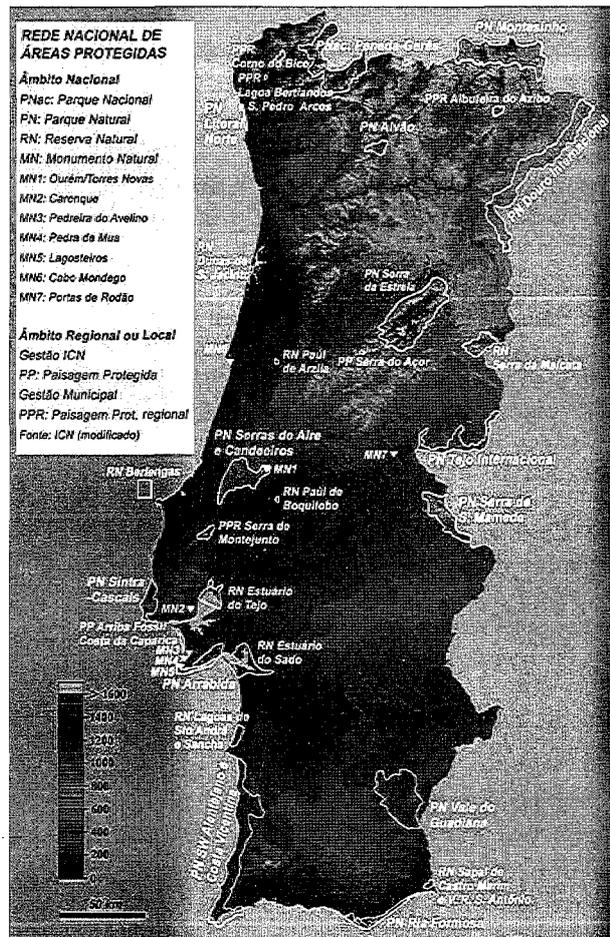


FIGURA 1. Rede Nacional de Áreas Protegidas em Portugal Continental.

Faz-se em seguida uma síntese das AP mais relevantes na perspectiva da Geoconservação. As Reservas Naturais ocupam cerca de 10% da área da RNAP e visam essencialmente a protecção da biodiversidade, pelo que não são consideradas.

O PARQUE NATURAL DA PENEDA-GERÊS

O *Parque Nacional da Peneda-Gerês* (PNPG) foi criado em 1971 tornando-se então a primeira área protegida classificada em Portugal, mantendo ainda o estatuto de único Parque Nacional. Este parque ocupa uma área de 69592 ha que corresponde a 0.78% da área de Portugal Continental e cerca de 10% da área da RNAP (Pereira et al., 2010).

As montanhas do PNPG (serras do Gerês, Amarela, do Soajo e da Peneda) estruturaram-se em granitóides de várias gerações, origens, composições e modos de instalação, relacionados com a 3ª fase da orogénia varisca e cujo interesse científico está documentado por numerosos trabalhos de investigação. Para além da variedade das fácies graníticas, a geodiversidade é expressa pela variedade de metassedimentos silúricos, corpos filonianos, mineralizações e vestígios da actividade extractiva (ex: estanho, volfrâmio, molibdénio, ouro) e outros aspectos, como a tectónica,

as ocorrências termais, a geomorfologia granítica e a geomorfologia glaciária, sendo este último um dos temas de maior interesse científico no PNPG. Apesar dos vestígios glaciários serem discutidos desde o século XIX, foi sobretudo a partir dos finais da década de 1970 que surgiram os principais trabalhos de caracterização, identificação da extensão e cronologia da glaciação (Pereira, et al. 2010).

O PNPG dispõe de um inventário parcial do património geológico que resulta da reunião de dados de diversos trabalhos realizados essencialmente em teses de mestrado. Após décadas de colheita de amostras minerais, esta AP vê-se quase completamente privada deste património, sendo actualmente relevantes os geossítios que evidenciam aspectos da geomorfologia glaciária, granítica e tectónica, em geral, com reduzida vulnerabilidade. O inventário do património geológico de relevância internacional e nacional inclui, no contexto temático *Geoformas e Depósitos Glaciários e Periglaciários*, cinco geossítios do PNPG (Vale do Homem, Compadre, Planalto de Couce, Vale do Alto Vez e Gorbelas-Junqueira), bem como três geossítios do contexto temático *Relevo e Drenagem do Maciço Ibérico*, nomeadamente os Bornhardt Penameda e Média de Rocalva e o Vale de Falha do rio Gerês. Estão identificados outros locais com relevância regional, de que são exemplos o Miradouro de Tibo, a facies de granito orbicular da Serra do Osso, a Fenda da Calcedónia (*bornhardt*) ou o Pé de Cabril (*castle kopje*).

OS PARQUES NATURAIS

Os treze Parques Naturais ocupam uma área total de 591575 ha, correspondente a 78% da área da RNAP e a 6.7% do território de Portugal Continental e alguns deles revelam uma elevada concentração do património geológico português (Pereira et al., 2010). Dois parques naturais (Serra da Estrela e Sintra-Cascais) dispõem de inventários do património geológico, cartas geológicas e publicações com a localização e caracterização dos geossítios. Dois outros parques (Douro Internacional e Montesinho) dispõem de inventários de geossítios que resultaram de um trabalho específico e sistemático, mas não se observa qualquer medida de valorização e conservação. Nos restantes nove parques naturais são conhecidos geossítios de relevância nacional e internacional mas não existe um trabalho sistemático de inventariação. Referem-se em seguida alguns parques que se destacam pelo seu património geológico ainda não inventariado.

O *Parque Natural da Arrábida* foi criado em 1976 com o objectivo de proteger os valores geológicos, florísticos, faunísticos e paisagísticos locais, bem como testemunhos materiais de ordem cultural e histórica. O parque está definido essencialmente na cordilheira da Arrábida, com orientação WSW-ENE ao longo de cerca de 35 km e corresponde a uma cadeia periférica da cadeia Alpina resultante da colisão entre a sub-placa Ibérica e a placa Africana. Na Arrábida pode ser observada uma elevada variedade de geossítios que permitem seguir a evolução geodinâmica da região que documentam a história da margem atlântica ibérica

desde o Triássico Superior. Destacam-se as ocorrências paleontológicas classificadas como Monumento Natural do Cabo Espichel, o relevo da plataforma e arriba que testemunham a última transgressão pliocénica e a morfologia cársica expressa nas grutas do Zambujal, Lapa de Santa Margarida e do Frade, também com relevância paleontológica e arqueológica (Brilha et al., 2005; Pereira et al., 2010).

O *Parque Natural da Serra de Aire e Candeeiros* foi criado em 1979, visando a protecção dos aspectos naturais existentes, a defesa do património arquitectónico e cultural, o desenvolvimento das actividades artesanais e a renovação da economia local, bem como a promoção do repouso e do recreio ao ar livre. Apesar de reduzido recorrecimento da importância da geologia nos valores deste parque, o Maciço Calcário Estremenho constitui uma das vertentes patrimoniais de maior relevância. Sob o ponto de vista geomorfológico é o melhor exemplo de paisagem cársica portuguesa. Para além do Monumento Natural das Pegadas de Dinossáurios de Ourém/Torres Novas, existe um conjunto amplo de locais com elevado interesse científico, identificados e descritos, que documentam aspectos estratigráficos, geomorfológicos e tectónicos (Azeredo & Ramalho, 2005). O Polje, a "Pincha" e a escarpa de Minde, a Fomea, o Polje de Alvados, os Olhos de Água do Alviela, as extensas cavidades de Almonda e Moinhos Velhos (Brilha et al., 2005), a série estratigráfica do Barranco do Zambujal, a chaminé vulcânica de Portela de Teira, o cavalgamento do Arrife (Moitas Venda) e as salinas de Rio Maior, são alguns exemplos com valor científico. O património geológico do parque tem sido ameaçado pela exploração dos recursos minerais, recolha de fósseis e minerais e intervenções que desvirtuem e reduzem o valor patrimonial de muitas das formas de relevo subterrâneo (Azeredo & Crispim, 1999).

O *Parque Natural do SW Alentejano e Costa Vicentina* foi criado em 1995 após o estatuto de Paisagem Protegida desde 1988. Neste parque destacam-se a estratigrafia da Zona Sul Portuguesa, do Mesozóico da orla algarvia, bem como aspectos relacionados com a estratigrafia do Cenozóico e o desenvolvimento da plataforma de abrasão marinha finiterciária. O geossítio da Praia do Telheiro tem sido referido como um dos mais emblemáticos devido ao elevado valor científico e didáctico da estratigrafia e da discordância angular Paleozóico/Mesozóico. Encontram-se descritos outros locais também referenciados como de relevância internacional, como os excelentes afloramentos nas arribas das praias da Murração e Quebradas que documentam a sucessão mais completa da Zona Sul Portuguesa, com zonações biostratigráficas bem estabelecidas e interessantes aspectos estruturais, bem como os afloramentos do Jurássico da Praia da Mareta e do Forte de Belixe (Vila do Bispo) com facies recifais carsificadas, cobertas por margas fossilíferas e a que se seguem calcários ricos em amonites, com importante significado paleoambiental (Brilha et al., 2005). Da ilha do Pessegueiro até à praia do Burgau estão referenciados muitos outros afloramentos que em alguns casos apresentam magníficas condições de exposição conjunta de aspectos

da estratigrafia do Paleozóico, Mesozóico e Cenozóico (Balbino et al., 2004).

OS MONUMENTOS NATURAIS

A figura de *Monumento Natural*, com uma expressão insignificante na área total da RNAP (0.01%), foi utilizada inicialmente para a classificação de algumas ocorrências do paleontológico, e mantém, na lei actual, a mesma vocação de protecção de ocorrências notáveis do património geológico, traduzida na recente classificação do Monumento Natural do Cabo Mondego (2007) e do Monumento Natural das Portas de Rodão (2009).

O *Monumento Natural das Pegadas de Dinossáurios de Ourém/Torres Novas* também conhecido por *Pedreira do Galinha* foi criado em 1996 e está situado na vertente oriental da Serra de Aire, integrado no Parque Natural. Este Monumento Natural foi constituída para conservação e promoção de uma jazida, com cerca de 60.000 m², onde podem observar-se duas dezenas de pistas, entre as quais uma com 147 m de comprimento, de dinossauros saurópodes em níveis atribuídos à passagem Bajociano-Batoniano formados em ambiente parálico a margino-marinho (Santos et al., 1999; Azeredo & Crispim, 1999). A estratégia sólida e bem definida que envolveu medidas de preservação e acções de educação e interpretação sustenta a opinião de que se trata do mais bem sucedido caso de geoconservação em Portugal (Brilha, 2005; Pereira et al., 2010).

As pegadas de dinossauros classificadas nos *Monumentos Naturais de Carenque, Pedreira do Avelino, Pedra da Mua e Lagosteiros* têm suscitado pouco interesse na sua efectiva protecção, valorização e divulgação, apesar de o primeiro (Carenque) ter envolvido um elevado investimento financeiro, na sequência de acesso e mediático debate público (Pereira et al., 2010).

A classificação do *Monumento Natural do Cabo Mondego*, realizada na sequência de uma forte pressão exercida por alguns investigadores, destaca a relevância internacional da estratigrafia, sedimentologia e paleontologia dos afloramentos jurássicos do Cabo Mondego, em especial do estratotipo da passagem Aaleniano-Bajociano, bem como o valor conferido pela continuidade do registo ao longo de 50 Ma (Henriques y Ramalho, 2005). As excelentes condições de observação e o interesse geomorfológico do Cabo Mondego contribuem também para o reconhecimento do valor científico e pedagógico desta AP (Pereira et al., 2010).

A criação do *Monumentos Natural das Portas de Rodão* foi fundamentada nas características geomorfológicas associados ao sinclinal definido na Formação do Quartzito Armoricano e tem em vista valorizar e preservar um conjunto de valores naturais, paisagísticos e arqueológicos, com destaque para as ocorrências geológicas localizadas nas duas margens do rio Tejo. Para além das *Portas de Rodão*, uma estreita garganta escavada nas cristas quartzíticas com um estrangulamento de 45 metros na largura do Tejo, estão inventariados, nas suas imediações, geossítios com fósseis de braquiópodes e icnofósseis em camadas

quartzíticas (Ordovícico), afloramentos da falha do Ponsul e dos diversos terraços, panorâmicas evidenciando o escalonamento de terraços a partir da superfície culminante do enchimento sedimentar terciário, bem como locais de observação no Conhal do Arneiro, o resultado da exploração romana de ouro nos terraços do Tejo (Pereira et al., 2010).

AS PAISAGENS PROTEGIDAS

A figura de Paisagem Protegida (PP) pretende classificar áreas que visam essencialmente a conservação dos elementos da biodiversidade num contexto da valorização da paisagem. Este objectivo salienta a importância crescente do conceito de *Paisagem* na Protecção da Natureza, valorizando os aspectos culturais que se impõem aos aspectos estruturantes, fundamentalmente geológicos.

A PP da *Arriba Fóssil da Costa da Caparica*, que ocupa uma faixa entre a Costa da Caparica e a Lagoa de Albufeira (Península de Setúbal) foi classificada em 1984 visando essencialmente a protecção da arriba fóssil, com uma altura de 80 metros e que estabelece o limite entre uma planície litoral e uma plataforma litoral mais antiga que atinge mais de 100 metros de altura. A arriba possui também um elevado interesse estratigráfico e paleontológico por estar representada uma sucessão de estratos entre o Miocénico e o Quaternário (Pais et al., 2008). Esta PP constitui um exemplo de AP baseada numa geoforma de inegável interesse geológico, de elevada vulnerabilidade e cujo valor não é adequadamente reconhecido pelas entidades competentes (Pereira et al., 2010).

OS SÍTIOS CLASSIFICADOS

Os *Sítios Classificados*, maioritariamente de vocação geológica e que ocupavam cerca de 0.3% da RNAP (Pereira, 2007), foram criados ao abrigo de legislação já revogada e ignorados no DL nº19/1993 (Brilha, 2005). Os Sítios Classificados encontram-se actualmente em fase de avaliação de suporte à sua reclassificação para uma das figuras previstas na lei actual ou à sua desclassificação. Sítios como Granja dos Serrões, Monte de S. Bartolomeu ou Rocha da Pena revelam não só condições para a reclassificação como também interesse manifestado pela acções de valorização do seu património geológico que, devidamente enquadradas, podem constituir a base para essa reclassificação (Pereira et al., 2010).

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é apoiado pela Fundação para a Ciência e a Tecnologia, através do financiamento plurianual do CGUP e do projecto de investigação "Identificação, caracterização e conservação do património geológico: uma estratégia de geoconservação para Portugal" (PTDC/CTE-GEX/64966/2006).

REFERENCIAS

- Azeredo, A.C. & Crispim, J.A. (1999): Principais locais de interesse geológico do Maciço Calcário Estremenho. Comunicações do I Seminário sobre o Património Geológico Português, IGM, Alfragide.
- Azeredo, A.C. & Ramalho, M. (2005): The Jurassic Geological Heritage at the Parque Natural das Serras de Aire e Candeeiros: selected examples from a broad spectrum. in Field Trip Guide Book *Jurassic Heritage and Geoconservation in Portugal: Selected Sites*, IV International Symposium ProGEO on the Conservation of the Geological Heritage, Braga, Portugal, 139.
- Balbino, R., Pimentel, N. & Brilha, J. (2004): Geological heritage and high-school students: sedimentary aspects from SW Portugal. *Abstracts Book, IAS 23rd Meeting*, Coimbra, Portugal.
- Brilha, J. (2005): *Património Geológico e Geoconservação: a conservação da natureza na sua vertente geológica*. Palimage Ed., Viseu, 190 p.
- Brilha J., Andrade C., Azerêdo A., Barriga F.J.A.S., Cachão M., Couto H., Cunha P.P., Crispim J.A., Dantas P., Duarte L.V., Freitas M.C., Granja M.H., Henriques M.H., Henriques P., Lopes L., Madeira J., Matos J.M.X., Noronha F., Pais J., Piçarra J., Ramalho M.M., Relvas J.M.R.S., Ribeiro A., Santos A., Santos V., Terrinha P. (2005): Definition of the Portuguese frameworks with international relevance as an input for the European geological heritage characterisation. *Episodes*. 28(3), 177-186.
- Henriques, M.H. & Ramalho, M. (2005): Jurassic Heritage of Cabo Mondego (Central Portugal) in Field Trip Guide Book *Jurassic Heritage and Geoconservation in Portugal: Selected Sites*, IV International Symposium ProGEO on the Conservation of the Geological Heritage, Geosciences Centre, FCTUC, Coimbra, Portugal, 37-43.
- Pais, J., Legoinha, P. & Estevens, M. (2008): Património paleontológico do Concelho de Almada. In *A Terra - Conflitos e Ordem: homenagem ao Prof. António Ferreira Soares*, Museu Mineralógico e Geológico da Universidade de Coimbra (Edts Callapez, P.; Rocha, R. B.; Marques, J. F.; Cunha, L. S.; Dinis, P. M.), p.143-158.
- Pereira, D. (2007): Análise das características gerais e do valor intrínseco da geomorfologia das áreas protegidas de Portugal Continental. *Publicações da Associação Portuguesa de Geomorfólogos*, Lisboa, 5, 221-233.
- Pereira, D., Pereira, P. y Ferreira, N. (2010): Património geológico e geoconservação em áreas protegidas de Portugal Continental. "Ciências Geológicas – Ensino e Investigação e sua História", Associação Portuguesa de Geólogos e Sociedade Geológica de Portugal, Volume II, Capítulo IV, 451-463.
- Santos, V., Lockley, M., Meyer, C., Carvalho, J., Carvalho, A.G. & Moratalla, J. (1999): A new sauropod tracksite from the Middle Jurassic of Portugal. *Gaia*, Lisboa, 10, 5-13.

La evaluación y protección del patrimonio paleontológico en las obras públicas: importancia de la correcta valoración y catalogación de los yacimientos paleontológicos

Evaluation and protection of palaeontological heritage in public works: Importance of an accurate valuing and cataloguing of fossil sites.

J. Ramajo¹, G. Meléndez², I. Gil-Aznar² D. Ramón²

1 Instituto Geológico y Minero de España, Oficina de Proyectos, c/ Manuel Lasala 44, 9º B; 50006 Zaragoza. j.ramajo@igme.es

2 Dpto. Ciencias de la Tierra (Paleontología), Universidad de Zaragoza, c/ Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza. gmelende@unizar.es

Resumen: La protección del patrimonio paleontológico (yacimientos fósilíferos), no debe limitarse a su inventariado, valoración y protección en el ámbito de la comunidad científica, sino que debe mostrar una vertiente aplicada frente a las afecciones producidas por obras públicas u otro tipo de actuaciones sobre el territorio. El marco legislativo (autonómico y estatal) vigente desde 1985 contemplaba el patrimonio paleontológico como un integrante del patrimonio histórico, subordinado al patrimonio arqueológico, lo que ha hecho que se produzca una disociación entre la protección del mismo y la del patrimonio geológico. La reciente aprobación de la Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, incluye al patrimonio paleontológico dentro del patrimonio geológico. En este trabajo se muestra una serie de realizaciones plasmadas como informes de impacto sobre el patrimonio paleontológico en obras públicas (carreteras, líneas de alta velocidad, líneas de alta tensión, o actividades que afectan a la ordenación del territorio (Planes Generales de Ordenación Urbana, actuaciones urbanísticas, proyectos de apertura de canteras, instalación de parque eólicos, etc..))

Palabras clave: Paleontología, patrimonio geológico, patrimonio paleontológico, Informes de impacto, Aragón.

Abstract: *The protection of the palaeontological heritage (fossil sites) is usually concerned with its study, valuing and protection within the scientific community. However, it should also be actively spread in the society by means of its effective protection against its destruction and impact produced by public works or other anthropic actions on the territory. In Spain, the palaeontological heritage has traditionally been regarded, and defined by law, as part of the archaeological heritage, leading to a separate treatment of geological heritage. The situation has partly changed, though, with the recent pass of the National Law of Natural Heritage and Biodiversity (2007), in which the palaeontological heritage is definitively regarded as part of the geological heritage. A series of reports, to show the impact of public works on the palaeontological heritage are presented. These reports are the result of actions such as public works (road construction, high speed train line, high-voltage lines) or potentially destructive activities on the territory, such as General Urban Plans, action planning, quarrying projects, installation of wind farms, etc.*

Key words: Palaeontology, geological heritage, palaeontological heritage, impact reports, Aragón.

INTRODUCCIÓN

La protección del Patrimonio geológico y en especial del paleontológico, no debe limitarse únicamente a los aspectos de estudio, inventariado, valoración, catalogación protección y divulgación del mismo en el ámbito de la comunidad científica, sino que debe tener un aspecto o vertiente aplicada, encaminada a que la protección de dicho patrimonio se haga de una manera efectiva en relación con las afecciones que puedan producir las obras públicas u otro tipo de actuaciones sobre el territorio. En el presente trabajo se muestra diversos ejemplos de actuaciones realizadas en el ámbito de las obras públicas y otras acciones antrópicas en los últimos años en Aragón. De ellas se pretende extraer una serie de conclusiones para mejorar las labores de inventario, catalogación y protección del

patrimonio paleontológico con el objetivo de incrementar su protección frente a los posibles impactos, producidas por las obras públicas.

EVOLUCIÓN DEL MARCO LEGAL

En el desarrollo de la Legislación sobre Patrimonio en España, tanto a nivel estatal (**Ley del Patrimonio Histórico Español de 1985**) como autonómico (**Ley 3/1999 de Patrimonio Cultural Aragonés**), se considera que el patrimonio paleontológico forma parte del patrimonio histórico o cultural, claramente subordinado al patrimonio arqueológico. Por otro lado, en la **Ley 1989 de Espacios naturales y de la flora y fauna silvestres**, el patrimonio paleontológico era contemplado también como parte del patrimonio natural (geológico). Esto ha acarreado una serie de problemas e

inconvenientes a la hora de delimitar el mismo dentro del territorio, al tratarse los yacimientos paleontológicos y los fósiles que contienen de elementos para cuyo estudio y comprensión es necesario el estudio y comprensión de los materiales geológicos en los que encuentran integrados. Asimismo, ha propiciado un tratamiento regional diferente del mismo en las distintas Comunidades Autónomas dependiendo de la decisión política de uno u otro departamento administrativo (Medio Ambiente o Cultura) de desarrollar las acciones y procedimientos de protección del mismo. En el caso de la Comunidad Aragonesa, ha sido tradicionalmente el Departamento de Educación, Cultura y Patrimonio, y la Dirección General de Patrimonio Histórico y Cultural quien ha regulado las prospecciones, permisos de excavación y todas las acciones relativas a la protección del Patrimonio paleontológico. Esto ha cambiado parcialmente con la reciente aprobación de la Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, que incluye los fósiles y los elementos producidos y registrados como consecuencia de la evolución de la Tierra dentro del concepto de Geodiversidad. De este modo el patrimonio paleontológico, ha pasado a incluirse dentro del patrimonio geológico. La reciente inclusión del patrimonio paleontológico dentro de la Geodiversidad y su protección en el marco de la nueva Ley de Protección del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad (42/2007) parece a todas luces más adecuada, ya que permite abordar de manera conjunta el impacto de las obras públicas no sólo sobre el contenido fósil, sino sobre el entorno tanto geológico como natural (fauna, flora, paisaje etc.).

INFORMES DE IMPACTO SOBRE EL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO

En los últimos 15 años y en el marco de diversas actuaciones y trabajos realizados para distintas empresas y organismos, los autores han realizado una serie de informes de impacto sobre el patrimonio paleontológico encaminados a la valoración, delimitación y protección de diferentes yacimientos paleontológicos, en distintas áreas de la Cordillera Ibérica y los Pirineos. Estos informes se han elaborado siempre en el marco de diferentes actuaciones relacionadas con las obras públicas y otras actividades sobre el territorio:

Dentro de las mismas se puede hablar de un primer grupo en el cual se engloban los informes realizados sobre el impacto de obras públicas lineales sobre yacimientos paleontológicos.

1) Informes sobre el impacto del trazado de la línea de Alta Velocidad (AVE) sobre los yacimientos jurásicos del área de Ricla, (Aurell *et al*, 1999). Este trabajo consistió en la delimitación de los yacimientos paleontológicos de edad Jurásico Medio y Superior, que iban a ser afectados por el trazado de la vía del Tren de Alta Velocidad (AVE). Como dichos yacimientos no podían ser protegidos se procedió a la realización de una excavación de urgencia de los mismos así como a la localización y numeración de un corte estratigráfico complementario al que iba a ser cubierto por la vía del tren.

2) Informes sobre la afección del trazado de carreteras, como por ejemplo el realizado con vistas al proyecto de mejora y adecuación del trazado de la carretera N-232 en las proximidades de Ráfales (Teruel). La modificación del trazado de la carretera y la construcción de una cantera en las proximidades del corte clásico del Jurásico Medio-Superior estudiado por Bulard (1972) suponían una grave afección a este afloramiento (Fig. 1a) en el cual se ha definido el corte tipo de la Fm. Ráfales (Gómez y Fernández-López, 2004; Fig. 1b). Todo ello ha obligado a la realización de un estudio con vistas a la delimitación del área a proteger para que no se vea afectada, así como a la realización de una supervisión paleontológica cuando se produzcan los movimientos de tierra previstos en la obra.

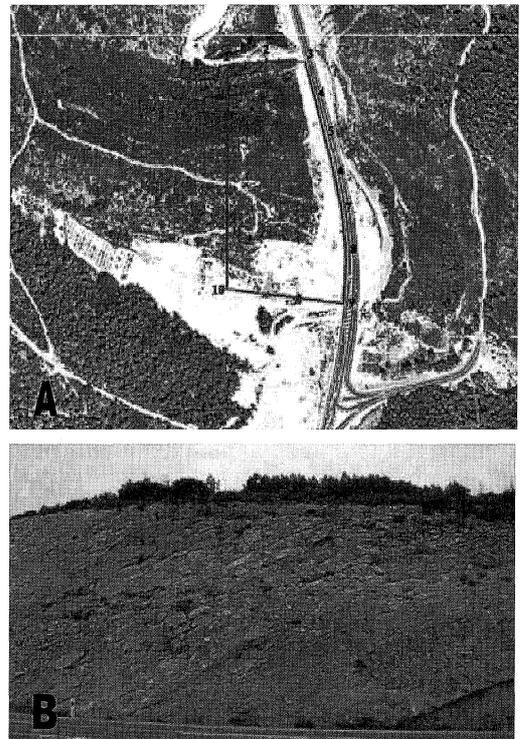


FIGURA 1A. Línea perimetral de delimitación propuesta para la protección del yacimiento del Jurásico de Ráfales. 1B: Vista de la sección tipo de la Fm. Ráfales (Jurásico Medio) en dicho afloramiento, en el margen de la carretera N-232.

Otro segundo grupo lo constituyen los informes realizados sobre actuaciones relacionadas con la ordenación del territorio. Estas actuaciones incluyen actividades tales como la realización de planes de ordenación urbana, de proyectos de actuaciones urbanísticas o de instalación de parques eólicos, o redes eléctricas. Estos informes se han realizado siempre durante la fase previa a la realización de las obras o durante su fase de planeamiento. Entre los mismos podemos destacar como ejemplos los siguientes:

1) El informe sobre los yacimientos paleontológicos en los términos municipales de Binacua y Santa Cruz de la Serós (Huesca). Este informe consistió en la valoración, estudio, muestreo y delimitación de dos yacimientos paleontológicos correspondientes a materiales carbonatados de edad Luteciense-

Biarritziense (Eoceno medio-superior, Puigdefabregas, 1975), con vistas a su protección dentro del Plan general de Ordenación Urbana de esta localidad. La conclusión fundamental fue la delimitación de un área perimetral de obligada protección en torno a los principales afloramientos de facies recifales.

2) Informe de patrimonio de los yacimientos Paleontológicos de la finca "El Aguallí" en el término municipal de Ricla Zaragoza (Fig. 2): Su objetivo era el estudio, catalogación y delimitación de los yacimientos paleontológicos de edad Jurásico Inferior y Medio, situados en la proximidades de esta finca. Dichas unidades presentan unos excepcionales valores patrimoniales desde el punto de vista paleontológico y geológico, especialmente geodidáctico, como la sección de los materiales del Toarciense (Fm. Turmiel) y la base del Jurásico Medio propuesta como sección de referencia para Europa occidental (Martínez Gutiérrez, 1986; Goy et al., 1988; Martínez et al., 1997; Fig. 3). Estos valores han llevado a la propuesta y tramitación de esta área como LIG, y los hacen susceptibles de ser protegidos, frente a los planes de urbanización que se habían propuesto sobre estas fincas. En el informe se rechaza cualquier propuesta de desarrollo urbanístico y se delimita mediante cartografía geológica las diferentes unidades del Jurásico en este punto, y las áreas donde se encuentran los yacimientos a proteger.

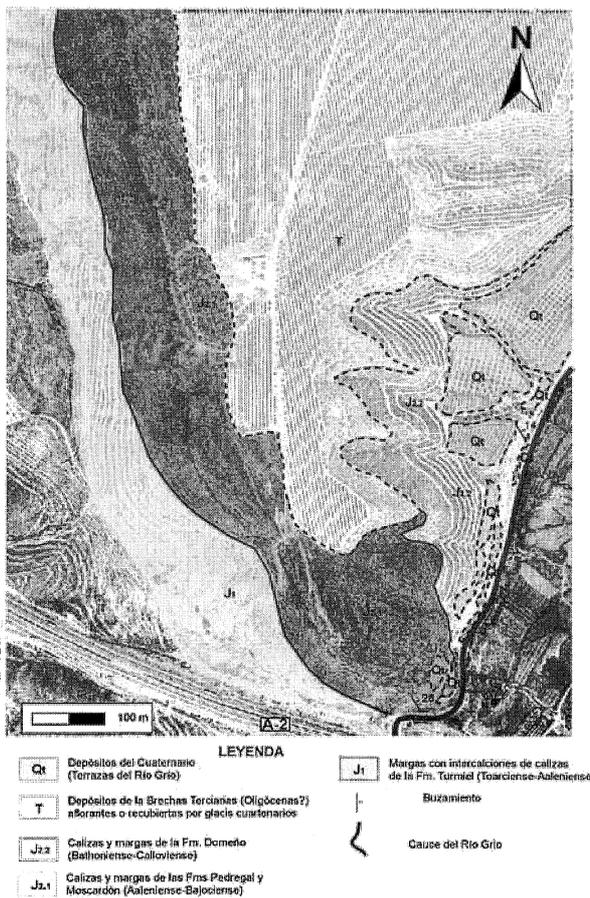


FIGURA 2. Cartografía geológica de los materiales del Jurásico Inferior-Medio en la Finca del Aguallí (Ricla; Prov. Zaragoza).

3) Informes previos de impacto paleontológico sobre tendidos u otro tipo de instalaciones que puedan

asentarse sobre yacimientos paleontológicos. Se señala la instalación de una línea de alta tensión entre Puebla de Valverde y Camarena (Teruel). Dos de los postes de alta tensión afectaban a materiales fosilíferos del Bajociense (Fm. Pedregal) y uno de ellos a los del Oxfordiense (Fm. Yátova). Se delimitaron los afloramientos afectados, señalando la necesidad de

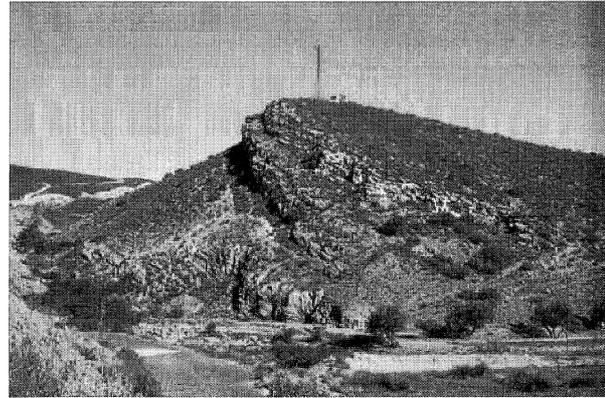


FIGURA 3. Vista parcial de los afloramientos del intervalo Jurásico Inferior-Medio (Formaciones. Turmiel, Pedregal y Moscardón) que se verían afectados por el proyecto de actuación urbanística en la finca de El Aguallí, en Ricla (Zaragoza) y que se encuentran en tramitación como LIG.

respetar dichas áreas y los afloramientos. Las secciones del Bathoniense-Oxfordiense han sido objeto de un muestreo y estudio paleontológico detallado (Gil-Aznar, 2009). Igualmente, la instalación de una línea de aerogeneradores en los alrededores de Galve (Teruel) plantea problemas semejantes. En este caso el impacto sobre yacimientos fosilíferos es claramente menor porque todos los postes se asientan sobre materiales poco fosilíferos de la Fm. Higuieruelas. Se ha señalado los principales afloramientos con la recomendación de respetarlos. Por otra parte, aspectos de carácter paisajístico, natural (proximidad de una ZEPA) e histórico aconsejan desplazar los postes eólicos a un lugar distante del emplazamiento previsto (Fig.4).



FIGURA 4. Panorámica del Cañón del Río Alfambra y las unidades del Jurásico Superior en Galve, en las inmediaciones del área prevista para la instalación de los postes eólicos

DISCUSIÓN

Los estudios de patrimonio realizados por empresas para los informes de impacto en las obras públicas son

casi en su totalidad (más del 90 %) de patrimonio paleontológico. Los informes de patrimonio natural apenas mencionan el patrimonio geológico y en cualquier caso, el procedimiento más utilizado suele ser la comparación (cotejo) de las áreas afectadas con el inventario de PIGs. Resulta por tanto de crucial importancia unificar ambos conceptos dentro del concepto más amplio de *patrimonio ambiental*, dirigiendo los informes de impacto hacia el patrimonio natural, que incluya el geológico y paleontológico; y especialmente, el paisajístico.

De la experiencia obtenida en estos trabajos se desprende que la adecuada protección del patrimonio paleontológico requiere un detallado estudio de valoración y definición del patrimonio paleontológico. Esto incluye, básicamente:

- El correcto inventario y catalogación del mismo, la delimitación adecuada de los yacimientos con elementos de referencia que puedan ser utilizados dentro de sistemas de información geográfica (SIG) sobre una base topográfica (ortofotos, mapas topográficos) incluyendo el seguimiento de los mismos mediante procedimientos de teledetección.

- Una descripción detallada del contenido fósil (taxonomía, tafonomía, bioestratigrafía) incluyendo una valoración de la importancia del mismo y una descripción detallada de las unidades litoestratigráficas que lo contienen, indicando los tramos más favorables para la aparición de restos fósiles.

- Una valoración de las afecciones de las que pueden ser objeto en función de las características del yacimiento y los factores de riesgo a los que puede ser sometido el mismo (análisis de la vulnerabilidad del mismo) teniendo en cuenta el tipo de afección prevista. Esto permitirá determinar con exactitud las actuaciones a realizar, que pueden variar en función de las actividades a realizar: protección total o parcial, modificación de las actuaciones previstas, la realización de una excavación de urgencia y el inventario del material recopilado, supervisión durante la actividad a realizar etc.

CONCLUSIONES

El patrimonio paleontológico forma parte del geológico y ambos forman un todo único con todas las formas de patrimonio natural (biológico, ambiental, paisajístico) Todos ellos contribuyen a incrementar el potencial geoturístico del área en cuestión. Debemos evitar caer en la "trampa" administrativa de la protección por separado del patrimonio paleontológico y el natural o el geológico; de la protección de un punto localizado que permita en cambio afectar gravemente al paisaje y a la naturaleza en las inmediaciones de dicho punto (Fig. 4). Sólo de esta manera se podrá emitir un informe razonado de las medidas de protección y/o corrección a adoptar por la obra en cuestión.

AGRADECIMIENTOS

Proyectos: CGL2008-01273/BTE MICIIN (Univ. Complutense de Madrid) y "Patrimonio y Museo Paleontológico" (DGA) E-17.

REFERENCIAS

- Aurell, M., Meléndez, G. Pérez-Urresti, I., y Ramajo, J. (1999). Fossil-site conservation and public works in Aragón (Spain): Protecting the palaeontological heritage as an educational and social resource. En: *Towards the balanced management and conservation of the Geological Heritage in the new millenium*. (D. Baretino, M. Vallejo y E. Gállego eds.), 452-459.
- Bulard, P.F. (1972). *Le Jurassique moyen et supérieur de la Chaîne Ibérique sur la bordure du bassin de l'Ebre*, Tesis doctoral, Univ. nice, 353 p.
- Gil-Aznar, I. (2009). Estudio paleontológico y bioestratigráfico del Jurásico Medio y Superior (Bathonense-Oxfordense) en Puebla de Valverde (Teruel). T.A.D., Dpto. Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, 60 p.
- Gómez, J.J y Fernández-López, S (2004). Las unidades litoestratigráficas del Jurásico Medio de la Cordillera Ibérica., *Geogaceta*, 35: 91-94.
- Goy A., Martínez-Gutiérrez, G., y Ureta-Gil, M^a S. (1988): Bioestratigrafía del Toarciense y Aalenense en el sector comprendido entre La Almunia de Doña Godina y Ricla (Provincia de Zaragoza). En: *III Col. Estr. Paleog. Jur. España; Guía Exc*: Logroño: 237-250.
- Martínez Gutiérrez, G. (1986): *El Toarciense en el sector comprendido entre La Almunia de Doña Godina y Ricla (provincia de Zaragoza)-Paleontología (Ammonoidea) y Bioestratigrafía*. Tesis Licenciatura. Depto. Paleontología, Fac. C. Geológicas, Univ. Complutense, Madrid, 254 p.
- Martínez, G., Meléndez, G., Sequeiros, L. (1997): Excursión al Jurásico de Aguilón y Ricla-La Almunia: aspectos didácticos y geológicos. In: *Vida y ambientes del Jurásico: Homenaje científico a la profesora Asunción Linares*. (J.A. Gámez y E. Liñán, Eds.): V Jornadas Aragonesas de Paleontología. Inst. F. Católico, 1.863, 91-132. Zaragoza.
- Puigdefábregas, C. (1975). *La sedimentación molásica en la Cuenca de Jaca*. Monografías del Instituto de Estudios Pirenaicos, 104, 188.

El parque geológico-kárstico de la Sierra del Cujón. Términos municipales de Molinicos y Yeste (Albacete)

The karst geopark of Sierra del Cujón. Molinicos and Yeste districts (Albacete, Spain)

T. Rodríguez-Estrella¹ y F. Ballesta Sánchez²

1 Universidad Politécnica de Cartagena (Murcia). Paseo Alfonso XIII, 52. 30203 Cartagena. tomas.rodriguez@upct.es

2 Ciencia y Aventura. Riopar (Albacete). cienciaaventura@teledine.es

Resumen: La sierra del Cujón se ha elegido para formar un parque geológico-karstico por la abundancia de estructuras geológicas a la vez que las formas kársticas, porque están muy bien conservadas, apartadas de la actividad humana, lo que contribuye a su interés didáctico y porque todo el conjunto se concentra en un área relativamente pequeña (22 km²) y también porque se trata de un área de muy fácil acceso. Se proponen dos itinerarios diferentes: el primero es una ruta geológica que consta de cuatro paradas. El segundo es más específico de temas kársticos y tiene siete paradas. En estos itinerarios se toma contacto con: diferentes tipos de rocas sedimentarias, fósiles, pliegues, fallas normales e inversas, discordancias, dolinas, grutas, una cantera de falsa ágata abandonada, depósitos periglaciares, y una vista panorámica que permite observar el límite entre los dominios Prebético Externo y Prebético Interno. Se concluye en la Cueva del agua donde se observan, además de estalactitas y estalagmitas, otros espeleotemas interesantes, como coraloide, estalactitas deflectadas, moonmilk (leche de luna), etc.

Palabras clave: Parque geológico-karstico, Parque Natural, Zona Prebética, provincia de Albacete.

Abstract: *The Sierra del Cujón, a mountain range located in Albacete, Spain, has been selected to constitute a karst geopark due to the following reasons: there exist abundant geological structures as well as karstic forms in it; they are very well preserved, since there is almost no anthropic activity, which contributes to their great educational interest; all the mentioned forms are assembled within a relatively small area (22 km²), and finally, the access to such area is very easy. Two different itineraries have been proposed: one a geological route (four stops) and the other a karstic route (seven stops). Through such itineraries, the following geologic features can be observed: almost every type of sedimentary rocks, fossils, folds, normal faults, inverse faults, unconformities, dolines, caves, an abandoned quarry of false agate, periglacial gravel sediments, and a view showing the External Prebetic and Internal Prebetic boundary. Finally, in the Cueva del Agua (Cave of Water), stalactites, stalagmites and other curious speleothems such as coralloides, deflected stalactites, moonmilk deposits, etc. can be observed.*

Keywords: karst geopark, Natural Park, Itineraries, Prebetic Zone, province of Albacete.

INTRODUCCIÓN

Dentro del Parque Natural de los Calares entre los ríos Mundo y Tús se encuentra la Sierra del Cujón situada inmediatamente al NE del Calar del Mundo (Fig. 1). Este último constituye uno de los acuíferos kársticos más importantes de la Península Ibérica (145 km²), ya que la salida natural principal del mismo es la conocida fuente en "trop plein" de los Chorros del Río Mundo ("Reventón"), que da origen al principal afluente del Río Segura (Rodríguez Estrella, 1979 y Rodríguez Estrella y Ballesta, 1999); también porque existe un gran desarrollo de exokarst (más de 1000 dolinas y uvalas y 3 poljés) y endokarst (más de 100 simas y varias cuevas entre las que destaca la de los Chorros, con más de 20.000 m explorados).

La Sierra del Cujón se trata de un apéndice del Calar del Mundo por lo que, en consecuencia, presenta características geológicas e hidrogeológicas muy similares. Sin embargo, al tratarse de un acuífero

independiente de extensión más reducida (22 km²), éste puede ser analizado de forma integral y de una manera cómoda, dada su buena accesibilidad.

Constituye uno de los calares kársticos mejor conservados, ya que no existe en él actividad antrópica alguna. A su topografía contrastada (laderas casi verticales frente a cimas amesetadas) con desniveles de 400 m en tan solo 600 m de distancia en planta, hay que unir una vegetación tupida de pinos especialmente en las faldas y una fauna silvestre a base de cabra hispánica, jabalí, ciervo y muflón; todo ello imprime al lugar una excepcional belleza paisajística que es necesario conservar.

Pero además de estas características medio-ambientales, la Sierra del Cujón presenta una Geología sencilla y complicada al mismo tiempo; ya que en el Norte de la misma se sitúa el límite entre dos dominios paleogeográficos de la Zona Prebética: al Norte, el

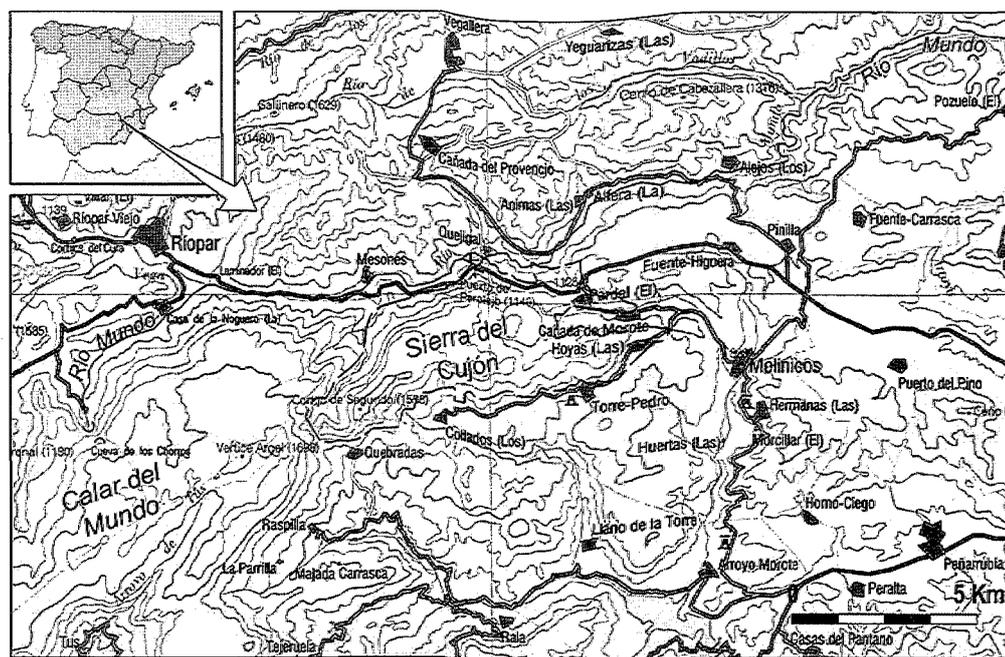


FIGURA 1. Situación geográfica del parque geológico-kárstico de la Sierra del Cujón y del acuífero del mismo nombre

Prebético Externo, con una tectónica intensa de escamas; y al Sur, el Prebético Interno, con pliegues suaves, fallas normales y discordancias. En todos los casos, estas estructuras se pueden deducir con claridad, ya que el relieve abrupto contribuye a su buena observación y la falta de antropismo a su conservación. Por otro lado, al tratarse de un calar, en él se instala un acuífero kárstico bien desarrollado, con formas exokársticas (se han cartografiado unas 80, entre dolinas y uvalas) y formas endokársticas (27 simas y cuevas, entre las que destaca la Cueva del Agua en la meseta. Este acuífero es drenado por un total de 40 manantiales en sus límites, ocupando generalmente las cotas más bajas.

Consciente de la importancia de esta diversidad natural, y considerando que es compatible conservar y contemplar, la empresa Ciencia y Aventura de Riopar (Albacete), que lleva a cabo actividades en la naturaleza desde el año 1994, solicitó a la Delegación de Medio Ambiente de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha permiso para crear un parque geológico-kárstico en dicha sierra con el fin de poder mostrar a los visitantes, mediante itinerarios, la corteza y las entrañas de este macizo. Dicha autorización le fue concedida en el año 2003 y es renovada anualmente. Para que dichas visitas fueran comprensivas y tuvieran un carácter didáctico, los autores de esta comunicación elaboraron en el 2006 el libro: "Guía del parque geológico-kárstico de la Sierra del Cujón. T.M. de Molinicos y Yeste (Albacete)". La presente comunicación pretende dar a conocer tanto el parque como el libro, mediante un resumen de este último; di ahí que el lenguaje de la misma sea sencillo, explicativo y divulgativo.

ITINERARIOS Y PARADAS

Recomendamos dos itinerarios, por considerarlos atractivos e interesantes, ya que compaginan el carácter científico y didáctico con el recreativo y contemplativo (fig. 2).

El primero de ellos es puramente geológico y discurre por los alrededores del Pardal, pedanía de Molinicos; este itinerario va destinado más bien a los alumnos o profesionales de la Geología, pero también a los profesores de Ciencias Naturales de Institutos y colegios, pues en él se analizan casi todos los tipos de rocas sedimentarias: calizas, dolomías, arenas, areniscas, conglomerados, arcillas, yesos, lignitos, etc; estructuras: fallas normales, fallas inversas, discordancias, anticlinales, sinclinales, etc y fósiles: microforaminíferos, lamelibránquios, equínidos, algas, corales, etc.

El segundo, es fundamentalmente kárstico (aunque también geológico) y se desarrolla por el camino forestal que va por la parte superior de la Sierra del Cujón y llega hasta la Cueva del Agua. A lo largo del mismo, se pueden observar fundamentalmente formas kársticas: lapiaces, dolinas, uvalas, simas y cuevas; pero también geológicas: fallas, pliegues suaves, fósiles, etc.

ITINERARIO GEOLÓGICO DEL PARDAL

Parada A.- Cruce del Pardal: La roca que aflora en el Este del cruce está constituida por dolomías del Dogger (entre 152 y 179 millones de años.), pertenecientes al Prebético Externo, que son muy características (en relación con otras dolomías de edades diferentes), porque están formadas por cristales romboédricos de

forestal, por el que discurre este itinerario, con la carretera del Pardal.

Parada 1. Pequeña dolina-sima: A 1.900 m del cruce, y a la izquierda (Sur) del camino, existe una pequeña dolina ubicada en dolomías del Turoniense (entre 89 y 92 m.a.), de 20 x 3 m, con una alineación de Oeste-Este (la del afloramiento), que se adapta a una falla normal. En el centro de la misma existe un ponor-sima de 5 x 3 m.

Parada 2. Cantera de falsa ágata: A 6.200 m existe una cantera abandonada de falsa ágata, que jalona el plano de una falla que afecta fundamentalmente a dolomías del Turoniense y a calizas del Senoniense inferior y se trata de falla normal porque la vergencia del plano de falla se dirige hacia el bloque hundido, esto es hacia el terreno más moderno (Senoniense inferior). Se puede observar un magnífico ejemplo de estrías de falla, que coinciden con la línea de máxima pendiente, lo que pone de manifiesto que el movimiento entre bloques ha sido exclusivamente vertical.

El plano de falla está ocupado por algo más de un metro de espesor de la denominada falsa ágata que fue explotada no hace mucho tiempo como elemento ornamental, ya que está constituida por un bandeado de capas paralelas entre sí, con colores alternantes claros (clima húmedo) y oscuros (clima seco) que presentan una gran belleza.

Parada 3.- Dolina alargada: A 7.500 m del cruce existe una dolina alargada, al Sur del camino, debido a que la disolución ha aprovechado la zona débil de una.

La roca está constituida por calizas oolíticas del Senoniense inferior y próximo al plano de falla se pueden ver numerosos Rudistas (moluscos lamelibránquios del Cretácico).

Existen buenos ejemplos de lapiaz entrecruzado (motivado por la presencia de numerosas diaclasas), en la zona de pendiente; y de nidos de abejas, en las zonas llanas.

Parada 4.- Otra dolina-falla: A 7.700 m del cruce existe otra dolina alargada, debido a que se ha adaptado a una falla de la misma dirección que la anterior, esto es N 15 E. Pueden observarse prácticamente los mismos fenómenos que hemos descrito en la parada anterior.

Parada 5.- Gravera: A 8.000 m del cruce existe una gravera abandonada que constituye una depresión kárstica con un relleno periglacial de cantos calizos muy angulosos (brechas sedimentarias) de pequeño tamaño (centimétrico).

Este sedimento está poco compactado, lo que indica que su formación es reciente y entre los estratos subhorizontales de la brecha existen intercalaciones de niveles de caliches, que indican periodos secos (fig. 8).

Parada 6.- Panorámica desde el Cujón: A 8.700 m del cruce existe un punto privilegiado en la cima del Calar del Cujón, a 1.460 m de altitud, por donde, a modo de ventana natural, se abre una bella panorámica. Pero además del motivo contemplativo y relajante, desde este balcón estratégico puede observarse el límite entre el Prebético Externo e Interno, pertenecientes a la Zona Prebética.

Parada 7.- Cueva del Agua: A 10.500 m del cruce está la Cueva del Agua, que se sitúa junto a la plataforma de la cumbre, pero ya en el escarpe nororiental de la sierra. Aunque Lledó Aznar (1983) la clasifica como de origen freático, pensamos que tiene una gran componente estructural, ya que viene condicionada por fallas. Se denomina del Agua, porque existe un casi continuo goteo, procedente del techo.

Las estalactitas están deflectadas en sentido divergente. Se forman por la acción del aire que penetra por la línea de intersección superior hueca y que tiende a irse hacia las paredes. A medida que bajamos, el aire pierde fuerza; por eso estos espeleotemas solo están representados en la parte superior de ellas.

Los "moonmilk" (leche de luna) son unas estalactitas que tienen su extremo inferior romo, en vez de puntiagudo. Se producen cuando el orificio interior central se obstruye.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto IGCP 513 de la UNESCO sobre *Acuíferos kársticos y recursos hídricos*

REFERENCIAS

- Lledó Aznar, F. (1983). Cavidades de la Sierra del Cujón (Molinicos, Albacete). *Lapiaz*, 12 (2): 2-12.
- Rodríguez Estrella, T. (1979). *Geología e Hidrogeología del sector de Alcaraz-Liétor Yeste (prov. de Albacete). Síntesis geológica de la Zona Prebética*. Tesis doctoral. Univ. de Granada (leída en 1978). Colec. Mem. IGME. t. 97, Madrid, 566 p.
- Rodríguez Estrella, T. y Ballesta Sánchez, F. (1999). *Estudio geohidroespeleológico del Calar del Mundo (Provincias de Albacete y Jaén)*. Inst. de Estud. Albacet. Excma. Diputación de Albacete. 180 p.
- Rodríguez Estrella, T. y Ballesta Sánchez, F. (2006). *Guía del Parque Geológico-Kárstico de la Sierra del Cujón. T.M. de Molinicos y Yeste (Albacete)*. Edita Tomás Rodríguez Estrella, 137 p.

"Euskal Geodibertsitatearen Behatokia - Observatorio de la Geodiversidad Vasca": iniciativa en defensa de la geodiversidad y el patrimonio geológico en el País Vasco

"Euskal Geodibertsitatearen Behatokia - Observatorio de la Geodiversidad Vasca": initiative in defense of geodiversity and geological heritage in the Basque Country

J.F. Santos¹ y B. Apoita²

¹ Dpto. Mineralogía-Petrología. Fac. Ciencias (UPV-EHU). Sarriena s/n, 48940 Leioa (Bizkaia). josefrancisco.santos@ehu.es

² Iniciativa "Euskal Geodibertsitatearen Behatokia". geodibertsitatea@gmail.com

Resumen: Diferentes leyes del País Vasco (e.g. 7/1990 de Patrimonio Cultural, 16/1994 de Conservación de la Naturaleza y, 3/1998 de Protección del medioambiente) están desfasadas respecto a la legislación española (e.g. Ley 42/2007) y a las recomendaciones europeas (e.g. REC 2004-3) relacionadas con la geodiversidad y el patrimonio geológico. Se reflexiona sobre la necesidad de garantizar la inclusión de la Geodiversidad en futuras leyes del País Vasco. Así mismo, se propone la conveniencia de crear un Observatorio y un Plan de Acción para la Geodiversidad en el País Vasco.

Palabras clave: Geodiversidad, medioambiente, legislación, País Vasco.

Abstract: Some laws in the Basque Country (e.g., 7/1990 on Cultural Heritage, 16/1994 on Nature Preservation and 3/1998 for Environment Protection) may be presently regarded as outdated with respect to the new Spanish legislation (e.g. law 42/2007) and the European recommendations (e.g. REC 2004-3) in relation with the geodiversity and the geological heritage. We provide here some indications on the need to ensure the inclusion of Geodiversity notions in future laws of the Basque Country legislation. Also, we advocate the convenience for the creation of and Observatory and Action Plan on Geodiversity for the Basque Country.

Key Words: Geodiversity, environment, legislation, Basque Country.

INTRODUCCION-ANTECEDENTES

La relación del hombre con la Geodiversidad se inició en los albores de la Humanidad, en el Paleolítico inferior (hace unos 2 Ma), con el aprovechamiento del sílex para tallar sus armas; continuó con la selección de minerales para sus pinturas (arte rupestre de hace unos 30.000 años) o para la explotación de metales (Edad del Cobre, de Bronce o de Hierro, desde hace unos 4.000 años).

A partir del siglo XV, esta relación hizo que ciertos elementos geológicos comenzasen a ser utilizados como reclamo geoturístico (e.g. Erikstad, 2008) y que desde el siglo XIX fuesen protegidos por su interés científico o por servir de base a la creación de ciertos Parques Naturales (Gray, 2004).

Por otro lado, desde hace casi un lustro, existe un gran interés a nivel mundial por el patrimonio cultural y el patrimonio natural (focalizada casi exclusivamente en la biodiversidad) así como por el medio ambiente, el cambio climático o el desarrollo sostenible. Este interés ha sido reforzado y divulgado en reuniones internacionales (e.g. Convención sobre Protección del Patrimonio Natural y Cultural Mundial de la UNESCO,

1972, Cumbre de Río, 1992; Protocolo de Kyoto, 1997; Cumbre de Johannesburgo, 2002; Copenhague, 2009).

De estas reuniones se ha ido generando una legislación, a distintos niveles, donde la Geodiversidad y el Patrimonio Geológico no han salido bien parados. Sin embargo, en los últimos años iniciativas como la "Recomendación del Consejo Europeo para la conservación del patrimonio geológico y de las áreas de interés geológico (REC 2004-3)" o en España la "Ley 42/2007 de Patrimonio natural y Biodiversidad" (BOE nº 299 del 14-12-2007) parecen favorecer el desarrollo de la Geodiversidad y del Patrimonio Geológico.

Desde esta perspectiva y tomando como referencia los avances ya existentes en biodiversidad, patrimonio cultural, medio ambiente o desarrollo sostenible, se ha comenzado a usar una terminología asociada a Geodiversidad y Patrimonio Geológico (patrimonio minero, lugares de interés geológico, geoconservación, georremediación, geoturismo, geotopo, geoparque, etc.) que en ocasiones resulta confusa y que necesita ser precisada, divulgada y, sobre todo, legislada.

SITUACIÓN EN EL PAÍS VASCO

A principios de la década de los 90 hubo cierto interés en promover la Geodiversidad y el Patrimonio Geológico, incluso se publicaron guías de Lugares de Interés Geológico de Bizkaia y Gipuzkoa, subvencionadas desde sus respectivas Diputaciones. Por desgracia, estas publicaciones han caído en el olvido (e.g. Ibarguchi y Bombin, 1990; Tamés et al., 1991, Salazar Rincón et al., 1996).

En esa misma época, se comenzaron a legislar aspectos referentes a Patrimonio Cultural, Natural o de Medioambiente para el País Vasco, donde la Geodiversidad y el Patrimonio Geológico fueron infravalorados, dispersados o ignorados en diferentes leyes entre las que destacan:

- *Ley 7/1990 del BOPV, de Patrimonio Cultural Vasco*. En particular los artículos 43 y 44 (donde citan patrimonio arqueológico, metodología arqueológica, zona arqueológica o parque arqueológico) y el artículo 45.A. donde define "Prospección arqueológica" como "la exploración del terreno dirigida a la búsqueda de toda clase de restos históricos o paleontológicos....". Actualmente esta ley, además de los restos paleontológicos (fósiles) también engloba conjuntos mineros (e.g. *Decreto 126/2008 del BOPV, donde se califica como bien cultural, categoría de conjunto monumental, el coto minero de Aizpea, sito en Zerain (Gipuzkoa)*).

- *Ley 16/1994 del BOPV, de conservación de la naturaleza del País Vasco*. Donde el Título III, Capítulo IV hace referencia a la "Declaración de espacios naturales protegidos" diferenciando entre Parque Natural (donde la geología y/o geomorfología favorecen su declaración), Biotopo y Árbol singular. Por su parte, en el Título IV, destacan los Capítulos II (Catálogo Vasco de Especies Amenazadas de la Fauna y la Flora), el III (Fauna silvestre) y IV (Flora silvestre). En este sentido destacar que uno de los últimos biotopos creados (*Decreto 34/2009 del BOPV, por el que se declara Biotopo Protegido el tramo litoral Deba-Zumaia*), además de incluir unos impresionantes acantilados, es un referente a nivel mundial de materiales del flysch, del límite K/T y límite Paleoceno/Eoceno, por lo cual el prefijo BIO- parece estar un poco forzado.

- *Ley 3/1998 del BOPV, general de protección del Medio Ambiente del País Vasco*. En el Título II, Capítulos I (la Biodiversidad), II (Protección de las aguas y del litoral) y III (Protección del suelo) se vuelve a olvidar la Geodiversidad y el Patrimonio Geológico. Mientras que en Anexo I (*Lista de obras o actividades sometidas al procedimiento de evaluación individualizada de impacto ambiental*) aparece citada de forma indirecta la Geodiversidad, al servicio del hombre y del desarrollo sostenible pero como algo perjudicial.

En los últimos años, y de modo puntual, parece que se esta replanteando la importancia de la Geodiversidad y el Patrimonio Geológico mediante proposiciones a nivel institucional (e.g. Boletín Oficial Junta Generales de Bizkaia, Proposición NO de norma nº 55(a), de 29-10-2007) o la concesión de Acciones Especiales de Investigación desde el Gobierno Vasco (ver agradecimientos).

DISCUSIÓN

A nivel general, se puede decir que la Geodiversidad y el Patrimonio Geológico han sido los grandes olvidados de los últimos 50 años durante la revolución del pensamiento asociada al Patrimonio Natural y Cultural o a conceptos de Medioambiente y de Desarrollo Sostenible. Prueba de ello es que por ejemplo en España la definición de Geodiversidad no esta totalmente armonizada, aunque destacan dos definiciones:

- "Variedad de elementos geológicos, incluidos rocas, minerales, fósiles, suelos, formas del relieve, formaciones y unidades geológicas y paisajes que son el producto y registro de la evolución de la Tierra" (*LEY 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad*).

- "Diversidad de rasgos y proceso geológicos (rocas, minerales y fósiles), geomorfológicos (paisajes, formas del terreno y procesos físicos), edáficos e hidrogeológicos incluyendo sus relaciones, propiedades y sistemas de un determinado territorio". (*Estrategia Andaluza de Geodiversidad; Junta de Andalucía, 2008*).

En la segunda definición, y respecto a la Ley 42/2007, es de resaltar la inclusión de los procesos hidrogeológicos dentro de la Geodiversidad.

Simultáneamente, además de consensuar la definición hay que establecer el campo de actuación de la Geodiversidad y sus relaciones con otros campos del conocimiento. Estas relaciones pueden ser tanto directas (e.g. Patrimonio Geológico, Patrimonio Minero, Lugares de Interés Geológico (LIG's), Geoparque, Geosite, Fósil, Mineral, Litología, Geoturismo, Geoconservación, Georremediación, Geoingeniería, Suelos, Agua, etc) como indirectas (e.g. otros tipos de recursos/patrimonios como el natural o medioambiental (flora, fauna, biodiversidad, etc.), cultural (arqueología, minas, etc.), industrial (canteras, minas, etc.), desarrollo sostenible, etc.)

Por otro lado, hay que tener presente que la Geodiversidad no es indestructible y que existen amenazas, antropogénicas y/o naturales, que la deterioran e incluso la hacen desaparecer (e.g. Gray, 2004). Dentro de estas amenazas se incluyen una serie de "debilidades" que probablemente son las que más han contribuido a que la Geodiversidad haya permanecido en el olvido, o en un segundo plano, dentro del Patrimonio

Natural. Entre estas “debilidades” estarían: (1) la falta de información, sensibilización, educación, concienciación, etc. del público en general; (2) la falta de apoyo legal; (3) la “manipulación” y “apropiación” de ciertos conceptos geológicos por parte del patrimonio cultural, del patrimonio natural (en su vertiente de la biodiversidad), del medio ambiente, etc.; (4) la mala prensa de algunos georrecursos (canteras, minas, uranio, petróleo, etc.), que se asocian a contaminación; e incluso, (5) la dejadez de los geólogos por defender la Geodiversidad, claro que ante el panorama anterior es fácil echar la toalla.

Para luchar contra estas “debilidades”, es necesario crear centros, observatorios u organismos desde donde dar a conocer, defender y fortalecer la Geodiversidad, el Patrimonio Geológico y los conceptos asociados, sin olvidar sus raíces incluso en aspectos tradicionales tan dispares como usos y costumbres, idiomas, deportes, etc. por ejemplo, en el caso del País Vasco la geodiversidad estaría estrechamente relacionada con algunos de los denominados “herrikirolak” o deportes rurales, cuyo origen habría que buscarlos en trabajos en canteras, minas o ferrerías. Entre ellas destacan las “Asto probak” (prueba de burros), idi probak (prueba de bueyes) o giza probak (prueba de burros hombres), que consisten en arrastrar grandes bloques (hasta 5000 kg). Otros deportes serían los “Harri zultzaileak (barrenadores), “ingude altxatzea” (levantamiento de yunque) o “harri jasotzea” (levantamiento de piedra). En este último caso las piedras tradicionalmente más utilizadas son las “kareharriak” (calizas) de Lastur o Markina (localidades conocidas por sus rocas ornamentales), ocasionalmente de “harri berdeak” (piedras verdes; rocas volcánicas basálticas extraídas de las cercanías de Zumarraga) y más recientemente, incluso con finalidad ornamental, replicas hechas de granito.

Actualmente, y en este sentido, en el País Vasco existe un grupo de personas trabajando en la iniciativa “Euskal Geodibertsitatearen Behatokia / Observatorio para la Geodiversidad del País Vasco”, cuya labor inicial se está centrando en dos campos de actuación: (a) recopilación de información en relación a diferentes aspectos de la Geodiversidad, tanto a nivel internacional, como estatal o autonómico, en particular, en el País Vasco, y (b) divulgativa, con charlas o artículos y participaciones en congresos para dar a conocer esta iniciativa y la importancia de la Geodiversidad (e.g. Santos y Apoita, 2009).

Otros los objetivos inmediatos del “Euskal Geodibertsitatearen Behatokia / Observatorio para la Geodiversidad del País Vasco” destacaría la elaboración de un Plan de Acción para la Geodiversidad donde se incluirían aspectos como: (i) Proposición y definición de los conceptos asociados con la Geodiversidad que debieran ser tenidos en cuenta en estudios relativos al patrimonio cultural, al patrimonio natural, a la educación ambiental y a la sostenibilidad, etc.; (ii) Programa de

concienciación dirigido a los legisladores, políticos, instituciones y público en general sobre la importancia de la inclusión de la Geodiversidad y conceptos afines (Patrimonio Geológico, georremediación, geoturismo, etc.) en las nuevas leyes que posiblemente surjan en el País Vasco tras la entrada en vigor de la Ley 42/2007. En este proceso se debe puntualizar tanto el valor intrínseco de la Geodiversidad como sus aportaciones a otros conceptos o disciplinas relativas a medio ambiente, biodiversidad, desarrollo sostenible, patrimonio natural, patrimonio cultural; (iii) lograr una mayor implicación de organismos públicos y/o privados en defensa de la Geodiversidad, que no se quede en la subvención puntual de proyectos de investigación; y, (iv) lograr que el Observatorio funcione de modo autónomo, aunque abogando bien por una colaboración con otras entidades equivalentes ya existentes (de biodiversidad, de patrimonio cultural, de medioambiente, desarrollo sostenible, etc.) o, bien, por su integración alguna de estas entidades (p.e. Consejo Asesor de Conservación de la Naturaleza del País Vasco-Naturzaintza recogido en la Ley 16/1994).

Para finalizar esta discusión se plantean algunas cuestiones sobre los problemas que pueden generarse en el caso de que las leyes del País Vasco arriba citadas para el País Vasco (7/1990, de Patrimonio Cultural; 16/1994, de conservación de la naturaleza; y 3/1998, general de protección del Medio Ambiente) sean modificadas y adecuadas a la ley estatal 42/2007 de Patrimonio Natural y Biodiversidad. Entre estas cuestiones destacan:

- ¿Se creará una nueva ley para la Geodiversidad?

- ¿Se incluirá la Geodiversidad en una ley nueva de medioambiente o de la naturaleza? Y en este contexto ¿en que condiciones respecto, por ejemplo, a la biodiversidad?

- ¿Se crearán incongruencias legales como las existentes en otras comunidades autónomas?. Por ejemplo, en el *Reglamento de actividades arqueológicas de Andalucía (2003)*, no está claro si los geólogos pueden o no ir a descubrir e investigar fósiles y ciertos componentes de geomorfología.

- ¿Seguirá repartida la Geodiversidad entre patrimonio natural (parque natural y biotopos pese al alto contenido geológico de alguno de ellos, p.e. *el tramo litoral Deba-Zumaia*.) y patrimonio cultural (fósiles y conjuntos mineros)?

- ¿Se podrán crear figuras de protección específicas para la geodiversidad, p.e. Geotopos o Lugar / monumento de Interés Geológico?

- ¿Se protegerán minerales, rocas, etc. del mismo modo que los fósiles?

- ¿Se podrán integrar en la Geodiversidad conceptos hasta ahora indiscutibles de campos de conocimiento tan dispares como el idioma, artesanía, deporte, mitología o biodiversidad?

CONCLUSIONES

Como se acaba de ver, en los últimos años, la Geodiversidad ha estado infravalorada, o incluso ignorada, por comparación con otros aspectos del conocimiento, dándose el caso de que ejemplos de Geodiversidad son mostrados en ocasiones como patrimonio cultural y otras veces como patrimonio natural asociado a la biodiversidad. La publicación de la Recomendación del Consejo de Europa (REC 2004-3) y de la Ley estatal 42/2007 auguran un mejor porvenir para la Geodiversidad en España.

En el caso del País Vasco, la existencia de leyes autonómicas (e.g. 7/1990 de Patrimonio Cultural, la 16/1994 de Preservación de la Naturaleza y la 3/1998 de Protección del Medioambiente) donde se incluyen ciertos elementos de Geodiversidad hace que el futuro de la Geodiversidad no esté nada claro. Es por ello que se defiende la necesidad de crear un Observatorio para la Geodiversidad en el País Vasco, desde donde elaborar un Plan de Acción para la Geodiversidad, donde se recoja información y propuestas para la divulgación y la concienciación del público en general hacia la Geodiversidad y la conservación del Patrimonio Geológico. Para ello tampoco se olvidan las peculiaridades culturales, tradicionales y lingüísticas del País Vasco, muchas de las cuales tienen sus raíces en la Geodiversidad o en actividades derivadas de su explotación de sus georrecursos en minas o canteras.

Material complementario (presentación power point) de este artículo puede obtenerse en: <http://euskalgeodibertsitatea.blogspot.com/2009/12/geodiversidad-y-leyes-pais-vasco.html>.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo elaborado con ayudas de los proyectos del Gobierno Vasco (AE-2008-1-19) y del Ministerio de Ciencia e Innovación (CGL2008-01130/BTE).

REFERENCIAS

- Erikstad, L. (2008): History of geoconservation in Europe. En: *The history of geoconservation* (C.V. Bureck y C.D. Prosser eds.). The Geological Society, London, Special Publication, 300, 249-256.
- Gray, M. (2004): *Geodiversity, valuing ad conserving abiotic nature*. John Wiley & Sons. Sussex, 434 pp.
- Ibarguchi, M. y Bombin, C. (1990): *Bizkaiko interes geologikoko guneak-Puntos de interés geológico de Bizkaia*. Diputación Foral de Bizkaia, 275 pp.
- Junta de Andalucía (2008): *Borrador Estrategia Andaluza de Gestión Integrada de la Geodiversidad*. Consejería Medio Ambiente: (www.juntadeandalucia.es/medioambiente).
- Salazar, A., Ortega, L.I., Portero, G., Mendiola, I. y Tamés, P. (1996): El patrimonio geológico en Guipúzcoa. *Geogaceta*, 19: 221-223.
- Santos, J.F. y Apoita, B. (2009): Geodiversidad, patrimonio geológico y conceptos afines: complementos esenciales en la educación ambiental del futuro. *Forum de sostenibilidad*, 3: 51-61.
- Tamés, P., Mendiola, I. y Pérez, C. (1991): *Gipuzkoako interes geologikoko guneak- Puntos de interés geológico de Guipúzcoa*. Diputación Foral de Guipúzcoa, San Sebastián, 167 pp.

Elementos de interés para un inventario del patrimonio hidrogeológico de la Comunidad de Madrid

Interesting sites for inventoring the hydrogeological heritage of Madrid region

J.G. Yélamos

Departamento de Geología y Geoquímica. Universidad Autónoma de Madrid. Campus de Cantoblanco s/n. 28049-Madrid.
javier.yelamos@uam.es

Resumen: *Se propone de puntos de interés hidrogeológico a tener en consideración en un inventario de la Comunidad de Madrid. En éste se incluyen todo tipo de puntos de agua, como manantiales (La Fuente de los Geólogos), pozos excavados (noria de "La China", un antiguo pozo perforado (Janini), galerías de viajes de agua y pozos con drenes radiales. También se incluyen elementos relacionados con otros tipos de patrimonios como el medio ambiental (dos humedales en terrazas fluviales), las formas kársticas (Cueva del Reguerillo, dolina de San Juan), explotaciones mineras (galería de Carcaballana) y arquitectónico con el balneario de Carabaña. El patrimonio histórico es tenido en cuenta con la fuente de Corpa (que abastecía de agua a los Austrias) y especialmente por los viajes de agua de Madrid, una red de galerías de más 100 km de longitud en riesgo de ser destruidas.*

Palabras clave: *patrimonio hidrogeológico, acuíferos en Madrid, viajes de agua.*

Abstract: *An hydrogeological heritage inventory of Madrid Community is proposed, in which is included all type of "water points" as springs (Geologist fountain), dug wells ("La China" noria), one old bored well (Janini), water collecting galleries and radial collector wells; also there are elements related to the other heritage types as ecological-environmental (two wetlands on alluvial terraces), karstic morphologies (Reguerillo cave, San Juan doline), mining saline exploitation (Carcaballana gallery) and building related to mineral waters as the Carabaña Spa. Historical heritage is considered by Corpa spring (the source of tap water to Austrian Kings) and especially by the Madrid knats, a net of galleries, more than 100 km in length at risk to be destroyed..*

Key Words: *hydrogeological heritage, Madrid aquifers, kanats.*

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Rodríguez Estrella (1999), "pertenecen al patrimonio hidrogeológico todos aquellos emplazamientos relacionados con las aguas subterráneas con interés, al menos a nivel regional, de tipo científico, cultural, educativo, medioambiental o recreativo, y con una situación espacial concreta y definida, la cual permite tanto su accesibilidad como su protección.

En opinión del firmante, estos aspectos relativos a las aguas subterráneas tienden a quedar en un segundo plano, cuando no en el olvido, en los estudios de conservación del patrimonio geológico. Un primer ejemplo lo aporta el hecho de que esta es la única comunicación sobre temática hidrogeológica en esta reunión y en las restantes es un aspecto ausente. Una rápida búsqueda en Google (en el momento de redactar estas líneas) aporta un resultado más resolutivo: sobre 70.000 páginas que contienen la expresión "geological heritage", la cifra desciende un orden de magnitud (a 2.500 citas) si la búsqueda es de "geomorphological heritage", un valor similar (2.900 citas) para "paleontological heritage", pero con otro descenso de un

orden de magnitud, cuando se localizan 850 páginas que contienen la expresión "hydrogeological heritage".

En las páginas siguientes se proponen una serie de puntos de interés hidrogeológico que valdría la pena considerar en un inventario de la Comunidad de Madrid, como una modesta contribución a un mayor conocimiento del patrimonio de las aguas subterráneas.

EL ACUÍFERO Terciario Detrítico de Madrid y los Viajes de Agua

Una sintética descripción de las grandes unidades hidrogeológicas de la Comunidad de Madrid, dividiría a ésta en tres bandas orientadas de NE a SO. El tercio norte está ocupado por rocas plutónicas y metamórficas de la Sierra de Guadarrama, apareciendo una pequeña banda de calizas Cretácicas en parte de su contacto sur; en el tercio meridional de la provincia, aparecen arcillas, yesos y sales de relleno del sector central de la cuenca Terciaria de Madrid, parcialmente coronadas por la caliza del Páramo; en tercer lugar queda el sector intermedio con materiales detríticos de la misma cuenca, en una extensión de unos 2.600 km²,

constituyendo parte del denominado "acuífero Terciario detrítico de Madrid".

Esta última es, sin lugar a dudas, la unidad hidrogeológica que juega un papel primordial en el abastecimiento a Madrid y su alfoz; existen miles de pozos perforados realizados por particulares desde hace más de 40 años, si bien en los últimos años, el Canal de Isabel II (CYII) ha puesto en su mira la explotación de este acuífero y ya dispone de más de un centenar de pozos perforados, alguno alcanzando los 800 m de profundidad. De todas estas sondeos, el que pudiera ser candidato a incluir en un inventario y conservar, es el emboquille de un pozo que subsiste cerca de El Pardo, y que por su aspecto y situación es probable que se trate uno de los pozos surgentes realizados por Janini (1913), en cuya perforación se utilizó, parece ser que por vez primera en España, una máquina de rotación a circulación directa con lodos.

Fuera del pozo anterior, el elemento de patrimonio hidrogeológico más destacable del acuífero terciario detrítico de Madrid son los viajes o galerías de captación y distribución de agua que, desde el Madrid musulmán hasta 1858, fueron la principal fuente de abastecimiento de la Villa y Corte; los viajes también están presentes en otras localidades madrileñas, como El Pardo, Meco, Alcalá y Ciempozuelos, pero es en Madrid donde alcanzaron su mayor desarrollo superando el centenar de km de galerías. Al estar en desuso, la tendencia general de los viajes es a su desaparición, acelerada por la infinidad de obras que cortan el subsuelo de una urbe. Una recopilación de los escasos tramos que subsisten puede consultarse en López-Camacho et al. (1986).

El viaje madrileño que se conserva en mejor estado, puesto que aun está en servicio, es la corta galería (unos 100 m) que abastece a la popular Fuente de San Isidro, en la que se dan cita miles de madrileños en el día de su Santo Patrón, para beber sus aguas. Con motivo de unas obras en la calle Juan XXIII, quedaron al descubierto varios elementos del viaje de Amanuel: la sección de tres galerías, un arca o cambija (donde reposaban las aguas), y un capirote (bloque de roca de forma piramidal para cerrar la boca de los pozos de aireación y/o acceso); Esto elementos se han conservado dentro de un parque junto con la inclusión de unos paneles explicativos de los viajes. Aparte de esta actuación, cuyos elementos se están degradando por vandalismo urbano (en el parque tienen lugar "botellones"), sería conveniente una mayor implicación de las autoridades municipales a fin de conservar y abrir al público por razones históricas y educativas otras galerías que aún subsisten, tanto en Madrid como en las localidades citadas anteriormente.

En la recopilación de aguas minerales de la Comunidad de Madrid presente en IGME (2001) se citan media docena de manantiales sobre el Terciario, obtenidos a partir de referencias bibliográficas

históricas; difíciles de localizar, ya que tan solo se indica el nombre de la fuente y del municipio, el conocimiento actual de la calidad de las aguas del acuífero Terciario detrítico de Madrid, invita a sospechar que el carácter mineral (o más probablemente minero-medicinal) debió de ser un tanto exagerado.

Un último elemento a incluir en el patrimonio hidrogeológico madrileño, es una noria del siglo XVII que sirvió para abastecer de agua a la extinta Fabrica Real de Porcelana (popularmente conocida como "La China"). Actualmente se encuentra restaurada, como elemento decorativo, en el madrileño parque de El Retiro, siendo un ejemplo de que la temática hidrogeológica ha estado ausente (frente al interés histórico) a la hora de recuperar esta captación.

LOS EXIGUOS RECURSOS HÍDRICOS DE LA SIERRA DE GUADARRAMA

El tercio norte de la Comunidad de Madrid está ocupado por materiales de naturaleza plutónica y metamórfica donde los recursos subterráneos son pobres. De hecho, en toda esta zona no ha sido declarada oficialmente ninguna masa de agua, quedando catalogada como área sin acuíferos o con acuíferos de interés local. Sin embargo, la densidad de pozos es muy elevada, intentado obtener agua subterránea, ya sea de los primeros metros de roca cristalina alterada, ya sea por atravesar la red de fracturas del macizo rocoso. La elevada densidad de captaciones es debida a: 1) problemas en el pasado, cuando los sistemas de abastecimiento locales no eran capaces de cubrir las demandas durante el periodo estival, y 2) la presencia de miles de viviendas de segunda residencia con parcela anexa, en la que fácilmente se puede realizar un pozo.

Junto con estas captaciones de particulares, en la Sierra se encuentran infinidad de pequeños manantiales cuya finalidad es, o bien para abastecimiento a las tradicionales ganaderías, o bien para aplacar la sed de los excursionistas. De esta pléyade de surgencias de discreto caudal (raro que superen 0,2 l/seg en verano), si que cabría incluir uno con pleno derecho como punto de interés geológico a conservar: se trata de la única fuente (al menos que sepamos) dedicada a la los geólogos; más en concreto, ésta se levantó como homenaje a los pioneros en el estudio de la Sierra de Guadarrama: Casiano de Prado, José Mac Pherson, Salvador Calderón y Francisco Quiroga. Situada junto a la carretera el puerto de Navacerrada y con un amplio aparcamiento, es un punto donde numerosos madrileños hacen una parada, no solo para beber sus finas aguas, sino también para llevársela en recipientes.

El primero de estos pioneros indica explícitamente que le llama la atención la escasez de aguas minerales en la vertiente madrileña (De Prado, 1864). Ciertamente no aparecen aguas termales, y la mayoría de las aguas minerales que se encuentran en la bibliografía están

desaparecidas (el manantial sulfuroso de Mangirón está cubierto por las aguas del embalse del Atazar, y las aguas "arseniacaes" de la Fe del Portillo de Villalba llevan años secas) o se trata simplemente de aguas de muy baja mineralización sin propiedades medicinales especiales. En un inventario de puntos a conservar, tan solo destacarían dos; ambas son surgencias de aguas sulfurosas que brotan justo en el contacto sur entre el macizo cristalino y las calizas cretácicas. La primera es la Fuente de la Sima (Colmenar Viejo), en cuyos pilones aparecen unos azulejos indicativos de que sirvieron para baños con los que aliviar enfermedades de la piel; cercana a ésta (El Molar), y ya citada por Limón Montero (1697), todavía existe la fuente del Toro (hay referencias erróneas a que se había secado), que si bien en el pasado dio lugar a un establecimiento balneario de cierto renombre, se encuentra cerrado desde 1940.

ACUIFEROS KARSTICOS CALCAREOS

La Comunidad de Madrid tiene dos acuíferos de naturaleza kárstica sobre calizas, en los que sin embargo las morfologías de esta naturaleza, son mucho menos llamativas que en otras regiones calcáreas españolas; la excepción es la cueva del Reguerillo de algo más de 10 km de desarrollo dentro de una banda de calizas Cretácicas presentes en el contacto del macizo cristalino con los sedimentos de la cuenca de Madrid. Al interés hidrogeológico de esta cavidad se le suman otros valores de patrimonio paleontológico y arqueológico, de forma que se encuentra protegida bajo la figura de Bien de Interés Cultural.

El acuífero Cretácico es libre pero también tiene un sector de carácter confinado por sedimentos arcillosos Terciarios. Alguno de los primeros sondeos que lo captaron fueron surgentes, uno con altura de nivel piezométrico de 40 metros (Corchón, 1972). Hoy en día, perdido el carácter surgente, no parece que proceda incluir estos pozos en un inventario de patrimonio hidrogeológico.

El segundo acuífero kárstico viene definido por la presencia de niveles horizontales de carbonatos (caliza del Páramo s.l.) sobre más o menos la mitad de la extensión de los sedimentos terciarios del centro de la cuenca de Madrid. El acuífero se descarga primordialmente por un gran número de manantiales situados justo en su base, en el contacto con yesos y arcillas menos permeables que las calizas. La surgencia que valdría la pena destacar es la fuente del Rey o de Corpa, no por criterios de especial interés hidrogeológico sino de tipo histórico. Limón Montero (1697) recoge como, al parecer, Felipe II curo una dolencia bebiendo de esas aguas y a partir de entonces fue el agua de bebida para sus sucesores en la corona. Situada en una pequeña vaguada en medio del Páramo, un monolito recuerda que fue el agua de boca para la monarquía de los Austrias.

LAS MATERIALES IMPERMEABLES SALINOS Y SU PECULIAR CALIDAD QUÍMICA

El tercio suroriental de la Comunidad está ocupado por arcillas y sales de la cuenca Terciaria de Madrid, en los que si bien los yesos y sales pueden presentar una cierta permeabilidad por karstificación, la elevada salinidad de las aguas hace que sobre estos terrenos no se define oficialmente ninguna masa de aguas subterráneas. Sin embargo, esta presencia de sales hace que el patrimonio hidrogeológico no sea en absoluto desdeñable, por motivos de calidad de agua en vez de cantidad.

De entrada, sobre estos terrenos aparecen puntos de interés hidrogeológico relacionados con salinas; en el sureste de Madrid hubo ocho explotaciones de sal común y sulfato sódico (ITGE, 1995); actualmente todas están inactivas, y sería de interés conservar como patrimonio minero e hidrogeológico, al menos, la de Carcaballana, la que cerró más recientemente y en la que el suministro de sales procedía de una captación de aguas subterráneas, a modo de galería de 80 m de longitud.

La elevada salinidad de las aguas subterráneas en estos materiales ha dado lugar a que sea el sector de la Comunidad de Madrid con la mayor densidad de fuentes clasificadas como minero-medicinales, principalmente para su uso como purgantes. La lista incluye los extintos balnearios de La Margarita (Loeches), Torres de la Alameda, La Concepción de Peralta (Velilla de San Antonio) y las fuentes de La Maravilla (Loeches), Las Pajaritas (Colmenar de Oreja), Capanegra (Rivas-Vaciamadrid), Fuente de los Caballeros (Chinchón), Fuente Amarguilla (Tielmes), Barranco de las Amargas (San Martín de la Vega), Coslada, y la Fuente Amarga (Aranjuez).

Como elemento principal a destacar en un inventario, serían las distintas captaciones de las celebres aguas medicinales de Carabaña (pozos excavados y galerías), cuyas características se puede consultar en la monografía específica editada por la RANF (1981); se trata de aguas sulfatadas sódicas de muy alta mineralización, que todavía hoy se venden envasadas, no como agua de mesa, sino estrictamente medicinal. Muy recientemente, el balneario ha sido abierto al público, con un hotel rural anexo.

LOS ALUVIALES CUATERNARIOS

Tapizando los cauces de los principales ríos madrileños, aparecen terrazas que dan lugar a acuíferos libres, captados por pozos excavados de interesante caudal. Las terrazas tienen una mayor entidad cuanto mayor sea el caudal del río, y también cuanto más al sur de la Comunidad, con la presencia de terrazas encajadas da lugar a espesores de aluviales de unas cuantas decenas de metros de espesor.

Si en ninguna de las unidades anteriores se hace referencia a la asociación de aguas subterráneas con humedales, las terrazas de estos ríos madrileños tapan con creces este vacío. Tradicionalmente, estos aluviales han sido el origen de los áridos necesarios para la construcción de una gran urbe como es Madrid y su alfoz. Muchas de las graveras originan lagunas permanentes al aflorar el nivel freático de estos acuíferos. La mayor concentración de éstas aparece en el área de confluencia entre los ríos Manzanares y el Jarama, y este ha sido uno de los motivos para la declaración de esta zona como Parque Regional del Sureste de Madrid. De los más de cien humedales artificiales existentes en el Parque, presentando una superficie en lámina de agua libre superior a las 400 ha, cabría citar a un par como los más relevantes: a) El complejo de Lagunas de las Madres, una de las primeras áreas regeneradas (inicio en 1985), por su utilidad para actividades de ocio y como reserva ecológica y b) la gran laguna de El Campillo (más de 4 km de perímetro) también recuperada como zona de ocio, pegada al casco urbano de Rivas-Vaciamadrid, y que añade el valor geológico y paisajístico de los cantiles de yesos en su lado norte. Fuera del ámbito del Parque Regional, en las terrazas del río Tajuña, cabe destacar a la laguna de San Juan (también en origen una explotación de áridos), protegida bajo la figura de Refugio de Fauna para las aves migratorias; en sus alrededores aparece una dolina sobre yesos, muy llamativa tanto por la regularidad de su forma circular como por su profundidad, y ha de considerarse como un elemento más a incluir en el inventario de patrimonio hidrogeológico.

Finalmente, si bien la gran mayoría de las captaciones en las terrazas son pozos excavados clásicos, en un catálogo de puntos hidrogeológicos de Madrid cabe considerar tres captaciones sobre los aluviales de los ríos Jarama y Guadarrama; se trata de pozos con drenes radiales, tipo Ranney, propiedad del CYII, hoy en día fuera de servicio, pero de gran interés a efectos didácticos; además, con la ventaja de que un par de estos pozos se ubican junto a las cuevas calizas de Patones, un paraje clásico para prácticas de enseñanza de la geología desde las instituciones educativas madrileñas.

CONSIDERACIONES FINALES

Analizando la propuesta de inventario hidrogeológico de la Comunidad de Madrid, expuesta en las páginas anteriores, se observa que dicha Comunidad tiene una gran riqueza y variedad de elementos relativos a las aguas subterráneas. Con el conjunto de unidades hidrogeológicas aparecen todo tipo de captaciones en acuíferos: galerías o viajes de agua, pozo perforado (el posible sondeo de Janini), pozo excavado (la noria de "La China"), captación en un manantial (Fuente de La Sima) y los pozos Ranney en los aluviales. Además, hay elementos en común con otros patrimonios que se relacionan con el

hidrogeológico: patrimonio geomorfológico (Cueva del Reguerillo en karst sobre calizas; dolina junto a la Laguna de San Juan, sobre karst en yesos), patrimonio minero (la galería de las salinas de Carcaballana); los humedales de las graveras conectan con el patrimonio ecológico, medio ambiental e incluso recreativo; el Balneario de Carabaña nos remite hacia el patrimonio arquitectónico, junto con la presencia de aguas minerales, las cuales también están consideradas por las dos surgencias de aguas sulfurosas en el macizo cristalino de la Sierra de Guadarrama.

Especial mención creemos que se debe hacer sobre la progresiva pérdida de los antiguos viajes de agua, con la esperanza de que las autoridades competentes tomen las medidas para que no se siga perdiendo este patrimonio y que los madrileños sepan que ese tipo de captaciones de aguas subterráneas fueron las que abastecieron a la Villa y Corte durante más de medio milenio.

REFERENCIAS

- Corchón, F. (1972) Estudio hidrogeológico del Cretácico de los alrededores de Torrejón de Ardoz (Madrid y Guadalajara). *Bol. de Inf. y Estud. SGOP*, 40, 189 pp. Madrid.
- De Prado, C. (1864): Descripción física y geológica de la provincia de Madrid. Junta General de Estadística, Imprenta Nacional. 352 pp. Madrid.
- Durán, J.J., Vallejo, M. Fernández Ruiz, L. (1998): Patrimonio Hídrico e Hidrogeológico de la Comunidad Autónoma de Madrid. En: *Patrimonio Geológico de la Comunidad de Madrid*. SGE-Asamblea de Madrid, 193-218. Madrid.
- IGME (2001). Las Aguas Minerales en España. 454 pp. Madrid.
- ITGE (1995): Libro Blanco de la Minería de la Comunidad de Madrid. 287 pp. Madrid.
- Janini, R. (1913): Noticias generales respecto a los pozos artesianos y a los arrendamientos de terrenos para huertas en el Real Patrimonio de El Pardo. Intendencia General de la Casa Real y Patrimonio, 38 pp. Valencia.
- López-Camacho, B., Bascones, M. y De Bustamante, I. (1986): El agua subterránea de Madrid" *Bol. Inf. y Estud. SGOP*, 46, 128 pp.
- Limón Montero, A (1697): Espejo cristalino de las aguas de España. Editor Francisco García Fernández, impresor de la Universidad. 428 pp. Alcalá de Henares.
- Rodríguez Estrella, T. (1999): Some considerations on the concept of "hydrogeological heritage" with special reference to the hydrogeological heritage of the Murcian region of Spain. En *III Symposium ProGEO on the Conservation of the Geological Heritage*, pp. 166-171. Madrid.

EXCURSIONES

El " piso continental " Aragoniense en su área-tipo.

The Aragonian "continental stage" in its type-area.

B. Azanza

Dpto. Ciencias de la Tierra (Paleontología) e Instituto Universitario de Ciencias Ambientales (IUCA), Universidad de Zaragoza, c./ Pedro Cerbuna 12. 50009 Zaragoza. azanza@unizar.es

Resumen: El área-tipo del " piso continental " Aragoniense (Villafeliche, Provincia de Zaragoza, España) es una de las áreas europeas más privilegiadas para la Paleontología de vertebrados terciarios. Por la singularidad e importancia de sus valores científicos y culturales, la serie-tipo ha sido incluida recientemente como Lugar de Interés Geológico dentro de los Espacios Naturales Protegidos de Aragón. En este trabajo se presentan una breve reseña histórica del conocimiento de los mamíferos fósiles en el área, así como el estado actual del conocimiento del Aragoniense y el contexto geológico de su área-tipo.

Palabras clave: Mioceno, Biocronología, Bioestratigrafía, Mamíferos fósiles, Patrimonio Natural.

Abstract: *The type-area of the Aragonian "continental stage" (Villafeliche, Province of Zaragoza, Spain) is one of the most privileged European areas for the study of Tertiary vertebrate Paleontology. Due to the singularity and the great significance of its scientific and cultural values, the stratotype has been recently included as a Site of Geological Interest belonging to the Protected Natural Areas of Aragón. A short historical review is compiled about the knowledge of the mammal faunas in the type area. A review of the updated knowledge of the Aragonian stage and the geological context of its type-area is also made.*

Key words: *Miocene, Biochronology, Biostratigraphy, Fossil Mammals, Natural Heritage*

INTRODUCCIÓN

Los materiales miocenos que afloran entre las localidades de Villafeliche, Daroca y Nombrevilla (provincia de Zaragoza) muestran una enorme concentración de yacimientos de mamíferos fósiles. Los primeros datos sobre las faunas de mamíferos en el área de Daroca datan de 1924, año en que Ferrando Mas, catedrático de la Universidad de Zaragoza, publicó una nota sobre el hallazgo de restos óseos de macromamíferos en las cercanías Nombrevilla. Interesado por el hallazgo, Hernández-Pacheco del Museo Nacional de Ciencias Naturales visitó el yacimiento y, en 1926, publicó más detalladamente su estratigrafía y la fauna recuperada. En las décadas de 1940 y 1950, Crusafont y Villalta del Museo de Sabadell reiniciaron las investigaciones, excavando exhaustivamente el yacimiento de Nombrevilla y descubriendo otros nuevos yacimientos de macromamíferos en los términos municipales de Retascón, Manchones, Murero y Villafeliche. El estudio sistemático de las faunas de micromamíferos se inició durante la década de 1960 por investigadores holandeses gracias al desarrollo de nuevos métodos de lavado-tamizado en el campo, habituales hoy en día. El excepcional registro de micromamíferos miocenos dio lugar a la definición del " piso continental " *Aragoniense* de amplia aceptación internacional. Aunque el nivel de conocimiento de las faunas de grandes mamíferos es comparativamente menor (Daams et al 1998; Alcalá et al, 2000), su investigación se ha acelerado durante las dos últimas décadas con la incorporación de investigadores del Museo Nacional de Ciencias Naturales y de las Universidades de Zaragoza y

Complutense de Madrid, y la financiación estable para excavaciones paleontológicas del Gobierno de Aragón.

La secuencia paleontológica en este pequeño sector de la Cuenca de Calatayud abarca desde la parte superior del Mioceno Inferior (ca. 17,5 Ma), hasta la parte inicial del Mioceno Superior (ca. 9,8 Ma). Es decir, documenta un lapso temporal de casi 8 millones de años con un registro prácticamente continuo, lo que hace de este sector un lugar excepcional para el estudio de la biocronología y la bioestratigrafía continentales. Numerosos yacimientos son extremadamente ricos en todo tipo de vertebrados, y algunos son la localidad tipo de varios mamíferos (género y/o especie) descubiertos por primera vez en este sector. Todo ello ha permitido el estudio de multitud de aspectos paleobiológicos, estando una parte importante de la investigación efectuada encaminada al conocimiento de la evolución paleoclimática y paleoambiental de la cuenca durante Mioceno. Se trata por tanto una de las áreas europeas más privilegiadas para la Paleontología de vertebrados terciarios. Por todo ello, la serie-tipo del Aragoniense ha sido incluida como Lugar de Interés Geológico dentro de los Espacios Naturales Protegidos de Aragón.

DEFINICIÓN DEL ARAGONIENSE

La necesidad de establecer un piso, el Aragoniense, para los depósitos continentales europeos del Mioceno Medio fue decidida en 1975 durante el " *Internacional Symposium on Mammalian Stratigraphy on the European Tertiary* " celebrado en Munich, encargándose a los Dres. Daams, Freudenthal y van der Werd la propuesta de un estratotipo en la cuenca de Calatayud-

Daroca que comprendiese un conjunto de estratos entre el primer registro de *Anchitherium* y el primer registro de *Hipparion*, dos équidos (caballos) tridáctilos de origen norteamericano y cuya migración a Eurasia se consideró como un bioevento de gran relevancia.

El Aragoniense fue formalmente propuesto y definido por Daams *et al.* (1977) bajo estos criterios en los alrededores de Villafeliche (Fig. 1). Sin embargo, el mayor conocimiento de las faunas de micromamíferos del Mioceno inferior y la constatación de que *Anchitherium* no es un taxon frecuente en el registro estratigráfico del área-tipo, hizo aconsejable, diez años más tarde, cambiar el límite inferior y redefinirlo en

función de la presencia de *Democricetodon*, primer cricétido (hamster) moderno muy frecuente en el registro (Daams *et al.*, 1987). Con esta redefinición el límite inferior se rejuvenece y coincide con base de la unidad MN4 de la escala biocronológica europea de Mein. Así, el Aragoniense comienza con uno de los bioeventos más importantes que se registran en el Neógeno, la salida de África de los proboscídeos (elefantes) y otros taxones, como resultado de la conexión entre este continente y Eurasia, y que en los alrededores de Villafeliche queda registrada en el yacimiento de Artesilla (fig. 1C) con la presencia de *Deinotherium*, *Gomphotherium* y *Archaeobelodon* (Azanza *et al.*, 1993).

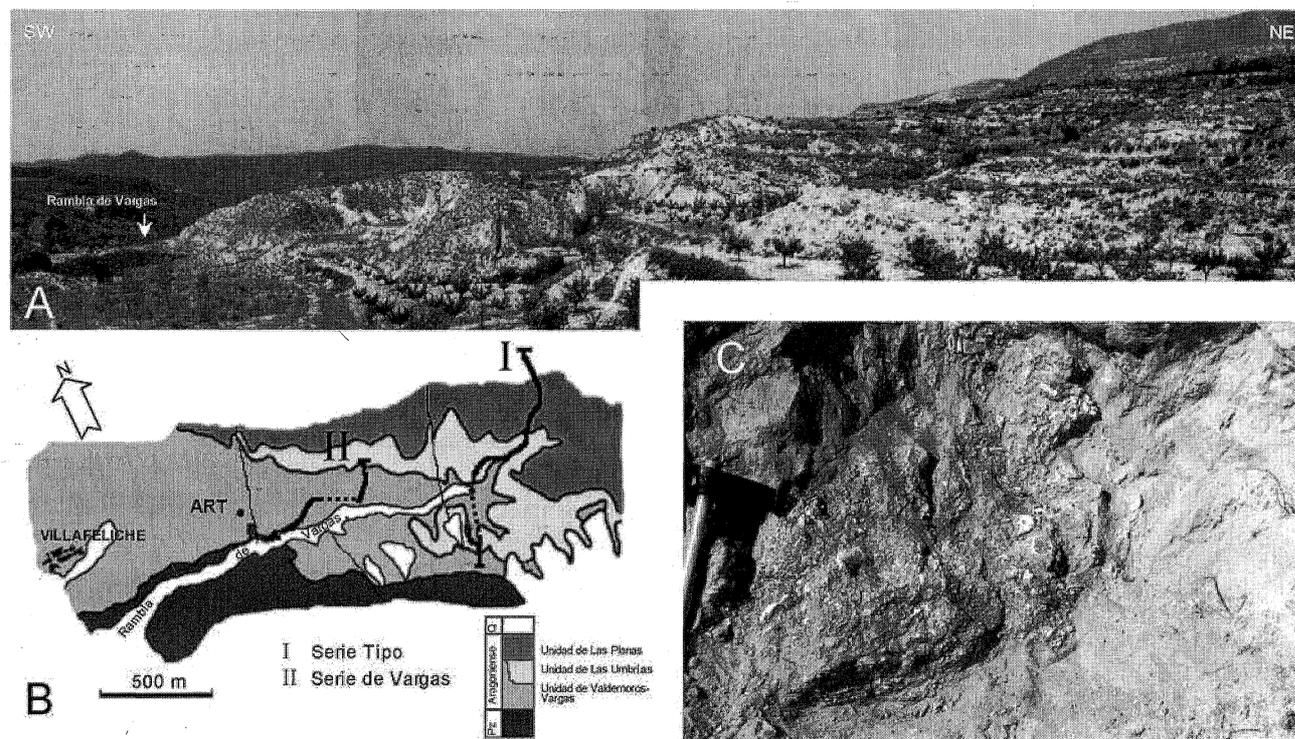


FIGURA 1. El área tipo del Aragoniense (SW de Villafeliche, Zaragoza). A.-Vista panorámica del margen septentrional de la Rambla de Vargas, en el centro se observan los niveles de la sección de Vargas. B. Ubicación de la sección tipo del aragoniense y del yacimiento de Artesilla (ART), a partir de Daams *et al.* (1999a). C.- Niveles fosilíferos de Artesilla, yacimiento con macromamíferos más relevante del área tipo

Este piso cubre la parte alta del Mioceno Inferior y todo el Mioceno Medio (fig. 2). Su límite inferior se sitúa a techo del cron C5Cr (Daams *et al.* 1999 a y b) y el superior en el cron C5r.1n, de acuerdo con los estudios magnetoestratigráficos llevados a cabo en el área (Krijgsman *et al.* 1994 y 1996; Daams *et al.* 1999b).

SUBDIVISIONES Y BIOZONACIÓN DEL ARAGONIENSE

Inicialmente Daams *et al.* (1977) subdividieron el Aragoniense en tres partes (Inferior, Medio y Superior) y Daams y Freudenthal (1981) propusieron una biozonación local constituida por nueve biozonas (A-I) de las cuales las siete primeras correspondían al Aragoniense y las dos últimas al Vallesiense. Con la redefinición del Aragoniense de Daams *et al.* (1987), los estratos con *Anchitherium* pero sin cricétidos modernos

(biozona A) se incorporaron al piso Ramblense definido en este mismo trabajo.

Esta biozonación ha ido perfilándose con el curso de las investigaciones en ésta y otras cuencas españolas, de manera que las biozonas D y G se han subdividido y actualmente se mantiene la propuesta de Daams *et al.* (1999) de once biozonas (fig. 2): el Aragoniense inferior comprende las biozonas B y C, el Aragoniense medio las biozonas Da, Db, Dc, Dd y E y el Aragoniense superior las biozonas F, G1, G2 y G3. Sin embargo, descubrimientos recientes en el perfil de Toril-Nombrevilla (Alcalá *et al.*, 2000) sugieren que el primer registro de *Hipparion*, y por tanto el límite Aragoniense-Vallesiense, podría estar situado más alto que el límite entre las zonas G-H. Así el tramo final del Aragoniense correspondería a la parte basal de esta biozona.

EL ÁREA-TIPO DEL ARAGONIENSE

El área-tipo del Aragoniense se ubica en los afloramientos situados inmediatamente al sureste de la localidad de Villafeliche, a lo largo de la Rambla de Vargas (fig. 1A y 1B), y que corresponden a la parte más meridional del Sector septentrional de la Cuenca de Calatayud-Daroca. La sucesión de sedimentos miocenos se dispone discordantemente sobre materiales cámbricos y supera los 200 m. El registro neógeno de la Cuenca de Calatayud-Daroca está constituido por tres unidades litoestratigráficas: Inferior, Intermedia y Superior (Alcalá *et al.*, 2000), limitadas por discontinuidades sedimentarias a escala de cuenca. Los materiales aragonienses corresponden a la parte superior de la unidad inferior y la mayor parte de la Unidad Intermedia. La Unidad Inferior está formada en las áreas marginales de la cuenca por depósitos detríticos gruesos que gradan a términos lutítico-limosos con nódulos de yeso y, en las zonas más centrales, a yesos secundarios y laminados. La ruptura sedimentaria existente entre las unidades Inferior e Intermedia queda representada por una superficie paleokárstica generada por la exposición subaérea de las facies evaporíticas y, en los márgenes de la cuenca, por cambios en la disposición de los depósitos detríticos aluviales. La Unidad Intermedia presenta potencias máximas de 120 m, reconociéndose que los depósitos aluviales marginales pasan a

carbonatos, tanto dolomíticos como calcíticos, y a yeso laminado primario hacia los sectores más centrales.

En el área tipo se distinguen tres unidades litoestratigráficas informales (fig. 2) que se han denominado, de base a techo, Unidad de Valdemoros-Vargas, Unidad de Las Umbrías y Unidad de Las Planas (Daams *et al.*, 1999a). La *Unidad de Valdemoros-Vargas* está constituida esencialmente por lutitas rojas, con gravas y areniscas intercaladas en la parte inferior de la unidad, mientras que hacia su parte superior se hacen más frecuentes niveles de calizas nodulosas (paleosuelos) y margas gris-verdosas, estas últimas marcando un tránsito gradual a la siguiente unidad. La *Unidad de Las Umbrías* está constituida por tres tipos principales de facies: calizas tobáceas, margas verdosas a grises, en ocasiones muy oscuras, y carbonatos nodulosos. La parte más superior de la unidad está formada por un potente banco de caliza nodulosa que puede ser seguido lateralmente a lo largo del área, constituyendo por tanto un buen nivel de correlación. La *Unidad de Las Planas* comprende lutitas rojas con niveles intercalados de margas verdes y grises y carbonatos nodulosos blancos. Estos últimos son típicamente dolomicritas, presentando en muchos casos pseudomorfos de moldes de yeso y trazas de raíces (Daams *et al* 1999a).

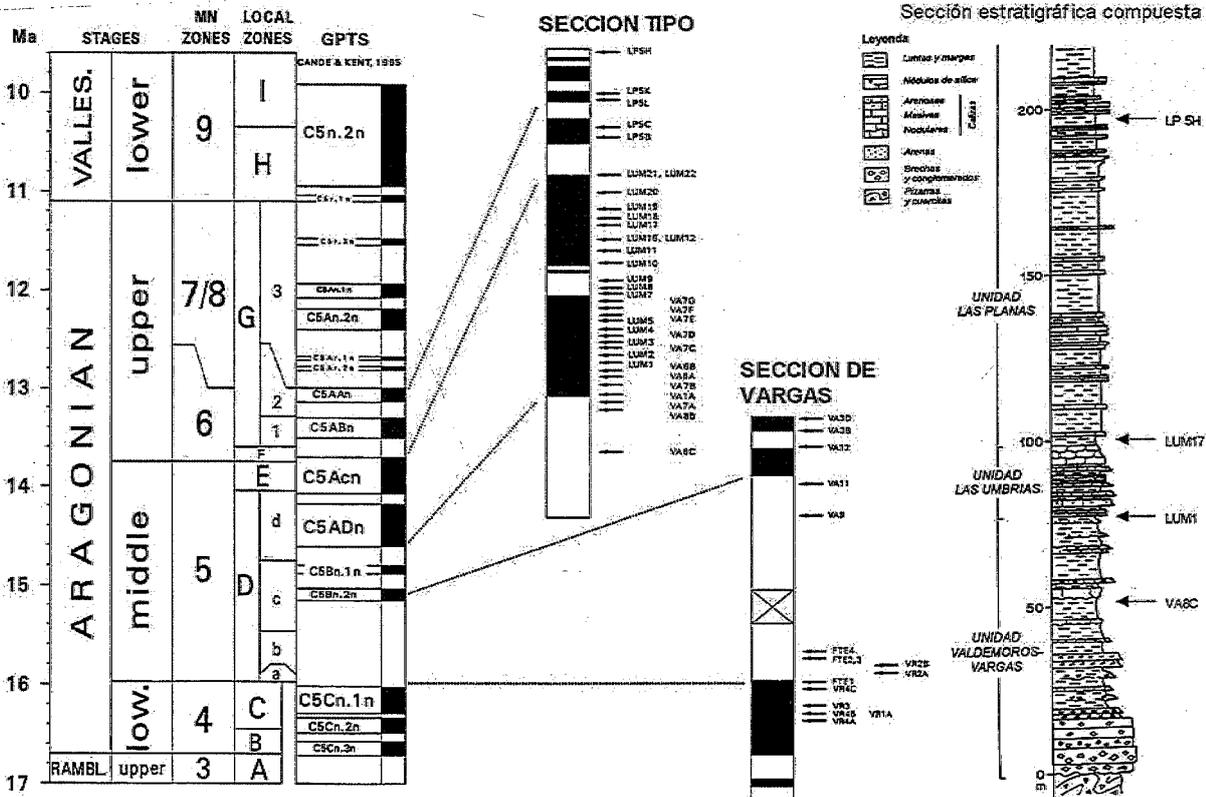


FIGURA 2. Litoestratigrafía y magnetoestratigrafía de los depósitos miocenos en el área tipo del Aragoniense (SW de Villafeliche, Zaragoza). Figura compuesta a partir de Daams *et al.* (1999a y b)

Los depósitos de la Unidad de Valdemoros-Vargas se interpretan como propios de abanicos aluviales (cuya área madre se ubicó al SW de Villafeliche) de escaso desarrollo, que evolucionaron en la vertical a ambientes

de abanico aluvial distal en los que se instalaron lagos carbonatados muy someros. Los depósitos carbonatados y margosos que forman la Unidad de Las Umbrías fueron acumulados en un ambiente palustre, dentro del

cual alternaron en la horizontal y en la vertical lagos someros de agua dulce y zonas pantanosas, medios muy favorables para la acumulación de restos de vertebrados. Los depósitos de la Unidad de Las Planas se acumularon en zonas de bajo relieve en partes distales de abanicos aluviales (cuyas partes más proximales se ubicaron al E). En este ámbito, los carbonatos y margas se depositaron en lagos o charcas muy someros que experimentaron frecuentes episodios de exposición subaérea (Daams *et al* 1999a).

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por el proyecto CGL2010-19116 (Ministerio de Ciencia e Innovación) y el Grupo Consolidado EO5 (Gobierno de Aragón).

REFERENCIAS

- Alcalá, L., Alonso-Zarza, A.M., Alvarez Sierra, M.A., Azanza, B., Calvo, J.P., Cañaveras, J.C., van Dam, J.A., Garcés, M., Krijgsman, W., van der Meulen, A., Morales, J., Peláez-Campomanes, P., Pérez González, A., Sánchez Moral, S., Sancho, R. & Sanz Rubio, E. (2000). El registro sedimentario y faunístico de las cuencas de Calatayud-Daroca y Teruel. Evolución paleoambiental y paleoclimática durante el Neógeno. *Rev. Soc. Geol. Esp.*, 13 (2): 323-343
- Azanza, B., Cerdeño, E., Ginsburg, L., Made, J. van der, Morales, J., Tassy, P., (1993). Les grands mammifères du Miocène inférieur d'Artesilla, Bassin de Calatayud-Teruel (province de Saragosse, Espagne). *Bull. Mus. Natn. d'Hist. Nat.*, s. C, 15: 105-153
- Daams, R., Alcalá, L., Alvarez Sierra, M.A., Azanza, B., van Dam, J.A., van der Meulen, A.J., Morales, J., Nieto, M., Peláez-Campomanes, P. y Soria, D. (1998): A stratigraphical framework for Miocene (MN4-MN13) continental sediments of Central Spain. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 327: 625-631.
- Daams, R. y Freudenthal, M. (1981): Aragonian: the Stage concept versus Neogene Mammal Zones. *Scripta Geol.*, 62: 1-17.
- Daams, R., Freudenthal, M. y Alvarez Sierra, M.A. (1987): Ramblian, a new Stage for continental deposits of Early Miocene age. *Geol. Mijnbouw*, 65: 297-308.
- Daams, R., Freudenthal, M. y van de Weerd, A. (1977): Aragonian, a new Stage for continental deposits of Miocene age. *Newsl. Stratigr.*, 6 (1): 42-55.
- Daams, R., van der Meulen, A.J., Alvarez Sierra, M.A., Peláez-Campomanes, P., Calvo, J.P., Alonso Zarza, A.M. y Krijgsman, W. (1999a): Stratigraphy and sedimentology of the Aragonian (Early to Middle Miocene) in its type area (North-Central Spain). *Newsl. Stratigr.*, 37 (3): 103-139.
- Daams, R., van der Meulen, A.J., Alvarez Sierra, M.A., Peláez-Campomanes y Krijgsman, W. (1999b): Aragonian stratigraphy reconsidered, and a re-evaluation of the middle Miocene mammal biochronology in Europe. *Earth Planet. Sci. Letters*, 165: 287-294.
- Krijgsman, W., Langereis, C.G., Daams, R. y van der Meulen, A.J. (1994): Magnetostratigraphic dating of the middle Miocene climate change in the continental deposits of the Aragonian type area in the Calatayud-Teruel Basin (Central Spain). *Earth Planet. Sci. Letters*, 128: 513-526.
- Krijgsman, W., Garcés, M., Langereis, C.G., Daams, R., van Dam, J.A., van der Meulen, A.J., Agustí, J. y Cabrera, L. (1996): A new chronology for the middle to late Miocene continental record in Spain. *Earth Planet. Sci. Letters*, 142: 367-380.

Guía de campo del Devónico de Santa Cruz de Nogueras (Teruel) y presentación de su centro de exposiciones paleontológicas.

Field guide to the Santa Cruz de Nogueras (Teruel) Devonian and its palaeontological exhibition center.

P. Carls¹, Z. Herrera², G. Meléndez², J. Ramajo³ y E. Villas²

¹ Institut für Geowissenschaften, T.U. Braunschweig, Pockelstrasse 3, D-38106 Braunschweig, Germany.

² Dpto. Ciencias de la Tierra (Paleontología), Universidad de Zaragoza, c./ Pedro Cerbuna 12. 50009 Zaragoza. zherrera@unizar.es, gmelende@unizar.es, villas@unizar.es

³ Dpto. Ciencias de la Tierra (Estratigrafía), Universidad de Zaragoza, c./ Pedro Cerbuna 12. 50009 Zaragoza. javierramajo@gmail.com

Resumen: Entre los Valores Patrimoniales que se ponen de manifiesto en esta excursión se incluye la visita a la sección estratigráfica de Las Viñas, donde fueron definidas las formaciones del Silúrico Superior y Devónico Inferior de la Cordillera Ibérica. Estas unidades presentan aquí excelentes condiciones de afloramiento y un excepcional contenido fosilífero, fundamentalmente braquiópodos, briozoos, cefalópodos ortocerátidos, corales, conularias, crinoideos, tentaculites y trilobites. Hay que destacar también la visita al centro de exposiciones paleontológicas de Santa Cruz de Nogueras, próximo a la Sección de las Viñas, que alberga la exposición "La vida en los mares paleozoicos". Ambas representan excelentes ejemplos de las posibilidades de la divulgación y puesta en valor del Patrimonio Geológico y la Geodiversidad como un recurso para el desarrollo rural.

Palabras clave: Patrimonio Geológico, Museos Locales, Paleontología, Cadenas Ibéricas.

Abstract: *The locality of Santa Cruz de Nogueras (Iberian Range) is remarkable for the exceptional outcrop conditions of paleozoic units. The classical Palaeozoic section of Las Viñas, defined as LIG, is selected as type locality for Upper Silurian and Lower Devonian lithostratigraphic units of the Iberian Range, is also remarkable by the rich fossil content including brachiopods, bryozoan, orthoceratid cephalopods, rugose corals, conulariids, crinoids, tentaculitids and trilobites. Within the village of Santa Cruz, it is worth visiting the Palaeontological exhibition centre, which holds an exhibition on the "Palaeozoic Seas". Both points of interest are good examples of the possibilities of geological heritage as a resource for rural development.*

Key words: *Geological Heritage, Local Museums, Palaeontology, Iberian Range.*

INTRODUCCIÓN

En el núcleo de la Cadena Ibérica Oriental, al Norte de la Provincia de Teruel, afloran extensamente materiales marinos del Silúrico y Devónico con abundantes restos fósiles de invertebrados y algunos esporádicos, aunque espectaculares, restos de vertebrados. En las cercanías de Sta. Cruz de Nogueras (Teruel) y a lo largo del río Cámaras, afloran en continuidad una sucesión de unidades estratigráficas de edad comprendida entre el Silúrico Superior (Ludlow) y el Devónico Inferior (Emsiense). A pesar de la fuerte deformación tectónica que afecta a los materiales en esta sección, que corta el flanco invertido de un sinclinal volcado, la excepcional continuidad estratigráfica en que se presentan las sucesivas unidades, convierte la región en lugar de referencia para todo el Sistema Ibérico.

Las facies y fósiles que contienen las unidades estudiadas representan ambientes marinos muy variados, desde los intermareales, muy poco poblados, a los de plataforma, de profundidad variable, con mayor representación de grupos pelágicos, a partir de los niveles emsienses. Sin embargo, son los ambientes de

plataforma somera y alta energía, dominados por organismos bentónicos, los que predominaron en la región. Nuestra plataforma se situaba entonces en un margen de tipo pasivo, al N del supercontinente de Gondwana, en latitudes cercanas a los 30° S. A pesar de la latitud subtropical, en nuestra región no se desarrollaron arrecifes, muy probablemente debido a los casi continuos aportes siliciclásticos procedentes de pequeñas áreas emergidas al S y al N de la Cuenca Ibérica.

El valor patrimonial de estos afloramientos devónicos puede reforzarse como un recurso para la divulgación de la geología y la paleontología, capaz de ser aprovechado en el marco de iniciativas de desarrollo rural. El centro expositivo de Santa Cruz de Nogueras, que alberga una exposición permanente sobre la vida en los mares paleozoicos, es un buen ejemplo de estas posibilidades.

LA SECCIÓN DE LAS VIÑAS

El lugar conocido como Las Viñas, al suroeste de Santa Cruz de Nogueras y en los márgenes del Río Cámaras (Fig. 1), representa el único corte donde se ven

en continuidad los estratos del Silúrico Superior y Devónico Inferior de la Cordillera Ibérica, con una potencia total de unos 800 m. Casi toda la sucesión se halla invertida y hacia la mitad existen unas zonas de fracturación que reducen algo la serie. Es allí donde se han definido formalmente las formaciones representativas del Silúrico Superior y Devónico Inferior de la Cordillera Ibérica (Carls y Gandl, 1968), de más antigua a más moderna: Bádenas, Luesma, Nogueras, Santa Cruz y Mariposas (Fig. 2). Basándonos en aquel trabajo y en el de Carls et al. (1982) describimos sucintamente las cinco formaciones definidas. El recorrido se realiza a lo largo del camino de tierra que lleva a la antigua mina del Carmen, en la que se explotaban sulfuros de plomo y zinc, encajados en las calizas de la Formación Nogueras.

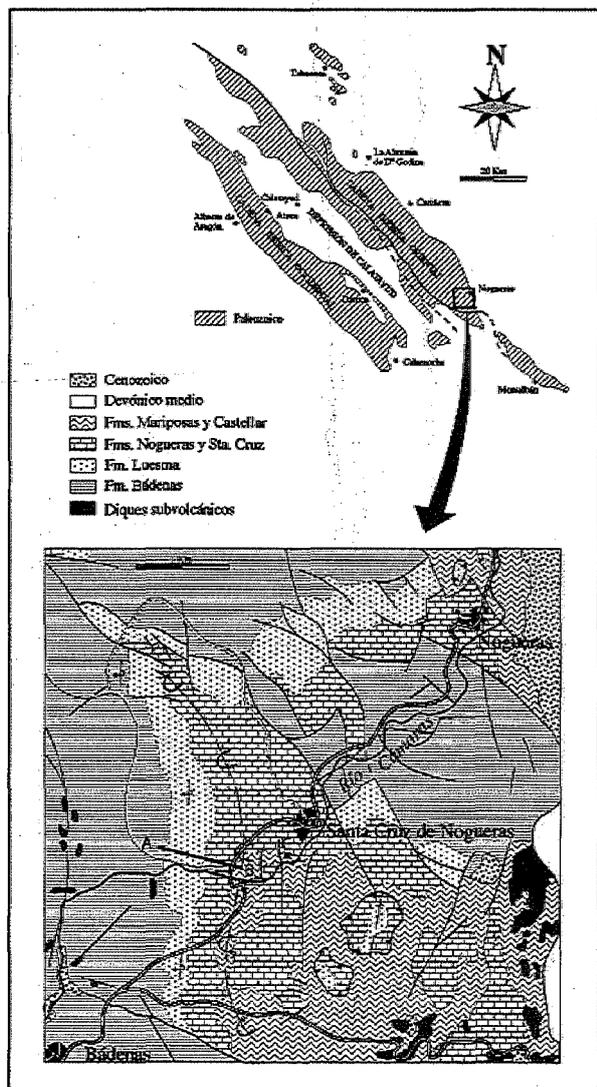


FIGURA. Mapa geológico de los alrededores de Santa Cruz de Nogueras, con la situación de las secciones de las Viñas, A-B, y del Molino de Santa Cruz, C (modificado de Lendínez González et al., 1989).

Formación Bádenas. Sus cerca de 800 m de espesor la hacen la más potente de las unidades pizarrosas del Silúrico de la Península Ibérica. Está formada por pizarras fétidas satinadas, con intercalaciones de

cuarcitas y areniscas finas. Se extiende desde el Llandovery Inferior hasta el Ludlow Superior. En total se han diferenciado en ella cinco miembros, de los que sólo los dos superiores afloran en la Sección de Las Viñas. El cuarto miembro es arenoso y contiene faunas de facies renanas entre los que destacan los braquiópodos (Craniacea, Proschizophorinae, Stropheodontidae, Chonetacea, Rhynchonellida y Meristellidae), los trilobites (Homalonotidae y Acastavinae) y los cefalópodos ortocerátidos. Los depósitos se produjeron en una cuenca de aguas generalmente calmas, no muy profundas, con periódicos aumentos de la energía.

Formación Luesma. Está constituida por unos 225 m de alternancias de areniscas y lutitas. Se reconocen niveles ocasionales de oolitos ferruginosos (hierro oolítico), conglomerados intraformacionales de fosforita, microconglomerados y, en la parte superior, niveles de calizas arenosas. En conjunto abarca desde el Pridoliense (Silúrico Superior) hasta el Lochkoviense (Devónico Inferior). Comprende tres tramos que en conjunto forman tres secuencias (ciclos) grano y estrato decrecientes, reconocidos como miembros. Cada uno de ellos comienza con un tramo cuarcítico, continúa con alternancias de areniscas y pizarras, y termina con un tramo pizarroso.

En la **Parada n° 1** se reconoce la base de esta formación, formada por un banco muy potente de cuarcita blanca que genera un marcado relieve en el paisaje. La base del segundo miembro se reconoce en la **Parada n° 2**, con un nivel ferruginoso de cerca de un metro de potencia; desde aquí se observan muy bien en la ladera vecina, margen derecha del Río Cámaras, los tres miembros o ciclos sedimentarios que caracterizan la formación. Las areniscas calcáreas ricas en trilobites y braquiópodos, en forma de moldes, con las que concluye el tercer miembro se pueden estudiar en la **Parada n° 3**. Son los únicos niveles con una cierta riqueza fosilífera de toda la formación.

El cambio de facies en la parte alta de la formación, con la aparición de bancos carbonatados, supone un cambio radical en la sedimentación de la cuenca en todo el margen mediterráneo de Gondwana. La última producción importante de carbonatos en la cuenca había tenido lugar a finales del Ordovícico, quedando interrumpida con la glaciación Hirnantense. Desde entonces y hasta ahora, en el Devónico basal, la sedimentación quedó dominada abrumadoramente por materiales siliciclásticos.

Formación Nogueras. Son unos 100 m de alternancias de calizas y lutitas, entre las que se intercalan algunos bancos arenosos, con una edad Lochoviense inferior - Praguense inferior. Estos niveles son muy fosilíferos, con grandes acumulaciones de conchas de braquiópodos muy variados (órtidos, terebratulidos, espiriferidos y conétidos), además de tentaculites de grandes

dimensiones, restos de peces, grandes ostrácodos (Beyrichiidae) y raros trilobites. La asociación en estos niveles de nódulos de fosfato, pequeños diastemas, paleocanales, cantos blandos, diversas señales de desecación y faunas monoespecíficas de bivalvos, sugieren la frecuente aparición de condiciones ecológicas extremas en un ambiente intermareal. Destacan también en la parte media de la formación gruesos bancos de caliza con abundantísimos briozoos trepostomados (los briozoos pétreos), de morfologías masivas muy irregulares, adaptados a aguas agitadas.

braquiopodos, con representantes de sus cinco órdenes principales (órtidos, estrofoménidos, espiriféridos, rinconélidos y terebratúlidos), hace de estos niveles un buen ejemplo de cómo los braquiopodos alcanzaron la mayor biodiversidad de toda su historia, precisamente durante el Devónico.

Formación Santa Cruz. Es una unidad predominantemente detrítica, con 285 m de espesor total y edad Praguense. En su tercio inferior dominan las lutitas, con algunos trilobites y braquiopodos diminutos. En su zona media aparecen algunos bancos calcáreos con braquiopodos, intercalados entre lutitas y pizarras. El tercio superior está dominado por areniscas, con frecuentes ripples de oleaje, así como *Zoophycus* y raros *Skolithos*.

Un corte continuo de toda la unidad lo tenemos en la parte alta de la sección de Las Viñas, pero los mejores afloramientos de la unidad se encuentran en la **Parada nº 5**, junto al Molino de Santa Cruz y en las orillas del Río Cámaras. Allí ya se corta el flanco normal del sinclinal que veníamos recorriendo y la estratificación aparece prácticamente horizontal. A lo largo de esta parada es posible reconocer el contacto entre las areniscas del techo de la Fm. Santa Cruz y los primeros bancos calcáreos de la Formación Mariposas.

Formación Mariposas. Son unos 200 m de calizas y pizarras arcillosas oscuras, de edad Praguense terminal a Emsiense Superior. En los bancos carbonatados de la parte inferior la fauna es muy numerosa y de tipo renano; es decir, de aguas turbias y agitadas.

Las pizarras oscuras del miembro superior representan un buen ejemplo de facies hercínica, interpretada generalmente como propias de aguas limpias y tranquilas. Se observan bien en la **Parada nº 6**, a unos 100 m al norte de la fuente de Nogueras, en el talud oeste de la carretera que une este pueblo con el Villar de los Navarros.

En esta unidad se encuentran representados los principales grupos fósiles característicos de la época: Conularias; corales rugosos y tabulados; trilobites, ostrácodos, moluscos bivalvos, cefalópodos, tentaculites, dacrioconáridos, hyolites, braquiopodos, briozoos, crinoides y conodontos. En algunos niveles fosfáticos son frecuentes escamas y dientes de peces

EI CENTRO DE EXPOSICIONES

La idea inicial para organizar un museo local en el municipio de Santa Cruz de Nogueras (Teruel), con menos de una treintena de habitantes censados, procede de Joaquín Solanas, su alcalde desde 1995 hasta su fallecimiento en 2007. Solanas planteó la posibilidad de utilizar el solar del antiguo horno público para construir un edificio que albergara una colección de esos fósiles, que tanto interesaban a los paleontólogos profesionales y

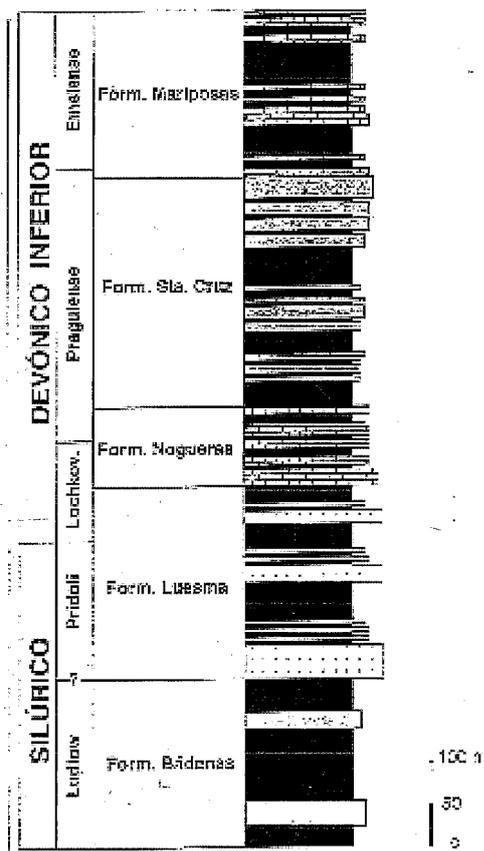


FIGURA 2. Columna estratigráfica esquemática del Silúrico Superior y Devónico Inferior de la Sección de las Viñas (Santa Cruz de Nogueras). Modificado de Villas et al. (2001).

En la **Parada nº 4** es posible observar en sección muchos de esos esqueletos coloniales de briozoos. La mayoría de ellos no pudieron mantener su posición de producción, a pesar de su robustez y de su gran tamaño. También aparecen algunas colonias encostrantes-planares, que muestran superficies sucesivas de fijación sobre concentraciones de restos de generaciones anteriores (substratos estables). Todo ello refleja, probablemente, el resultado de episodios tempestíficos sucesivos.

El techo de la Fm. Nogueras (**Parada nº 5**) está caracterizado por alternancias de calizas oscuras con niveles lutíticos. Todo el tramo es muy fosilífero, con dominio de los braquiopodos, pero también presencia de tentaculites, trilobites facópidos, corales rugosos solitarios y frecuentes colonias masivas de corales tabulados de gran tamaño. La gran diversidad de

aficionados que frecuentaban los alrededores del pueblo. A pesar de que él no contaba con un proyecto claro para el museo, consiguió los fondos para la construcción del edificio en sucesivas convocatorias públicas. La construcción se inició en diciembre de 2005 y a finales de 2009 se daban los últimos toques a un edificio moderno y versátil, muy bien integrado en la arquitectura popular del municipio. Consta de dos plantas, con una superficie de algo más de 60 m² la inferior y de 90 m² la superior.

La planta baja del edificio alberga una exposición permanente, centrada en los fósiles del Paleozoico, especialmente Devónico, de Santa Cruz de Nogueras y municipios vecinos. Con estos fósiles se intenta ilustrar la vida en los mares paleozoicos, un tema inédito en los museos paleontológicos de Aragón. Se invita a los visitantes a atravesar una pared rocosa, caminando sobre una superficie cubierta de ondulitas devónicas, y sumergirse, así, en un mar desaparecido poblado de extrañas criaturas (Fig. 3).

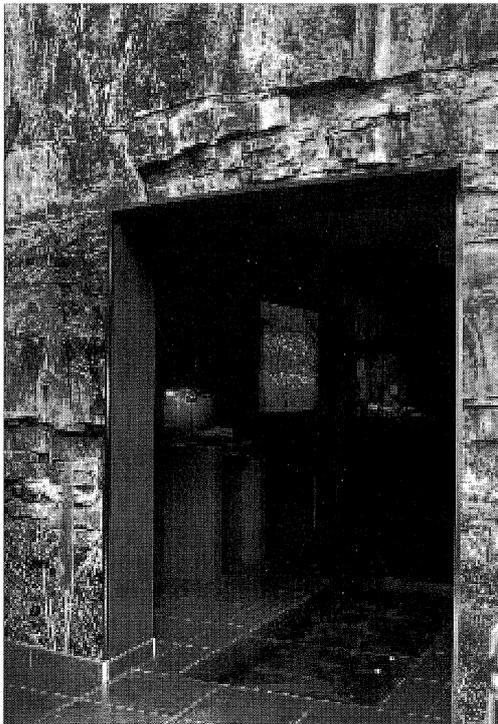


FIGURA 3. Acceso a la exposición "La vida en los mares paleozoicos".

Un convenio con el Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza permite exponer en el centro las piezas de las colecciones universitarias procedentes de los afloramientos devónicos en el entorno del municipio. Entre ellas grandes corales tabulados, asociaciones de braquiópodos de alta diversidad, y especialmente el cráneo del pez placodermo *Carolowilhelmina geognostica* Carls, de gran talla y preservación espectacular. Dado que este ejemplar es el holotipo y único conocido de su especie, en el museo de Santa Cruz se expone sólo una réplica a tamaño natural, que restaura en sus posiciones originales los fragmentos

que aparecen dislocados en el fósil, devolviéndolo, de alguna manera, a la vida. Las piezas de la colección universitaria se han visto completadas por donaciones de particulares, algunas de gran interés museístico. Es el caso de exoesqueletos completos de trilobites facópidos, delicadamente conservados, así como de fragmentos de grandes fósiles de nautiloideos ortoconos, de los que pueden deducirse longitudes totales de más dos metros para esas conchas. Con estos restos se diseñó una maqueta a escala natural de uno de esos grandes ortocerátidos.

En la planta superior está instalado un taller paleontológico y una sala polivalente, donde realizar exposiciones temporales y proyecciones audiovisuales. La idea era ofertar a los visitantes, y especialmente a grupos de escolares, la realización de actividades prácticas relacionadas con la paleontología. Estas actividades en el taller, junto a visitas guiadas a las secciones geológicas en los alrededores, deben potenciar y hacer más atractivo el desplazamiento hasta un pequeño pueblo, a casi 100 Km de distancia de las dos capitales de provincia más próximas, Zaragoza y Teruel.

La inauguración del edificio y de la exposición "La vida en los mares paleozoicos" está prevista para finales de 2010. La pregunta final sería: cómo podrá mantener activo su centro de exposiciones uno de los municipios más pequeños y aislados de Aragón. En el ayuntamiento confían en seguir despertando el interés de los organismos públicos que hasta el momento han apoyado el proyecto.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución a los proyectos CGL2009-09583 del Ministerio de Ciencia e Innovación y E-17, Patrimonio y Museo Paleontológico, del Gobierno de Aragón.

REFERENCIAS

- Carls, P. y Gandl, J. 1968: The Lower Devonian of the Eastern Iberian Chains (NE Spain) and the distribution of its Spiriferaea, Acastavinae and Asteropyginae. En: *International Symposium on the Devonian System 2*, 453-463. Calgary.
- Carls, P., Liñán, E. y Villas, E. (1982): El Ordovícico - Devónico de la Unidad de Herrera, Cordillera Ibérica. En: *XVI Curso de Geología Práctica de Teruel* (M.Gutiérrez Elorza y J.L. Peña Monne, eds.), 29-43.
- A. Lendínez González, Ruíz Fernández de la Lopa, V. y Carls, P. 1989: *Mapa Geológico de España 1:50.000, hoja n° 466 (Moyuela)*. IGME, Madrid.
- Villas Pedruelo, E., Valenzuela Ríos, J.I. y Liñán Guijarro, E. 2001: El Devónico Inferior de la Sierra de Herrera. En: *XXV Curso de Geología Práctica, Teruel, 11-21 de julio de 2001*, 41-43.

La Ruta geoturística del Río Nogueta y la Sierra de Pelarda.

The geotouristic trail of the River Nogueta and the geology of the Range of Pelarda (Iberian Range, NE Spain).

P. Carls¹, G. Meléndez², J. Ramajo³, J. Rubio⁴ y E. Villas²

- 1 Institut für Geowissenschaften, T.U. Braunschweig, Pockelstrasse 3, D-38106 Braunschweig, Germany.
- 2 Dpto. Geología (Paleontología), Universidad de Zaragoza, c./ Pedro Cerbuna 12. 50009 Zaragoza. gmelende@unizar.es; villas@unizar.es
- 3 Dpto. Geología (Estratigrafía), Universidad de Zaragoza, c./ Pedro Cerbuna 12. 50009 Zaragoza. javierramajo@gmail.com
- 4 Paleoymas. Polígono INBISA-Empresarium. C./ Retama 17 Nave 24 C 50720 La Cartuja Baja, Zaragoza. servicios@paleoymas.com

Resumen: La Ruta geoturística del Río Nogueta, en los alrededores de Loscos, recientemente acondicionada, permite realizar un recorrido de gran belleza y contenido geodidáctico. Enclavado en el piedemonte de la Sierra de Oriche, al norte de la provincia de Teruel, Loscos cuenta con alguno de los más bellos entornos naturales de la Comarca. Su patrimonio geológico-histórico también es muy importante como lo demuestran los abundantes trabajos científicos y los hallazgos realizados en la zona. En la vecina Sierra de Pelarda se discute la hipótesis de la caída de un meteorito en la localidad de Azuara, desechándose por improbable.

Palabras clave: Patrimonio geológico, georrutas, geoturismo, Fm. Pelarda, meteorito de Azuara.

Abstract: *The geotouristic trail along the river Nogueta in the surroundings of Loscos (Iberian Range, Spain) recently arranged for visitors, follows an interesting walk by the geology of the region. Located at the base of the Range of Oriche, the village of Loscos is settled in a beautiful landscape, holding a rich geological and historical heritage, as it can be seen by the numerous scientific publications and fossil findings. A brief discussion is made in the near Range of Pelarda on the long-debated hypothesis of a meteorite fall. This hypothesis is reputed unlikely and rejected.*

Key words: Geological heritage, geo-routes, geotourism, Pelarda Fm., Azuara meteorite.

INTRODUCCIÓN

La Ruta parte del Municipio de Loscos con dirección a Mezquita de Loscos. El recorrido se realiza por una carretera rectilínea y asfaltada. Desde allí se toma una pista que se encuentra en perfectas condiciones; que parte de la fuente y el lavadero y que nos adentra en el valle del río Nogueta y, siguiendo el camino que discurre en la misma dirección del río, nos llevará al Municipio de Piedrahita. Desde el Municipio de Piedrahita se toma de nuevo una pista que nos llevará al último panel en las proximidades del coto existente en El Colladico pero sin entrar en él.

INTERÉS GEOLÓGICO

El recorrido a nivel geológico es muy interesante ya que pasamos de los materiales Terciarios en los alrededores del Municipio de Loscos a los terrenos ocupados por los materiales fosilíferos del Período Devónico en las proximidades de Mezquita de Loscos.

Los materiales de este período sólo aparecen en la vertiente oriental de la Sierra de Herrera. El Doctor P. Carls ha estudiado esta serie con detalle desde los años sesenta (Carls, 1965, 1975, 1977...). Dentro del Devónico Inferior existe una unidad litológica definida

como Formación Loscos, que está compuesta por 78 m de pizarras detríticas alternando con niveles de arenisca. Los materiales Devónicos aparecen en las Localidades de Nogueras, Sta Cruz de Nogueras y en la parte occidental del macizo de Montalbán. En nuestra zona los encontramos en el entorno de Mezquita de Loscos. Se estima en 1600 metros la potencia total de sedimentos de calizas, areniscas y pizarras muy fosilíferas: trilobites, braquiópodos, equinoideos, moluscos, briozoos e incluso peces fósiles. Por su abundancia y diversidad presenta un especial interés una familia muy típica de braquiópodos extendidos ampliamente en el Devónico: son los Spiriferidos. La forma de valvas, muy similar a las alas de algunos lepidópteros, les ha valido la denominación de Mariposas.

En un momento de nuestro recorrido atravesamos un importante cabalgamiento que superpone materiales más antiguos de la formación Badules por encima del Devónico más moderno.

Prosiguiendo el camino en el entorno de Piedrahita encontramos materiales del Triásico medio y superior.

Desde Piedrahita podemos observar la Sierra de Oriche compuesta en su parte alta de materiales Cretácicos. Encontramos la Fm Utrillas Albiense en general, y encima las unidades del Cretácico Superior.

El Cretácico superior de la Cordillera Ibérica está representado por una sucesión carbonatada de varios centenares de metros de espesor. Por su mayor compacidad y resistencia a los agentes erosivos esta unidad se encuentra formando las cimas de las elevaciones serranas, dando lugar a las formas geológicas de relieve denominadas muelas. En este caso se encuentran coronando la Sierra de Oriche y la Muela de Anadón.

PUNTOS DE INTERÉS

PARADA 1: INICIO DE LA RUTA

Paseando por Loscos, desde la Ermita de San Roque y el lavadero, punto de inicio de la ruta por el río Nogueta, podremos ver algunas muestras de su patrimonio histórico artístico.



FIGURA 1. Panel explicativo del comienzo de la ruta geoturística en Loscos.

PARADA 2. UN PASEO POR LA HISTORIA

En Mezquita de Loscos podremos disfrutar de la arquitectura tradicional de la zona (Fig. 2). Desde la Ermita de San Jorge tendremos una vista privilegiada de la Modorra, La Sierra de Herrera o el emblemático Cerro del Castillo.

PARADA 3. EL AGUA, FUENTE DE VIDA

Todos los pueblos de estas sierras han crecido alrededor de un manantial permanente. Junto al núcleo de Mezquita podemos comprobar el aprovechamiento integral que se hacía del agua, con su típica fuente seguida de abrevadero y lavadero.

PARADA 4. HACE MUCHOS AÑOS...

La gran importancia geológica del entorno de Loscos hace que a lo largo de la ruta se ilustren diversos puntos geológicos de interés. Para poder comprender la gran importancia geológica del entorno de Loscos es conveniente detenernos antes a analizar el significado del "tiempo en geología".



FIGURA 2. Panel explicativo en la Mezquita de Loscos con la explicación de la arquitectura tradicional y la Geología de la Sierra de Herrera.

PARADA 5. MARES LLENOS DE VIDA

En el Periodo llamado Devónico el entorno de Loscos no era como lo conocemos ahora. En este punto podemos ver una serie de estratos (Fig. 3) que se formaron en el fondo del mar como lo atestiguan sus grandes cantidades de fósiles, sobre todo de aquellos conocidos aquí como "mariposas".

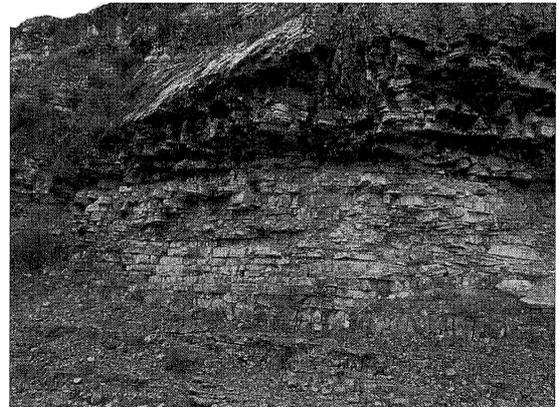


FIGURA 3. Materiales fosilíferos del Devónico en las proximidades de Loscos, caracterizados por su riqueza en braquiópodos Spiriferidos, conocidos como "mariposas".

PARADA 6. CUANDO LA TIERRA SE MUEVE

Esos estratos, que son el resultado de la acumulación de sedimentos en el mar, debido a "esfuerzos terrestres" podemos observarlos hoy formando montañas. En este punto (Fig. 4) podemos ver algunos efectos de esos "esfuerzos" a una escala más pequeña.

PARADA 7. PANORÁMICA DE LA RIBERA

El trayecto nos deja vistas incomparables de la ribera del Nogueta. Podemos contemplar los distintos ecosistemas que componen el paisaje del valle.

PARADA 8. LA EXPLOSIÓN DE LA VIDA

Veremos rocas pertenecientes a un periodo de la Tierra en el que se produjo lo que los científicos denominan la "explosión de la vida", hace 540 millones de años.



FIGURA 4: Panel explicativo correspondiente a la parada 6 en el que se explica los esfuerzos del plegamiento (Orogenia Hercinica) sobre las rocas.

PARADA 9. TRABAJOS DEL PASADO Y SOTO DE RIBERA

Algunas labores tradicionales han desaparecido y los edificios para estos fines han caído en desuso. Podremos ver los restos de un antiguo molino harinero que usaba el agua como fuerza motriz. Está situado en un entorno privilegiado rodeado del bosque de ribera.

PARADA 10. LA ENCINA

La encina es el árbol más emblemático del ecosistema mediterráneo. Ha tenido una importante carga simbólica para las culturas antiguas. En este entorno podremos ver algunos de los más bellos ejemplares y aprender algunas de sus características.

PARADA 11. DOS MUNDOS EN CONTACTO.

A veces grandes extinciones hacen que desaparezcan una gran cantidad de especies animales y sean sustituidas por otras. Podremos ver el contacto entre dos mundos muy distintos.

PARADA 12. LA ERA DE LOS DINOSAURIOS

La Sierra de Oriche (Fig. 5) esta compuesta por unidades rocosas (Calizas) del período Cretácico, mucho más modernos que los de los puntos anteriores. Estos estratos rocosos serían contemporáneos de los dinosaurios que poblaron abundantemente lo que hoy es la provincia de Teruel.

PARADA 13. EL OCASO DE LOS PUEBLOS

El núcleo de Piedrahita está prácticamente deshabitado. Mucho ha cambiado la historia desde que esta localidad, tuviera una gran importancia estratégica al encontrarse, en la extremadura del reino de Aragón, en la época de Alfonso I El Batallador.

PARADA 14. UN MICROCLIMA CURIOSO

La Sierra de Oriche, con una marcada orientación este- oeste, permite la existencia en su cara norte de una serie de especies vegetales de climas húmedos (Fig. 5). El quejigal que allí se encuentra es uno de los mejor conservados de la comarca.



FIGURA 5: Panel explicativo al pie de la Sierra de Oriche sobre el Patrimonio Natural del área.

IV. PANORÁMICA DESDE LA SIERRA DE PELARDA

EL VERDADERO ORIGEN DE LA FM. PELARDA:

a) La Fm. Pelarda está formada en su mayor parte por bloques de Cuarquita de la Bámbole, de hasta 1 m³. Disminuyendo mucho en tamaño hacia el SE. Los materiales que incluye son casi únicamente del Cámbrico y del Ordovícico.

b) El área fuente de estos materiales se encontraría en los afloramientos existentes entre Codos y Torralbilla.

c) El transporte de los materiales hacia el SE, se habría producido a lo largo de un valle delimitado al SO por un fuerte escarpe causado por la Falla de Jarque durante la Orogenia Alpina (Actividad alpidica). La acción de esta falla habría levantado las unidades cámbricas en el SW e hizo descender el flanco SO del anticlinal de Monforte con el Cretácico de la serie de Cucalón y las series fluviales del Terciario basal del valle de Bea-Fonfría-Segura.

d) El espesor de la Fm. Pelarda supera probablemente los 500 m. En el sector observado las capas de esta unidad buzcan hasta 50° hacia el SO. Su edad es Terciario Inferior (Eoceno-Oligoceno). Con posterioridad a este intervalo un movimiento basculante habría levantado esta unidad unos 600 m. Los Ríos Huerva y los componentes de la red fluvial anterior transportan hoy y probablemente desde el Mioceno Superior, los bloques de Cuarquitas de La Bámbole en dirección hacia su primitivo origen.

e) La Fm. Pelarda contiene también algunos lentejones de arenas /areniscas poco endurecidas de color claro, e.g. en el puerto de la Pelarda. Estas areniscas han sido confundidas por Ernstsom con el Buntsandstein.

f) Los afloramientos de la Fm. Pelarda son más bien escasos. Se encuentran casi totalmente recubiertos por grandes cantos y bloques de cuarcita. Esta "coraza" de bloques se habría formado en el Pleistoceno y se ha cartografiado como una Raña, lo cual correspondería únicamente a esta "coraza".

g) Como Punto informativo (afloramiento de referencia) se realiza una parada en el Camino al SW de Salcedillo, subiendo hacia el SW. Desde aquí se observa un corte complejo, con una primera "lengua" de facies Pelarda de unos 10 a 20 m, poco antes de llegar al primer puerto.

h) Se observa deformación por fractura de bloques (= Tectónica Alpídica).

LA FM. PELARDA Y EL "IMPACTO DE AZUARA":

a) Ernstson y Claudín (1990) observan en los materiales de la Fm. Pelarda fracturación de los cantos (correcto) y dirección de presión hacia la zona central de la depresión de Azuara (correcto). Asocian estos fenómenos a transporte por eyección del impacto. Los autores argumentan y mantienen que entre los granos del material abundan cuarzos de choque o de impacto ("Shock quartz") y otros caracteres como testimonios directos del impacto. No obstante, existen argumentos contrarios de expertos en cuarzos de choque, por lo que esta afirmación debe tomarse, como mínimo, con precaución.

b) Si así fuera, debería haber existido un depósito con predominantes bloques fluviales de cuarcita de Bámbola en el terreno de Azuara suficiente para formar un círculo de *ejecta* de 30 Km de radio y cientos de metros de espesor. Tal depósito no se pudo formar. Que un meteorito impactase en el área de Azuara precisamente en un depósito de cantos para eyectarlo parece improbable.

c) Ernstson y Claudín (1990) Minimizan el significado de los depósitos fluviales en la Fm. Pelarda. No obstante, el corte al SW de Salcedillo son muy evidentes.

d) El "emplazamiento" de grandes placas (>15 m.) de "Buntsandstein" (en realidad, arenas rojas intraformacionales de probable edad Oligoceno en la Fm. Pelarda) sin que se encuentren las calizas mesozoicas es improbable.

e) Otros muchos argumentos de índole geológica convencional están en contra de la hipótesis del impacto.

SOLUCIÓN POSIBLE

Existe una estructura particular bajo el área de Azuara que se habría manifestado en el Paleozoico como área fuente y que influyó, determinando en parte la tectónica *varisca* (Hercínica).

Las estructuras paleozoicas atribuidas al impacto meteorítico (Ernstson y Claudín, 1990; Ernstson y Fiebag, 1992) están en realidad ligadas al vulcanismo de andesitas y no pueden haber sido causadas por un impacto en el Terciario.

La hipótesis del impacto meteorítico de Azuara y las discusiones que ha acarreado durante años (Anguita, 2000; Aurell et al., 1993; Cortés y Martínez, 1999; Cortés et al., 2002) han sido muy fructíferas al principio, pero en el momento actual puede considerarse superada y, en razón de los argumentos expuestos, es rechazada.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa PALEOYMAS, autora de la Ruta Geológica del Río Nogueta, el material aportado y su participación. Este trabajo forma parte de los proyectos de investigación: "Patrimonio y Museo Paleontológico" (DGA-Grupos Consolidados, nº E-13); CGL 2006-11176/BTE-MEC, y CGL 2008-01273/BTE-MICIIN

REFERENCIAS

- Anguita, F., Márquez, A. y Claudín, F. (2000): Réplica al artículo: Controversia científica para el aula: ¿Tiene la cubeta de Azuara un origen extraterrestre? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 8 (2): 148-153.
- Aurell, M., González, A., Pérez, A., Guimerà, J., Casas, A., y Salas, R. (1993): Discussion of "The Azuara impact structure (Spain): New insights from geophysical and geological investigations" by K. Ernstson and J. Fiebag. *Geologische Rundschau*, 82: 750-755.
- Carls, P. (1965): *Jung-silurische und unterdevonische Schichten der Östlichen Iberischen Ketten (NE-Spanien)*. Diss. Math.-naturwiss. Fak.Univ. Würzburg, 155p.
- Carls, P. (1977): *The Silurian-Devonian boundary in the northeastern and central Spain*. International Union of Geological Sciences, Series A,5: 143-158.
- Cortés, A. y Martínez, B. (1999): Controversia científica para el aula: ¿Tiene la cubeta de Azuara un origen extraterrestre? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 7: 143-157.
- Cortés, A. L., Díaz-Martínez, E., Sanz-Rubio, E., Martínez-Frías, J. y Fernández, C. (2002): Cosmic impact versus terrestrial origin of the Azuara impact structure (Spain): A rereview. *Meteoritics and Planetary Science*, 37: 875-894.
- Ernstson, K., y Claudín, F. (1990): Pelarda Formation (Eastern Iberian Chain, NE Spain): Ejecta of the Azuara impact structure. *N. Jb. Geol. Paläont.*, 10: 581-599.
- Ernstson, K., y Fiebag, J. (1992): The Azuara impact structure (Spain): new insights from geophysical and geological investigations. *Geologische Rundschau*, 81 (2): 403-427.

La fosa volcano-sedimentaria (Pérmico Inferior) de Codos (Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica)

The Lower Permian volcano sedimentary graben of Codos (Aragonese branch, NE Iberian Ranges, Spain).

M. Lago, T. Ubide, P. Larrea, P. Tierz, C. Galé, T. Sanz, A. Gil-Imaz, E. Arranz y A. Pocovi

Dpto. de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza, c/ Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza. mlago@unizar.es

Resumen: En la localidad de Codos y sus alrededores hay varios afloramientos de grauwacas, con fragmentos de andesitas anfibólicas calcoalcalinas y otros enclaves metasedimentarios, que representan los restos de una fosa volcanosedimentaria. Los fragmentos de andesitas son similares a las andesitas anfibólicas de diques localizados en las proximidades del afloramiento volcanosedimentario. A su vez, las grauwacas están intruidas por andesitas piroxénicas, que postdatan el relleno de la fosa. La edad del conjunto puede establecerse como Pérmico inferior. La singularidad del conjunto de afloramientos suscita el interés geológico y patrimonial de la fosa volcanosedimentaria de Codos.

Palabras clave: grauwacas, andesitas calcoalcalinas, Pérmico Inferior, Cordillera Ibérica.

Abstract: Remains of a volcanosedimentary basin crop out in the vicinity of Codos (Iberian Range, Zaragoza). They are composed of greywackes with fragments of metasedimentary and amphibole-rich andesitic rocks. The latter are similar to nearby andesitic dykes. The volcanosedimentary basin is intruded by a clinopyroxene-rich andesite dike. Taking into account the similarity between the described complex and the calc-alkaline magmatism of the Iberian Range, the age of the complex is inferred to be Early Permian. The scientific interest and the small size of this complex, make it a geoheritage relevant site, worth of legal definition and protection.

Key words: greywackes, calc-alkaline andesites, Early Permian, Iberian Chain.

INTRODUCCIÓN

Durante el intervalo Pérmico-Trasico tuvo lugar una sedimentación de carácter continental en la Cordillera Ibérica, fuertemente influenciada por la tectónica extensiva, mediante el desarrollo de una serie de fosas de tipo graben o semigraben. Uno de los más destacados ejemplos de esta sedimentación es la fosa de Codos, localidad situada en las proximidades de Daroca, en la provincia de Zaragoza. Esta fosa presenta un gran interés geológico y patrimonial por representar un relleno de materiales volcanosedimentarios (grauwacas) asociados a materiales hipovolcánicos. Su desarrollo tiene lugar en una cuenca de reducidas dimensiones, durante un periodo de extensión tardivarisca (Pérmico inferior) y se divide en tres etapas destacadas: 1) Intrusiones hipovolcánicas de naturaleza andesítica. 2) Relleno volcanosedimentario (grauwacas). 3) Intrusión hipovolcánica de diques andesíticos.

En conjunto, representa una manifestación volcanosedimentaria coetánea al magmatismo calcoalcalino de la Cordillera Ibérica (Fig. 1a) que tuvo lugar del Carbonífero superior al Pérmico inferior, con un clímax en el Asseliense (Lago et al. 2004). El magmatismo calcoalcalino de la Cordillera Ibérica está representado por numerosos afloramientos de

intrusiones hipovolcánicas (sills y diques) de composiciones diversas (desde basaltos a riolitas) si bien destacan, en volumen, las de composición andesítica. Con base a diversos criterios (edades radiométricas, criterios estratigráficos y estructurales) se han establecido dos etapas destacadas para el emplazamiento de las andesitas:

- 1) Andesitas anfibólicas que presentan una importante acumulación de enclaves (metamórficos, ígneos y sedimentarios del encajante paleozoico)
- 2) Andesitas piroxénicas, de naturaleza más básica y sin la presencia de los enclaves citados, cuyo emplazamiento tuvo lugar en etapas más extensionales (Lago et al., 2004, 2005).

El contexto geológico de este magmatismo ha sido estudiado por diversos autores (Sopeña et al., 1988; Arche y López-Gómez, 1996; López-Gómez et al., 2002; Lago et al., 2004 y 2005) que han puesto de manifiesto el desarrollo frecuente de semifosas muy probablemente relacionadas, en profundidad, con fracturas lístricas de dirección Ibérica. La denominada Falla de Datos (Fig. 1b) comprende en sus márgenes un amplio conjunto de intrusiones andesíticas que, con edad Asseliense, ilustran el amplio desarrollo de esta actividad ígnea.

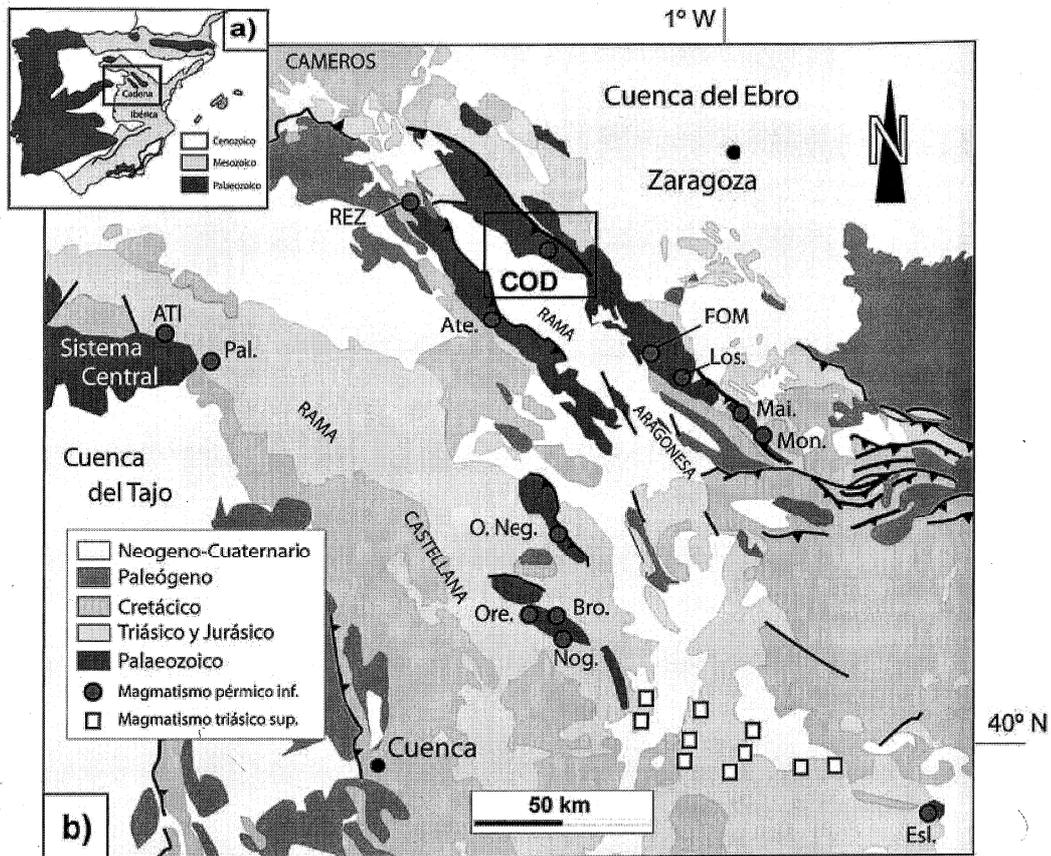


FIGURA 1 a. Situación del área de estudio dentro de la Península Ibérica. FIGURA 1 b). Localización de los principales afloramientos del magmatismo del Pérmico inferior y del Triásico superior. COD: Codos, REZ: Reznos, Ate: Ateca, Ati: Atienza, Pal: Palmaces, Fom: Fombuena, Los: Loscos, Mai: Maicas, Mon: Montalbán, O.Neg: Ojos Negros, Ore: Orea, Bro: Bronchales, Nog: Nogueras, Hen: Henarejos y Esl: Eslida. Modificado de Lago et al. (2005).

DESCRIPCIÓN DEL AFLORAMIENTO

El afloramiento de Codos (Fig. 2a, b) es un ejemplo singular dentro de las diversas semifosas pérmicas reconocidas en la Cordillera Ibérica (Lago et al., 2005). Esta semifosa se sitúa al E de la falla de Datos y comprende mayoritariamente, desde la base al techo, un depósito de grauwacas procedentes de la erosión de los materiales del Cámbrico superior y del Ordovícico. El desmantelamiento de los materiales paleozoicos tuvo lugar como consecuencia del hundimiento del bloque occidental a favor de la falla de Datos y el relativo levantamiento del bloque oriental (Fig. 3).

Al NE de la población de Codos, al lado de la carretera con dirección a Tobed, siguiendo el margen del río Grío, puede verse un primer dique de andesita anfibólica alterada, de dirección E-O (Fig. 2a), que contiene escasos xenolitos de metapelita y aislados xenocristales de granate almandínico (Alm_{75}).

Unos metros al N de esta intrusión aflora otra, también de andesita anfibólica, con xenolitos de metapelita y de granitoides variablemente asimilados.

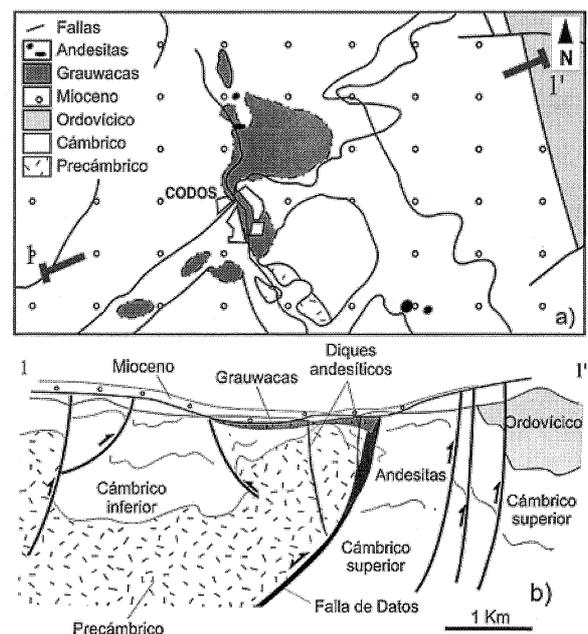


FIGURA 2. a) Mapa geológico del área de Codos; b) Corte WSW-ENE del sector estudiado (modificado de Lago et al., 2005).

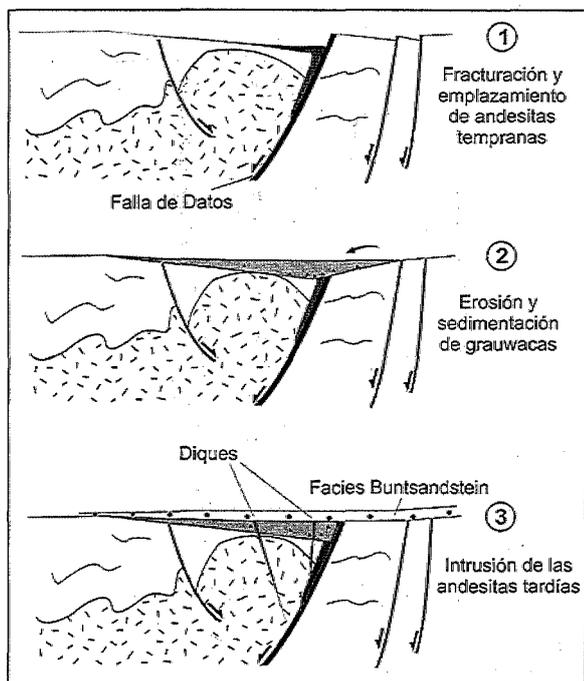


FIGURA 3. Esquema de formación y evolución de la semifosa de Codos en tres etapas (modificado de Lago et al., 2005).

Las grauwacas están constituidas principalmente por cuarzo, feldespatos y filosilicatos en una matriz cemento fundamentalmente clorítica, con un abundante contenido en distintos tipos de fragmentos de rocas metasedimentarias (cuarcitas, arcosas y limolitas paleozoicas) como de rocas ígneas. Ocasionalmente se observan estructuras sedimentarias (estratificación cruzada, gradación, etc.) tanto a escala de afloramiento como en lámina delgada.

En la base del afloramiento se reconocen niveles métricos ricos en fragmentos de andesita, angulosos y

heterométricos, con orientación planar (Figs. 4a, b, c y d).

Algunos de estos fragmentos andesíticos incluyen xenocristales de granate almandínico que atestiguan la incompleta asimilación por el magma de metapelitas previas y, a su vez, pueden verse enclaves minoritarios de granitoides (Lago et al., 2005).

Desde la base hacia el techo decrece la proporción de los componentes ígneos pasando a ser dominantes las grauwacas, que son casi exclusivas hacia el techo del afloramiento.

Al N del afloramiento volcanosedimentario principal, siguiendo el curso del río Grío en dirección a Tobed, se reconoce una intrusión de andesita anfibólica que afecta a las grauwacas, lo cual indica una edad de emplazamiento posterior al relleno volcanosedimentario de la fosa indicando, así, una intrusión tardía a su formación (Fig. 3).

EDAD ESTABLECIDA

La edad de la semifosa de Codos no ha sido determinada por criterios radiométricos, pero puede establecerse por analogía con otros afloramientos coetáneos de la Cordillera Ibérica. Este tipo de semifosas pérmicas ligadas al magmatismo calco-alcalino son comunes en la Cordillera Ibérica: e.g. Fombuena, Reznos, Atienza, Orea, etc. (Lago et al., 2005). Las edades establecidas mediante K-Ar en las intrusiones calco-alcalinas de la Cordillera Ibérica varían de 293 ± 5 Ma (Lago et al., 1991) a 283 ± 2.5 Ma (Conte et al., 1987), indicando una edad Asseliense (Pérmico inferior) para el desarrollo de estas semifosas.

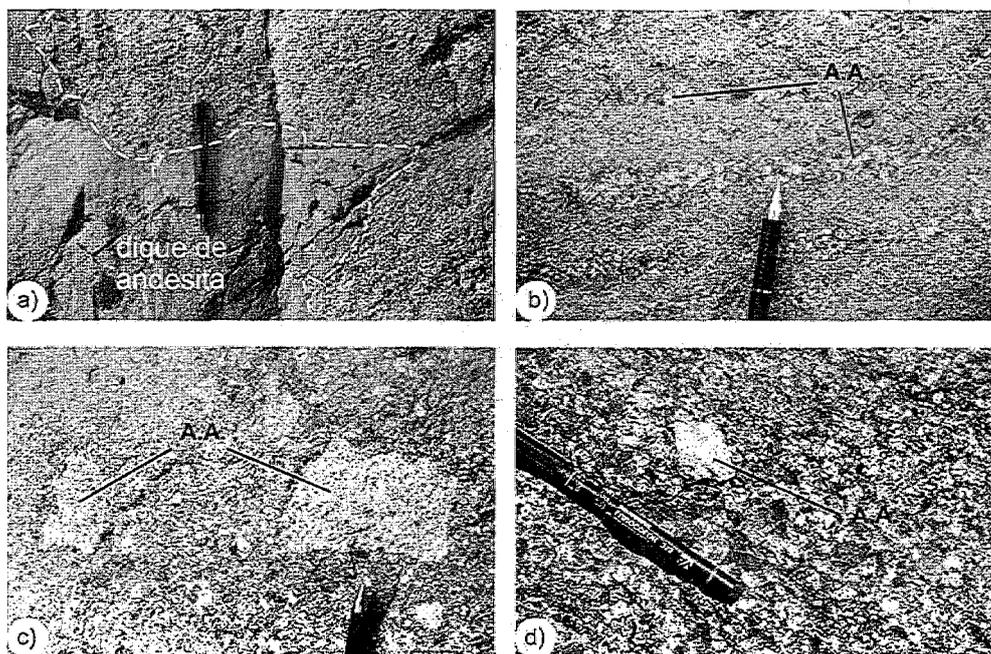


FIGURA:4. (a) Andesita anfibólica que intruye en la grauwaca; (b) clastos de andesita alineados en la base del relleno volcano-sedimentario; (c) clastos heterométricos de andesita anfibólica inmersos en la grauwaca; (d) niveles superiores de la grauwaca con menor proporción de clastos de andesita anfibólica

CONCLUSIONES

En las proximidades de la localidad zaragozana de Codos aflora un depósito de origen volcanosedimentario asociado a una intrusión hipovolcánica de andesitas calcoalcalinas. Este conjunto constituye un ejemplo singular de cuenca volcanosedimentaria que suscita su interés desde el punto de vista geológico y patrimonial.

El afloramiento principal está constituido por grauwacas con fragmentos intercalados tanto de origen metasedimentario como de origen ígneo.

Los fragmentos de origen ígneo son principalmente de andesita anfibólica calcoalcalina, equivalente a otras andesitas aflorantes a lo largo de la Cordillera Ibérica. Se observa un predominio de fragmentos de andesita anfibólica hacia la base del afloramiento de grauwaca.

Hacia techo, las grauwacas son intruidas por andesitas piroxénicas, más básicas que las observadas hacia la base.

La edad del depósito ha sido establecida por analogía con otras intrusiones andesíticas de la Cordillera Ibérica, que se emplazaron durante el Asseliense (Pérmico inferior).

El desarrollo de la cuenca tuvo lugar en un espacio de tiempo constreñido al Pérmico inferior, quedando limitado el relleno de la fosa volcanosedimentaria por dos intrusiones de andesitas calcoalcalinas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del proyecto CGL 2008-06098/BTE (MICINN, España). Los autores también agradecen al Gobierno de Aragón que financia el grupo de investigación GEOTRANSFER de la Universidad de Zaragoza.

REFERENCIAS

- Arche, A. y López-Gómez, J. (1996). Origin of the Permian-Triassic Iberian Basin, central-eastern Spain. *Tectonophysics*, 266: 443-464.
- Conte, J.C., Gascón, F., Lago, M., Carls, P. (1987). Materiales stephano-pérmicos en la fosa de Fombuena (provincia de Zaragoza). *Boletín Geológico y Minero*, XCVIII-IV, 460-470.
- Lago, M., Arranz, E., Pocovi, A., Galé, C., Gil-Imaz, A. (2004). Lower Permian magmatism of the Iberian Chain, Central Spain, and its relationship to extensional tectonics. En: Wilson, M., Neumann, E.-R., Davies, G.R., Timmerman, M.J., Heeremans, M. & Larsen, B.T. (eds.) *Permo-Carboniferous Magmatism and Rifting in Europe*. Geological Society, London, Special Publications, (2004), 223: 465-491.
- Lago, M., Gil, A., Arranz, E., Galé, A. & Pocovi (2005). Magmatism in the intracratonic Central Iberian basins during the Permian: Palaeoenvironmental consequences. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 229: 83-103.
- López-Gómez, J., Arche, A. y Pérez-López, A. (2002). Permian and Triassic. IN: Gibbond, W., Moreno, M. T. (Eds.). *The Geology of Spain*. Geological Society, London, pp. 185-212.
- Sopeña, A., López, J., Arche, A., Pérez-Arlucea, M., Ramos, A., Virgili, C. y Hernando, S. (1988). Permian and Triassic Rift Basins of the Iberian Peninsula. In: Manspeizer, W. (Ed.), *Triassic-Jurassic Rifting and the Opening of the Atlantic Ocean*. Elsevier, Amsterdam, pp. 757-786.

El singular paraje de “Los Abuelos” (Tobed, provincia de Zaragoza) y su relación con la falla de Datos (Cadena Ibérica Oriental, NE de España).

“Los Abuelos” (Tobed, Province of Zaragoza): Singular landforms and relationship to the fault of Datos (Eastern Iberian Range, NE of Spain).

J. Lahoz Gimeno¹, M. C. Osácar Soriano² y A. Pocoví Juan²

1 Dpto. Economía y Empleo, Gobierno de Aragón. jlahoz@aragon.es

2 Dpto. Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, c/ Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza. cinta@unizar.es; apocovi@unizar.es

Resumen: La falla de Datos es un accidente mayor del basamento paleozoico de la Cadena Ibérica Oriental. Su principal papel se desarrolló en la orogenia hercínica, como cabalgamiento vergente al E, superponiendo la unidad de Badules sobre la de Herrera. En época post hercínica se pudo reactivar como falla normal durante el Pérmico y, al menos localmente, durante el Trías. Con la compresión alpina actúa como falla inversa con una fuerte componente transcurrente dextra y comparte el desplazamiento con otras fallas subordinadas. En el término de Tobed, donde tiene lugar el entroncamiento con la falla de Río Grío, se produce un entorno transpresivo con amplia zona de cataclisis de la que resulta una roca de falla bastante heterogénea: elementos de cuarcita de tamaño muy variable, desde centimétrico a decamétrico, rodeados por zonas de grano fino, no cohesivas (harina de falla). Estos materiales se comportan ante la erosión de modo similar a los tills y desarrollan abarrancamientos y chimeneas de hadas

Palabras clave: brecha de falla, harina de falla, reactivación de fallas, transpresión, chimenea de hadas.

Abstract: *The fault of Datos is a major boundary in the basement of the Eastern Iberian Range. Its more important role took place during the variscan orogeny, when it acts as a thrust of the Badules unit over the Herrera unit. At post-variscan it can rework as normal fault during the Permian and, locally at least, during the Triassic. With the alpine shortening it works as a wrench / reverse fault and other associate faults appears. Near Tobed, where the branch with the Río Grío fault is, a transpressive zone appears developing a heterogeneous cataclastic formation: centimetric to decametric quartzite elements surrounded by a non cohesive fine grained matrix (fault gauge). Erosion on these materials produces badlands and hoodoos as it occurs on till deposits.*

Key words: *crush breccia, fault gauge, fault reactivation, transpression, hoodoo.*

INTRODUCCIÓN

En el substrato paleozoico de la Cadena Ibérica Oriental se distinguen dos unidades mayores: Unidad de Badules y Unidad de Herrera (Lotze 1929). Estas unidades se ponen en contacto por una falla que desde los años sesenta se conoce como “Falla de Datos” (Carls 1983) y a la que los autores atribuyen distinto significado tectónico en distintas épocas de actividad (Lotze, 1929; Carls, 1983; Vilchez, 1984; Cortés y Casas, 1996). En todo caso, se trata de un accidente hercínico que, al menos localmente, se ha reactivado como falla normal en tiempos post hercínicos y en la compresión alpina, al menos en parte de su recorrido, ha actuado como falla inversa con importante componente transcurrente dextra. Los rejuegos de estructuras antiguas, especialmente en etapas compresivas, se han reconocido en los bloques de substrato paleozoico de la C. Ibérica (Cortés Gracia y Casas Sainz, 2000) y explican incluso la formación de cubetas sedimentarias neógenas.

En lo concerniente a la falla de Datos, el papel de cabalgamiento de la unidad de Badules sobre la de Herrera fue descrito por Lotze (1929). La fosilización de la falla por los conglomerados basales del Trías inferior en las inmediaciones de Monforte de Moyuela (Ruiz Fernández de la Lopa y Carls, 1989) parecen indicar que no tiene ninguna actividad en tiempos alpinos, sin embargo se puede decir que esta fosilización permanece solo en la parte más frontal que se conserva del bloque superior, donde la superficie de cabalgamiento está más tendida. En la mayor parte de su traza cartográfica responde a un plano de dirección NW-SE y buzamiento muy fuerte al SW. Esta parte se reactiva probablemente como falla normal en el mesozoico y luego como, evidentemente, como falla inversa dextral en la compresión cenozoica, dejando sobre la Unidad de Herrera las partes más avanzadas de la lámina de Badules (Vilchez, 1984), extendiéndose a lo largo de un corredor de un centenar de kilómetros (fallas de Inogés, de Jarque, Fosa de Morés,...) y distribuyendo el desplazamiento en fallas secundarias de este corredor, como la falla del río Grío.

En el entorno de Tobed, la Falla de Datos se marca en el paisaje por la franja deprimida entre las Sierras de Algairén y de Vicort (Lahoz et al. 1999). Por esta franja discurre el río Grío y además de las terrazas, se alinean depósitos de aluviales rojos atribuidos al Plioceno-Pleistoceno (Aragonés et al. 1980). No hay observaciones precisas del plano de falla en afloramiento y toda la franja representa una amplia zona de falla de carácter frágil.

La peculiaridad del entorno de Tobed está en que existen varios barrancos de la orilla derecha del río Grío que inciden la vertiente atravesando los depósitos pliocenos y modelando figuras de erosión poco corrientes precisamente en los materiales no cohesivos de la zona de falla del río Grío.

ESTRUCTURA

La localidad de Tobed (Fig. 1) se sitúa casi por completo en la orilla izquierda del río Grío. En la orilla opuesta y frente al pueblo desemboca el barranco de Valvillano. El cauce de este último discurre casi paralelo al río Grío y al rumbo dominante de las estructuras (curso subsecuente) y en el último km se dispone perpendicular y toma el aspecto de una rambla con abundantes gravas en el fondo plano del cauce. En este último tramo corta la falla del río Grío (Fig. 1), pero las vertientes están muy regularizadas y fijadas por matorral, por lo que no facilita la observación, así que solo tomamos este barranco como referencia de situación.

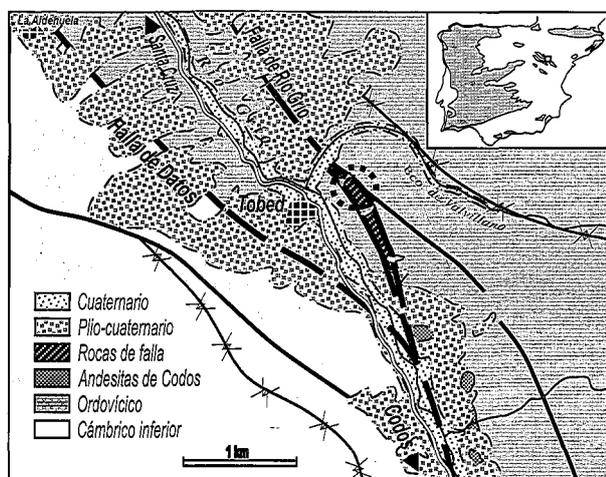


FIGURA 1. Localización de las fallas de Datos y del río Grío en el entorno de Tobed y en la Península Ibérica

Si en vez de remontar el barranco de Valvillano subimos la pista zigzagueante que conduce a las ruinas del castillo y la ermita de San Valentín (Fig. 2 A) llegaremos a un pequeño rellano que coincide con el patio del castillo y con la superficie de un retazo de depósito plio-cuaternario. Desde allí, dirigiendo la vista al SE tenemos a nuestros pies el barranco de los

Abuelos. Salta a la vista que la erosión es muy activa, dando lugar a fuertes incisiones, a modo de "badlands", sobre materiales blandos de colores intensos (rojo, banco, gris-negro) que recuerdan el aspecto abigarrado de las facies Keuper.

Para tomar contacto con dichos materiales se puede descender por la ladera, inmediatamente al SE del castillo, aunque las fuertes pendientes sobre materiales no cohesivos hacen peligrosa la bajada. También se puede acceder volviendo hacia el pueblo y antes de cruzar el río Grío, remontar unos 100m por la orilla derecha y a continuación, dejando a la derecha una granja avícola, remontar el barranco de los Abuelos por el propio cauce, normalmente seco. Al salir de los depósitos cuaternarios del río Grío el barranco se estrecha entre cuarcitas del Ordovícico plegadas. Después de unas decenas de metros de angostura del barranco, este se ensancha y ramifica.

La vertiente derecha ofrece el corte más completo del conjunto: En la parte alta, junto a las ruinas del castillo, el corte de los depósitos plio-pleistocenos (gravas y arenas y limos rojos con fuerte abarrancamiento). En la mayor parte de la ladera, materiales sueltos en los que se percibe cierto bandeado 135,70 SW (Fig. 2 B, C y D).

En los materiales sueltos se distingue a simple vista: Cuarcita triturada de tamaños gravilla, arena o pulverulenta en las bandas blancas. Limos con cantos de cuarcita en los tramos rojos procedentes de restos de depósitos del Pérmico. Laminillas de pizarra de tamaños variables desde arena fina a bloques algo cohesivos, rodeando bloques métricos o decamétricos de alternancias de pizarras y cuarcitas ordovícicas con pliegues. En todo el conjunto de bandas de elementos finos y bloques más o menos cohesivos se distinguen planos de falla de orientación dominante 140,60NE que delimitan secciones de forma más o menos rómbica en muchos de los bloques que conservan la cohesión. En las paredes de algunos bloques es corriente poder apreciar indicios de estrías de falla con fuerte buzamiento. El sentido de desplazamiento no suele ser evidente aunque parece dominar el de falla inversa. Todo el conjunto representa una amplia zona de falla, con una brechificación muy intensa y en determinadas bandas se ha llegado a un grado de trituración suficiente para formar harina de falla (*fault gouge*). El conjunto de roca de falla cortado en este barranco tiene unos 200 m de ancho y la mayor intensidad de trituración se registra en la zona central (banda situada entre el castillo y el depósito plio-pleistoceno), mientras a ambos lados aparecen grandes dominios de cuarcitas plegadas separados por bandas estrechas de roca de falla (Fig. 3). Estas rocas de falla tienen gran similitud con las salbandas de falla descritas en la "Falla Prelitoral", que también desarrolla fenómenos transpresivos en la compresión paleógena de las Cadenas Costeras Catalanas (Julià y Santanach, 1997).

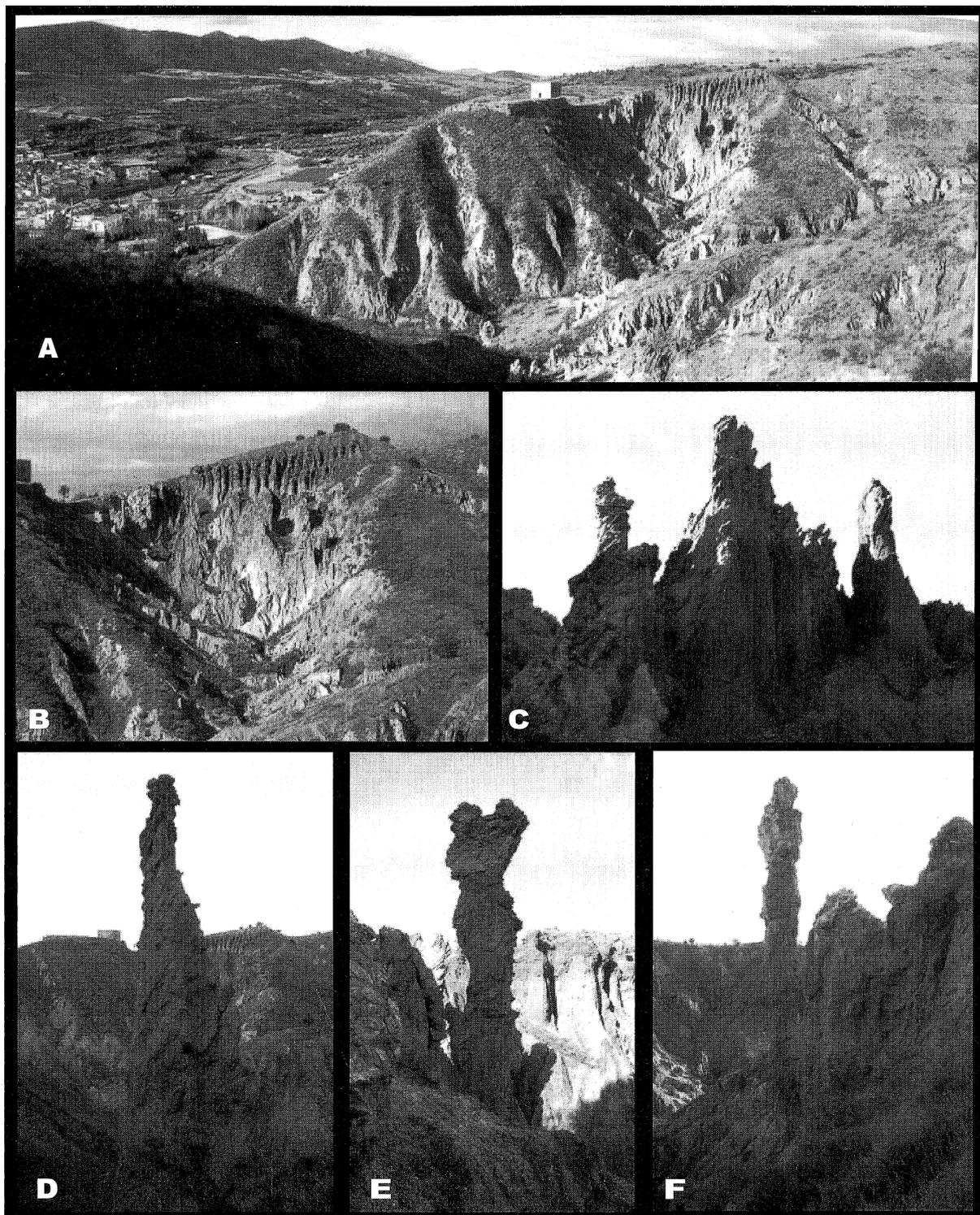


FIGURA 2. El paraje de los Abuelos (Tobed): A) Vista general del barranco de los Abuelos. A la izquierda Tobed, la sierra de Vicort y el valle del río Grió. En el centro, arriba, ruinas del castillo. B) Detalle del depósito plioceno-pleistoceno del entorno del castillo. C, D, E y F) Ejemplos de chimeneas de hadas coronadas por bloques de cuarcita.

FORMAS DE EROSIÓN

El barranco de los Abuelos (Tobed) y en menor medida otros dos barrancos paralelos y próximos a este, en la zona correspondiente a la roca de falla que se acaba de mencionar, sufre una intensa incisión por arroyada. El valle se ensancha en la zona de la roca de

falla y se forman crestas y abarrancamientos a modo de "badlands" orientados en dirección perpendicular al barranco principal y dando origen a numerosas aristas agudas, paralelas, siguiendo la dirección de intersección de los planos mencionados en el apartado anterior. Al mismo tiempo, los bloques de cuarcita de tamaño métrico preservados dentro de la harina de falla hacen el

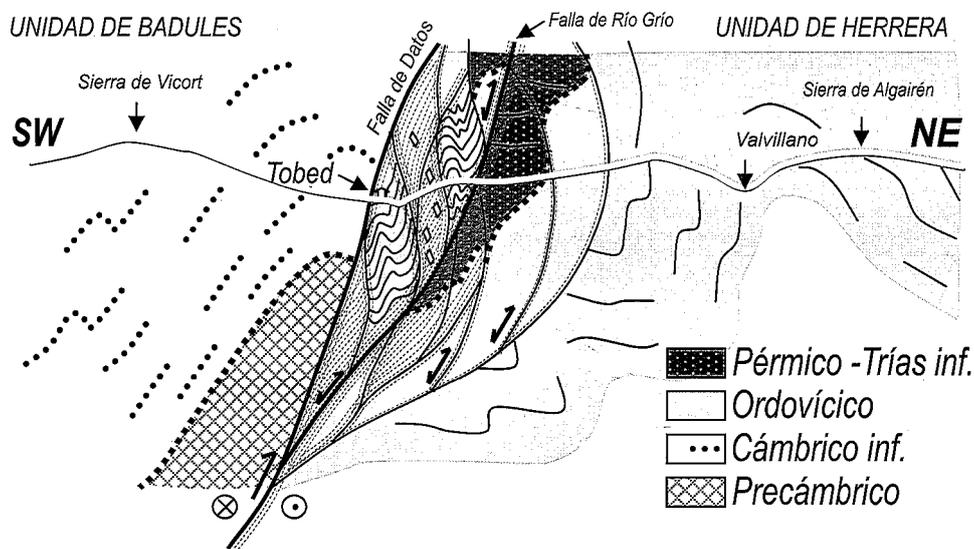


FIGURA 3. Corte esquemático de la zona de falla desarrollada por reactivación de las fallas de Datos y de río Grío.

papel de sombrero protector de la lluvia y se forman las "demoiselles coiffées" o chimeneas de hadas, muy esbeltas y con alturas de 5 a 8 m, que junto con las coloraciones llamativas del bandeado rocoso dan una imagen realmente singular en su ambiente.

Ya se han descrito formas afines desarrolladas en roca de falla (www20.gencat.cat/docs/.../329_descrip.pdf), sin embargo no son nada corrientes y en este caso son considerablemente más altas, esbeltas y exentas que las del entorno de Olesa de Montserrat (Barcelona) según las imágenes de la citada web.

CONCLUSIONES

El paraje de los Abuelos (Tobed) es realmente singular porque concurren varios fenómenos poco corrientes: Por una parte el afloramiento de rocas de falla poco corrientes y muy significativas para explicar la reactivación de accidentes tectónicos mayores de la Cadena Ibérica y por otra, el desarrollo de formas del relieve también poco corrientes y precisamente sobre estas rocas de falla, tales como los abarrancamientos paralelos (*badlands*) y las chimeneas de hadas (*demoiselles coiffées*, *hoodoos*). A estos aspectos hay que añadir que los colores fuertes y abigarrados del entorno, añaden un aire misterioso a un entorno que pese a la proximidad de núcleos de población (Tobed, Codos, Santa Cruz) y una carretera secundaria (A-1505) la ingerencia antrópica ha sido escasísima. En caso que las autoridades locales o autonómicas decidieran utilizar el recurso didáctico o turístico debería limitarse la visita a un observatorio acondicionado situado en el entorno del castillo y restringir el paso por las laderas.

REFERENCIAS

Aragónés Valls, E., Hernández Samaniego, A., Ramírez del Pozo, J. y Aguilar Tomás, M. J. (1980): *Mapa*

Geológico de España Escala 1:50.000. Hoja nº 410 (La Almunia de Doña Gómara). Instituto Geológico y Minero de España, Madrid

Casas Sainz, A. M., Cortés Gracia, A. L. (1996): Cabalgamientos plegados en el macizo hercínico de la Sierra de Herrera (Cordillera Ibérica). *Geogaceta*, 19: 3-6.

Cortés Gracia, A. L. y Casas Sainz, A. M. (2000): ¿Tienen los sistemas de fosas de Teruel origen extensional? *Rev. Soc. Geol. España*, 13 (3-4): 445-470.

Julià, R. y Santanach, P.F. (1997): Banded structures in gouge. In: Snoké, A. W., Tullis, J., Todd, V. R. (Eds.), *Fault - related rocks - A photographic atlas*. Princeton University Press: 56-57.

Lahoz Gimeno, J., Martín Ortiz, R. y Pocoví Juan, A. (1999). *Naturaleza en el río Grío*. Naturaleza Aragonesa, 4: 50-65.

Lotze, F. (1929): *Stratigraphie und Tektonik des Keltiberischen Grundgebirges (Spanien)*. Abh. Ges. Wiss. Göttingen, Math. - Phys. Kl., 14 (2), 320 p.

Mata Lleó, R., Espuny Solani, J. y Mata-Perelló, J. M. (2001): Proyecto de acondicionamiento del Paraje de Roques Blaves (Esparraguera, Baix Llobregat) con fines didácticos. *Actas del II Simposio Sobre Geología y Medio Ambiente, Cubells, 2000*. Poble de Segur: 151-154.

Ruiz Fernández de la Lopa, V. y Carls, P. (1989): *Mapa Geológico de España Escala 1:50.000, Hoja nº 466 (Moyuela)*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

Sdzuy, K., Collande, C.V., Kolb, S., Teyssen, T., Carls, P., Olivé Davo, A., del Olmo Zamora, P. y Portero García, J. M. (1983): *Mapa Geológico de España Escala 1:50.000. Hoja nº 438 (Paniza)*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

Vilchez, J. (1984): *Rasgos geológicos y estructurales de la Unidad de Herrera*. Tesis de Licenciatura, Universidad de Zaragoza, 94 p.

Excursión al Cámbrico de Murero. Primer yacimiento paleontológico español declarado Bien de Interés Cultural (BIC). (I) Estratigrafía.

Field trip to the Cambrian of Murero. First palaeontological site to be declared a Bien de Interés Cultural (BIC) in Spain. (I) Stratigraphy.

E. Liñán¹, R. Gozalo², J.A. Andrés³, J. Chirivella², M.E. Dies Álvarez⁴, J. Esteve¹, J.A. Gámez Vintaned², E. Mayoral⁵ y S. Zamora⁶

- 1 Dpto. Geología (Área y Museo de Paleontología-IUCA), Fac. de Ciencias, Universidad de Zaragoza, c/ Pedro Cerbuna 12, E-50009 Zaragoza. linan@unizar.es, jorgeves@unizar.es
- 2 Dpto. Geología, Fac. de Biòlogiques, Universitat de València, c/ Dr. Moliner 50, E-46100 Burjassot (Valencia). rodolfo.gozalo@uv.es, gamez@unizar.es
- 3 Dpto. Geología (Área y Museo de Paleontología-IUCA), Fac. de Ciencias, Universidad de Zaragoza, c/ Pedro Cerbuna 12, E-50009 Zaragoza. linan@unizar.es
- 4 Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales, Fac. de Ciencias Humanas y de la Educación, Universidad de Zaragoza, c/ Valentín Cardenera 4, E-22071 Huesca. medies@unizar.es
- 5 Dpto. Geodinámica y Paleontología, Fac. de Ciencias Experimentales, Campus de El Carmen, Avda. Tres de Marzo s/n, Universidad de Huelva, E-21006 Huelva. mayoral@uhu.es
- 6 Department of Palaeontology, The Natural History Museum, Cromwell Road, SW7 5BD London, U.K. samuel@unizar.es

Resumen: El clásico yacimiento del Cámbrico inferior y medio de Murero (prov. de Zaragoza; Cadenas Ibérica Occidental) fue el primer Bien de Interés Cultural (BIC) de tipo paleontológico que se declaró en España, en el año 1997. En el presente trabajo se exponen los rasgos estratigráficos esenciales de este yacimiento, caracterizado por un depósito continuo durante unos 10 millones de años. Este registro ha sido subdividido en 15 biozonas de trilobites.

Palabras clave: Patrimonio paleontológico, Paleontología, Biocronología, Paleocología, Cadenas Ibéricas.

Abstract: The classical, lower and middle Cambrian site of Murero (Saragossa province; Cadena Ibérica Occidental) was the first palaeontological site to be declared a Bien de Interés Cultural (BIC) by the Spanish Administration in 1997. In this paper the main stratigraphical characteristics of the site are given. The site features a continuous record of ca. 10 million years, subdivided into 15 trilobite biozones.

Key words: Palaeontological heritage, Palaeontology, Biochronology, Palaeoecology, Cadenas Ibéricas.

INTRODUCCIÓN

El yacimiento paleontológico de Murero se sitúa al norte de este pequeño pueblo, enclavado a orillas del río Jiloca, en su margen derecha aguas abajo, y distante 8 km de Daroca (Fig. 1). El río Jiloca se encaja en la estribación meridional de la Cadena Ibérica Occidental formando un estrecho valle situado a unos 700 m de altitud que discurre paralelo a esta alineación montañosa, hasta su desembocadura en el río Jalón cerca de Calatayud. Las montañas de la margen derecha, que pueden alcanzar los 1.000 m, están surcadas por numerosas ramblas que son perpendiculares al cauce del río Jiloca que hace de colector.

Estas ramblas erosionan los materiales terciarios de la depresión de Calatayud-Teruel y hacen aflorar los materiales cámbricos subyacentes (Fig. 2). La llamada rambla de Valdemedes que desemboca en el pueblo de Murero y su afluente la rambla de Valdenegro dejan al descubierto el famoso yacimiento cámbrico de Murero.

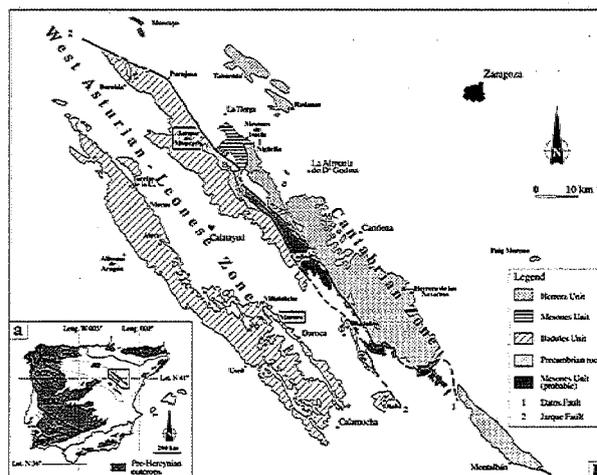


FIGURA 1. Localización geográfica y geológica del yacimiento de Murero (según Liñán et al., 2008).

Desde un punto de vista geológico, el yacimiento paleontológico clásico forma parte de un bloque autóctono de estratos cámbricos llamado bloque de Villafeliche, sobre el que cabalga de sur a norte el bloque del Jiloca (Gozalo et al., 1993), menos fosilífero (Fig. 2). Esta especial situación geológica puede ser una de las causas de que los fósiles se encuentren deformados.

El yacimiento fue dado a conocer en 1862 por el geólogo francés Edouard de Verneuil, quien cita los primeros fósiles cámbricos de Aragón denominados entonces como "la fauna primordial". En 1898 el estudio del yacimiento sería incluido ya en la tesis doctoral de Dereims. Desde entonces se han realizado numerosos estudios geológicos, con un marcado predominio paleontológico, que han permitido poner a este yacimiento a la cabeza de la investigación internacional del Periodo Cámbrico por la variedad y abundancia de sus fósiles, tanto de cuerpo blando como mineralizado, que permiten conocer una amplia representación de la biota original de muchos de sus estratos.

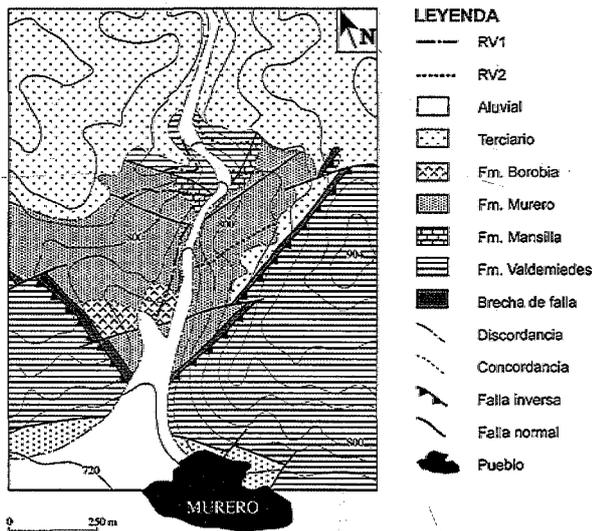


FIGURA 2. Cartografía geológica del yacimiento de Murero (modificada de Liñán y Gozalo, 1986; Liñán et al., 2008). Al sur, el bloque del Jiloca cabalgante sobre el bloque de Villafeliche, ambos rodeados de materiales terciarios.

Por esta razón el yacimiento fue declarado BIC en 1997 por el Departamento de Cultura del Gobierno de Aragón (B.O.A. n.º 83, de 18 de julio, p. 4313), Punto de Interés Geológico por el Departamento de Medio Ambiente (Caballero et al., 2001) y yacimiento paleontológico español de interés internacional por el IGME (García Cortés et al., 2008).

ESTRATIGRAFÍA

A lo largo de la rambla de Valdemedies aflora una sucesión monofacial de materiales siliciclásticos y carbonatados. Está constituida por lutitas y areniscas finas y muy finas de colores verdosos y también rojizo-violáceos, entre las que se intercalan nódulos de

dolomita y más raramente capas dolomíticas de espesor decimétrico. Su espesor es de 200 metros.

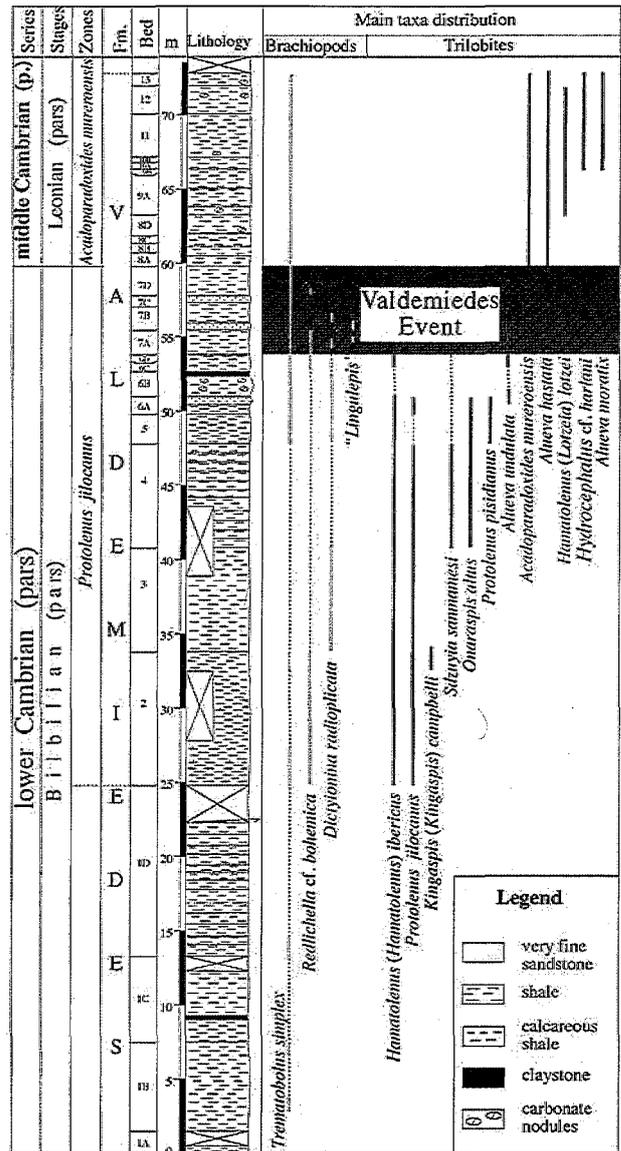


FIGURA 3a. Distribución lito, bio y cronoestratigráfica de los trilobites de la parte inferior de la sección de la rambla de Valdemedies 1 (modificada de Dies Álvarez, 2004). Nótese el evento de extinción Valdemedies.

En esta sucesión se distinguen cuatro unidades litoestratigráficas que se denominan por orden ascendente Valdemedies, Mansilla, Murero y Borobia (Liñán et al., 1992; Álvaro, 1995). La formación Valdemedies se caracteriza por su color verde-grisáceo y su relativa abundancia de nódulos carbonatados. La Formación Mansilla destaca por su contenido en lutitas rojizo-violáceas y la abundancia de nódulos y niveles carbonatados. Por último, la Formación Murero se caracteriza por su color verde-grisáceo y la progresiva desaparición de los nódulos dolomíticos. Las tres formaciones anteriores forman el Grupo Mesones. La base de la Formación Borobia está compuesta predominantemente de areniscas finas que alternan con lutitas, ya sin intercalaciones de carbonatos. Se han

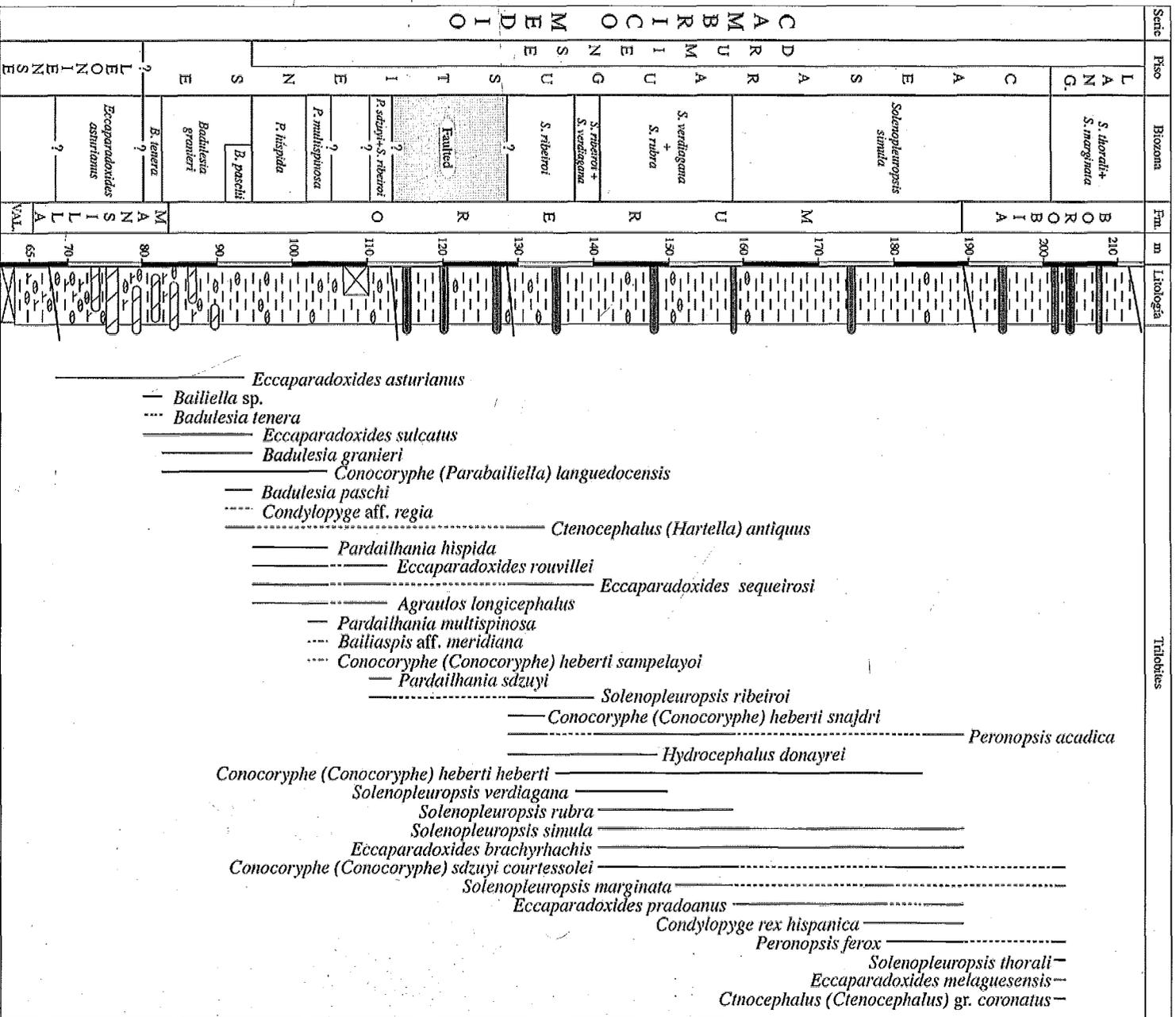


FIGURA 3b. Distribución tipo, bio y cronostratigráfica de los trilobites de la parte superior de la sección de la rambla de Valdemiedes 1 (modificada de Liñán y Gozalo, 1986; según Liñán et al., 2008).

levantado seis secciones estratigráficas que a veces están surcadas por fallas normales de pequeño salto. La mejor estudiada es la sección rambla de Valdemiedes 1, levantada por Liñán y Gozalo en 1986 (Figs. 3a, b).

BIOCRONOLOGÍA

El Cámbrico fue un periodo de la historia geológica caracterizado, entre otros fenómenos singulares, por el inicio de la distribución de las especies en provincias paleobiogeográficas. Por eso, existen diversas

nomenclaturas de pisos/edades regionales caracterizados por diferentes especies de trilobites (el grupo paleontológico guía en el Cámbrico) para cada provincia paleobiogeográfica. Para la provincia Mediterránea se utilizan los pisos definidos inicialmente en el Cámbrico de España (Liñán et al., 1993, 2002). En la sucesión de Murero, aparecen estratos correspondientes a los pisos regionales Bilbiliense, Leoniense, Caesaraugustiense y Languedociense (Figs. 3a, b).

En la Formación Valdemedes se sitúa el límite Bilbiliense-Leoniense mediante la primera aparición de la especie guía *Acadoparadoxides mureoensis*. Este límite viene también caracterizado por un importante evento de extinción en masa llamado evento Valdemedes. En la parte alta de la Formación Mansilla se sitúa el límite entre los pisos Leoniense y Caesaraugustiense, piso este último que está caracterizado por la primera aparición del trilobites *Badulesia tenera*. El límite entre los pisos Caesaraugustiense y Languedociense se sitúa en la Formación Murero y viene caracterizado por la primera aparición del trilobites *Solenopleuropsis thoralis*.

Esta sucesión representa unos diez millones de años entre la parte alta del Cámbrico inferior (-515 Ma) hasta la parte alta del Cámbrico medio (-505 Ma), que en la nomenclatura actualmente en desarrollo por la ISCS abarcaría desde el techo del piso 4, el piso 5 y la mayor parte del piso Drumiense (techo de la serie 2 y parte de la serie 3 del Cámbrico; Gozalo et al., 2008). Esta sucesión ha sido dividida en 15 zonas de trilobites, que es la subdivisión temporal relativa (zonación) más precisa que se conoce en el mundo para este lapso temporal del Cámbrico. Las zonas del Caesaraugustiense medio-superior y base del Languedociense se encuentran actualmente en revisión.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución a los proyectos CGL2011-24516 (Ministerio de Ciencia e Innovación), Consolider CGL2006-12975/BTE ("MURERO") (Min. de Educación y Ciencia-FEDER-EU), Multidisciplinar PM067-2006 y Grupo Consolidado E-17 (Gobierno de Aragón). J.A.G.V. agradece la ayuda del Min. de Ciencia e Innovación (contrato Juan de la Cierva, ref. JCI-2009-05319).

REFERENCIAS

Álvarez, J.J. (1995): Propuesta de una nueva unidad litoestratigráfica para el Cámbrico Medio-Superior de las Cadenas Ibéricas (NE España): el Grupo

- Acón. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural* (Sección Geológica), 90: 95-106.
- Caballero et al. (2001): *Puntos de Interés Geológico de Aragón*. Gobierno de Aragón, Departamento de Medio Ambiente, Zaragoza, 244 p.
- Dereims, A. (1898): *Notes sur les terrains paléozoïques d'Espagne. Recherches géologiques dans le Sud de l'Aragón*. Annales Hébert, Lille, t. II, 199 p.
- Dies Álvarez, M.E. (2004): *Bioestratigrafía y Paleoecología de la Formación Valdemedes (límite Cámbrico Inferior-Medio) en las Cadenas Ibéricas*. Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza, 147 p.
- García Cortés, A. (ed.) (2008): *Contextos Geológicos españoles. Una aproximación al patrimonio geológico español de relevancia internacional*. IGME, Madrid, 235 p.
- Gozalo, R., Liñán, E. y Álvaro, J. (1993): Bioestratigrafía del Cámbrico Medio de Villafeliche (Prov. Zaragoza, España). *Revista Española de Paleontología*, nº extr.: 49-57.
- Gozalo R., Liñán E., Gámez Vintaned J.A., Dies M.E., Chirivella J.B., Zamora S., Esteve J. y Mayoral E. (2008): The Cambrian of the Cadenas Ibéricas (NE Spain) and its trilobites. *Cuadernos del Museo Geominero*, 9: 137-151.
- Liñán, E. y Gozalo, R. (1986): Trilobites del Cámbrico Inferior y Medio de Murero (Cordillera Ibérica). *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, 2: 1-104.
- Liñán, E., Gozalo, R., Gámez Vintaned, J.A. y Álvaro, J.J. (1992): Las formaciones del Grupo Mesones (Cámbrico Inferior-Medio) en las Cadenas Ibéricas. En: *III Congreso Geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología, Salamanca*. Actas, 1: 517-523.
- Liñán, E., Perejón, A. y Sdzuy, K. (1993): The Lower-Middle Cambrian stages and stratotypes from the Iberian Peninsula: a revision. *Geological Magazine*, 130: 817-833.
- Liñán, E., Gozalo, R., Palacios, T., Gámez Vintaned, J. A., Ugidos, J.M. y Mayoral, E. (2002): Cambrian. En: *The Geology of Spain* (W. Gibbons y T. Moreno, eds.). The Geological Society, London, 17-29.
- Liñán, E., Gozalo, R., Dies, M.E., Gámez Vintaned, J.A., Mayoral, E., Chirivella, J., Esteve, J., Zamora, S., Zhuravlev, A.Yu. y Andrés, J.A. (2008): *Post-Conference Field Trip. Lower and Middle Cambrian trilobites of selected localities in Cadenas Ibéricas (NE, Spain). Fourth International Trilobite Conference, Trilo 08. Toledo, Spain, 2008*. Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 52 p.
- Verneuil, E. de. (1862): Descubrimiento de la fauna primordial en la provincia de Zaragoza. *Revista Minera*, 13: 479.

Excursión al Cámbrico de Murero. Primer yacimiento paleontológico español declarado Bien de Interés Cultural (BIC). (II) Paleontología.

Field trip to the Cambrian of Murero. First palaeontological site to be declared a Bien de Interés Cultural (BIC) in Spain. (II) Palaeontology.

E. Liñán¹, R. Gozalo², J.A. Andrés³, J. Chirivella², M.E. Dies Álvarez⁴, J. Esteve¹, J.A. Gámez Vintaned², E. Mayoral⁵ y S. Zamora⁶

1 Dpto. Geología (Área y Museo de Paleontología-IUCA), Fac. de Ciencias, Universidad de Zaragoza, c/ Pedro Cerbuna 12, E-50009 Zaragoza. linan@unizar.es, jorgeves@unizar.es

2 Dpto. Geología, Fac. de Biològiques, Universitat de València, c/ Dr. Moliner 50, E-46100 Burjassot (Valencia). rodolfo.gozalo@uv.es, gamez@unizar.es

3 Dpto. Geología (Área y Museo de Paleontología-IUCA), Fac. de Ciencias, Universidad de Zaragoza, c/ Pedro Cerbuna 12, E-50009 Zaragoza. linan@unizar.es

4 Dpto. Didáctica de las Ciencias Experimentales, Fac. de Ciencias Humanas y de la Educación, Universidad de Zaragoza, c/ Valentín Carderera 4, E-22071 Huesca. medies@unizar.es

5 Dpto. Geodinámica y Paleontología, Fac. de Ciencias Experimentales, Campus de El Carmen, Avda. Tres de Marzo s/n, Universidad de Huelva, E-21006 Huelva. mayoral@uhu.es

6 Department of Palaeontology, The Natural History Museum, Cromwell Road, SW7 5BD London, U.K. samuel@unizar.es

Resumen: El clásico yacimiento del Cámbrico inferior y medio de Murero (prov. de Zaragoza; Cadenas Ibérica Occidental) fue el primer Bien de Interés Cultural (BIC) de tipo paleontológico que se declaró en España, en el año 1997. En el presente trabajo se exponen los rasgos paleontológicos esenciales de este yacimiento, caracterizado por una alta diversidad paleobiológica y por la coexistencia de grupos esqueléticos y blandos, al tiempo que se dan sus características paleoecológicas.

Palabras clave: Patrimonio paleontológico, Estratigrafía, Biocronología, Paleoecología, Cadenas Ibéricas.

Abstract: The classical, lower and middle Cambrian site of Murero (Saragossa province; Cadena Ibérica Occidental) was the first palaeontological site to be declared a Bien de Interés Cultural (BIC) by the Spanish Administration in 1997. In this paper the main palaeontological characteristics of the site are given. A particular feature is the coexistence of both skeletal and soft-bodied groups. The palaeoecology of the site is also outlined.

Key words: Palaeontological heritage, Stratigraphy, Biochronology, Palaeoecology, Cadenas Ibéricas.

GRUPOS PALEONTOLÓGICOS

Murero presenta numerosos grupos paleontológicos. Entre las metafitas se encuentran las algas clorofitas (*Dalyia*) y las feofitas (*Aragonia szuyi*). Entre los metazoos, aparecen representados numerosos grupos de invertebrados con esqueleto y sin él: artrópodos (trilobites, arcnomorfos y bradorfidos), braquiópodos, equinodermos (eocrinoideos, edrioasteroideos y cincta), moluscos hiolitos, esponjas y ecdisozoos (paleoescolécidos y lobópodos xenúsidos), además de abundantes pistas fósiles.

Los trilobites son los más abundantes y mejor estudiados, con más de ochenta especies descritas en la rambla de Valdemiedes (Fig. 1). Se han publicado dos monografías clásicas sobre trilobites de Murero, la de Szuy (1961) —que también incluye localidades del resto de España— y la de Liñán y Gozalo (1986); así

como las tesis doctorales de Álvaro (1994), Dies Álvarez (2004) y Chirivella Martorell (2008). Le siguen en importancia los braquiópodos —con cinco géneros y seis especies (*Trematobolus simplex*, *T. borobiensis*, *Acrothele* cf. *bohemica*, *Dyctionina radioplicata*, “*Lingulella*”, y *Jamesella* sp.; Liñán y Mergl, 2001)— y los equinodermos. Entre los icnofósiles, las formas más características son *Planolites terraenovae* y *Sericichnus mureroensis* (Gámez Vintaned y Mayoral, 1995). El resto de los grupos se encuentra actualmente en estudio.

PALEOECOLOGÍA

El estudio de las facies ecológicas presentes en los estratos nos indica que el Cámbrico de Murero constituyó parte de un bioma marino nerítico y su correspondiente bioma sublitoral (infralitoral), cuya plataforma se hizo cada vez más profunda y calma pero

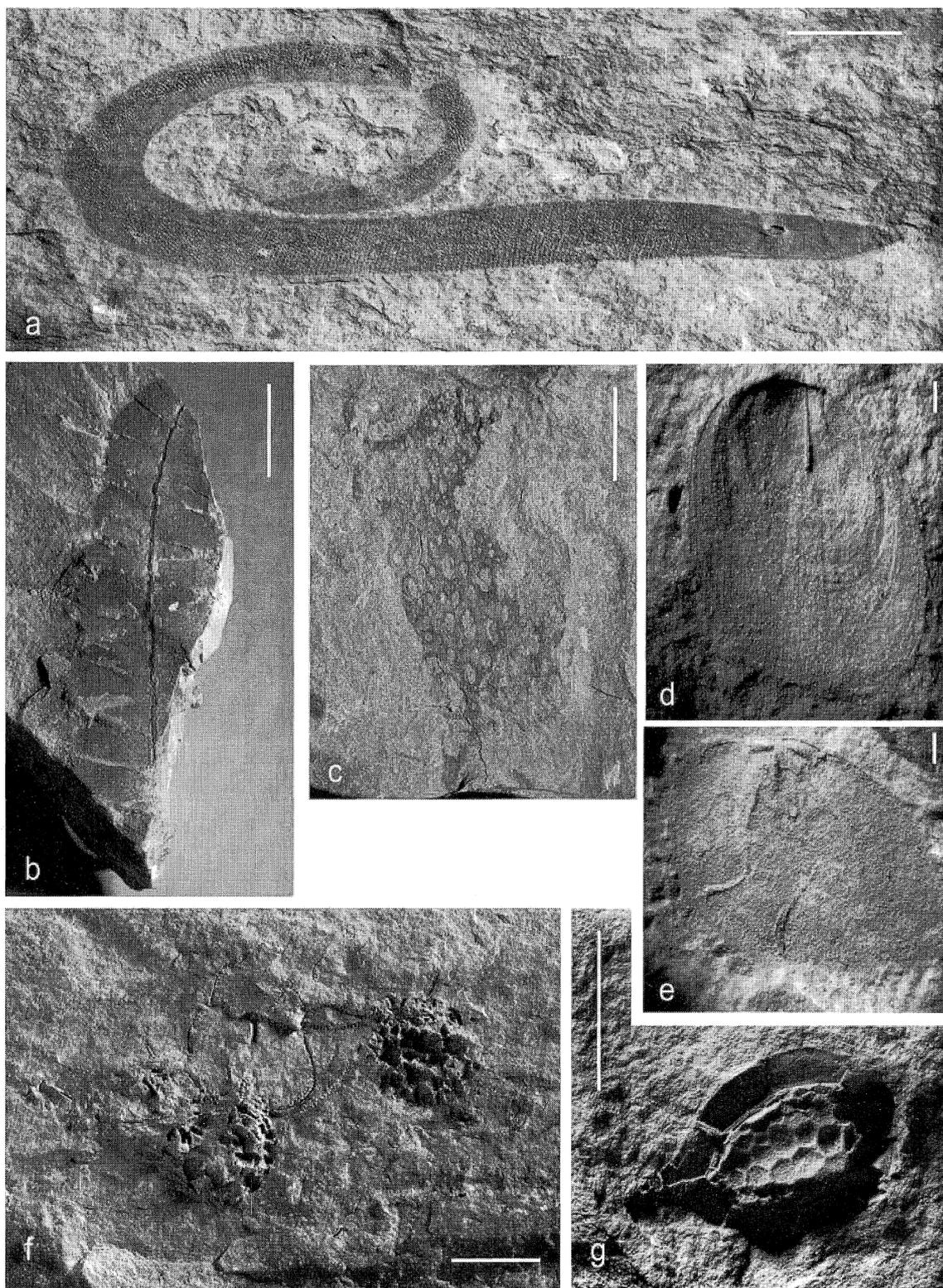


FIGURA 1. Selección de fósiles de cuerpo blando y con esqueleto procedentes del Cámbrico inferior y medio de la biota de Murero (varios yacimientos). a. *Schistoscolex* sp. nov., gusano paleoescolécido (especimen MPZ 2006/372, depositado en el Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza, España). b. *Aragonia szuyi*, alga feofita (MPZ 95/176). c. *Crumillospongia mureroensis*, porífero (ejemplar incompleto; MPZ 2008/158a). d, e. *Trematobolus simplex*, braquiópodo inarticulado (molde externo de valvaventral y molde interno de valva dorsal, respectivamente). f. *Gogia parsleyi*, eocrinoideo, vista lateral (MPZ 2004/161b, a). g. *Gyrocystis testudiformis*, cincta, vista ventral (MPZ 2006/373a). (Barra de escala = 10 mm, salvo en d y e que es de 1 mm.).

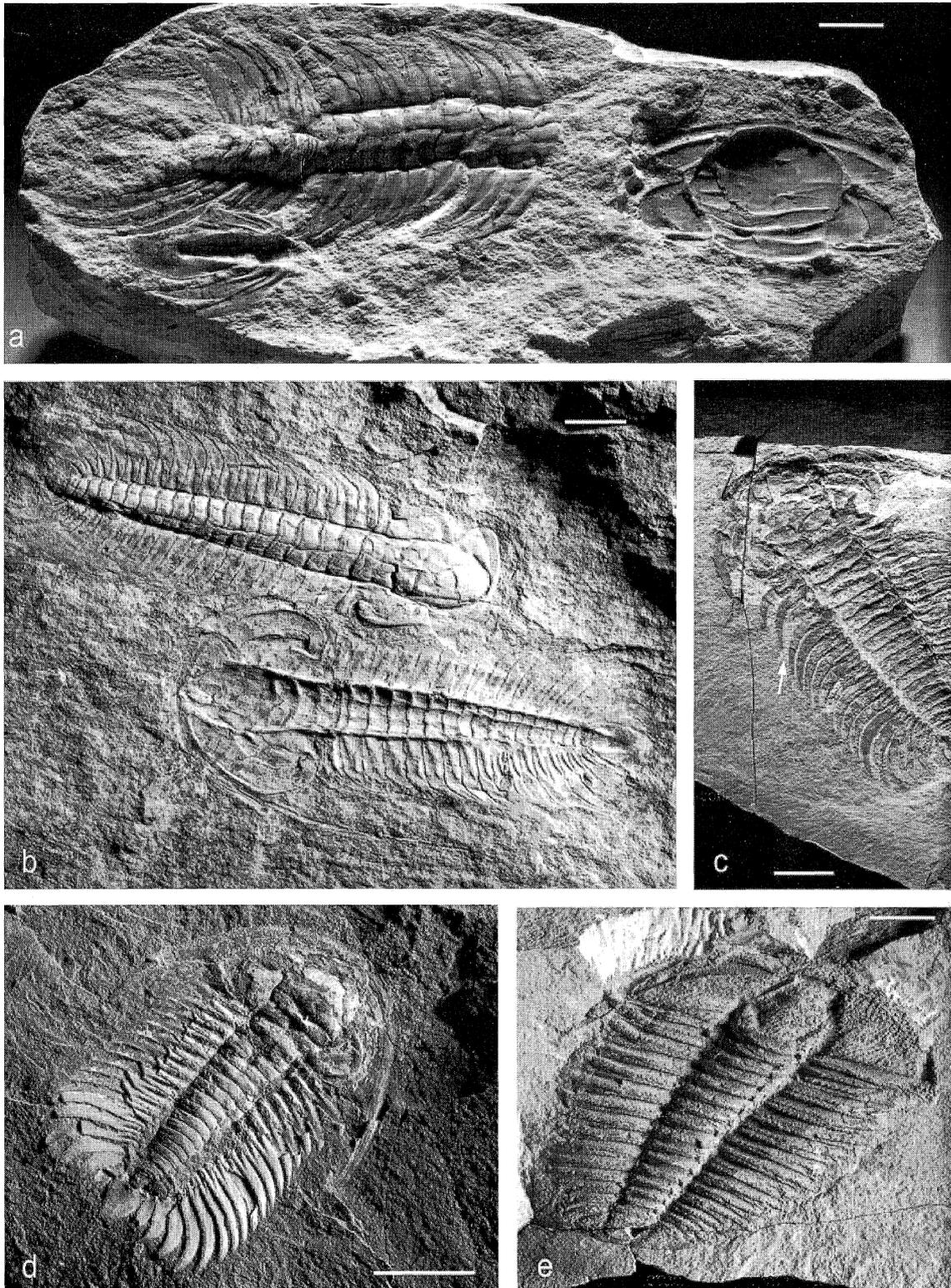


FIGURA 2. Trilobites del Cámbrico medio (Caesaraugustense) de la biota de Murero (varios yacimientos). **a.** *Eccaparadoxides sequeirosi* (muda; ejemplar MPZ 980, depositado en el Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza, España). **b.** *E. brachyrhachis* (moldes interno y externo de dos especímenes, morfotipos A y B, uno de ellos completo; pieza conocida como “los amantes de Murero”; MPZ 3004). **c.** *E. sequeirosi* (ejemplar completo con malformaciones en los primeros segmentos torácicos; MPZ 2006/375a). **d.** *E. pradoanus* (ejemplar completo; MPZ 2006/374a). **e.** *Conocoryphe (C.) heberti* (ejemplar completo; MPZ 2006/21). (Barra de escala = 10 mm.)

que nunca llegaría a alcanzar una profundidad mayor de 100 metros. Durante este tiempo hubo frecuentes oscilaciones de profundidad y cambios de energía

debido a la acción de tormentas, como indica la alternancia en las asociaciones de braquiópodos a lo largo de la sucesión y, en algunos niveles, el estudio

tafonomico de las asociaciones de trilobites y equinodermos. Durante el tiempo en que se depositaron los sedimentos y restos orgánicos que dieron lugar a los estratos fosilíferos que ahora vemos, existió una comunicación intermitente con el bioma oceánico que permitió la llegada de trilobites pelágicos del orden Agnostida que coexisten con trilobites polímeros en diversas capas a lo largo de la sucesión. La distribución de esponjas y bradorídeos indican un mar de tipo subtropical, lo que explicaría la abundancia de fósiles y la gran diversidad específica.

En la figura 3 se muestra una reconstrucción de la comunidad típica del fondo marino que existió al final del Bilbiliense y que se vería afectada por el evento de extinción Valdemiedes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución a los proyectos CGL2011-24516 (Ministerio de Ciencia e Innovación), Consolider CGL2006-12975/BTE ("MURERO") (Min. de Educación y Ciencia-FEDER-EU), Multidisciplinar PM067-2006 y Grupo Consolidado E-17 (Gobierno de Aragón). J.A.G.V. agradece la ayuda del Min. de Ciencia e Innovación (contrato Juan de la Cierva, ref. JCI-2009-05319).

REFERENCIAS

Álvaro, J.J. (1994): *El Cámbrico Inferior terminal y Medio de las Cadenas Ibéricas. Biostratigrafía y*

Paleogeografía. Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza, 231 p.

Chirivella Martorell, J.B. (2008): *Sistemática de los Trilobites, biostratigrafía y paleoecología del límite Leoniense-Caesaraugustiense (Cámbrico medio) en las Cadenas Ibéricas (NE de España)*. Tesis Doctoral, Univ. de València, 226 p.

Dies Álvarez, M.E. (2004): *Biostratigrafía y Paleoecología de la Formación Valdemiedes (límite Cámbrico Inferior-Medio) en las Cadenas Ibéricas*. Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza, 147 p.

Gámez Vintaned, J.A. y Mayoral Alfaro, E. (1995): Paleoicnología del Grupo Mesones (Cámbrico Inferior-Medio) en Murero (Cadena Ibérica Occidental, NE de España). En: *Memorias de las IV Jornadas Aragonesas de Paleontología: "La expansión de la vida en el Cámbrico"*, Libro homenaje al Prof. Klaus Sdzu (J.A. Gámez Vintaned y E. Liñán, eds.). Institución "Fernando el Católico", Zaragoza, 219-252.

Liñán, E. y Gozalo, R. (1986): Trilobites del Cámbrico Inferior y Medio de Murero (Cordillera Ibérica). *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, 2: 1-104.

Liñán, E. y Mergl, M. (2001): Lower and Middle Cambrian brachiopods from the Iberian Chains and Sierra Morena (Spain). *Revista Española de Paleontología*, 16: 317-337.

Sdzuy, K. (1961): Das Kambrium Spaniens. Teil II: Trilobiten. Akademie der Wissenschaften und der Literatur, Abhandlungen der mathematisch-naturwissenschaftlichen Klasse, 1961 (7-8): 499-690.

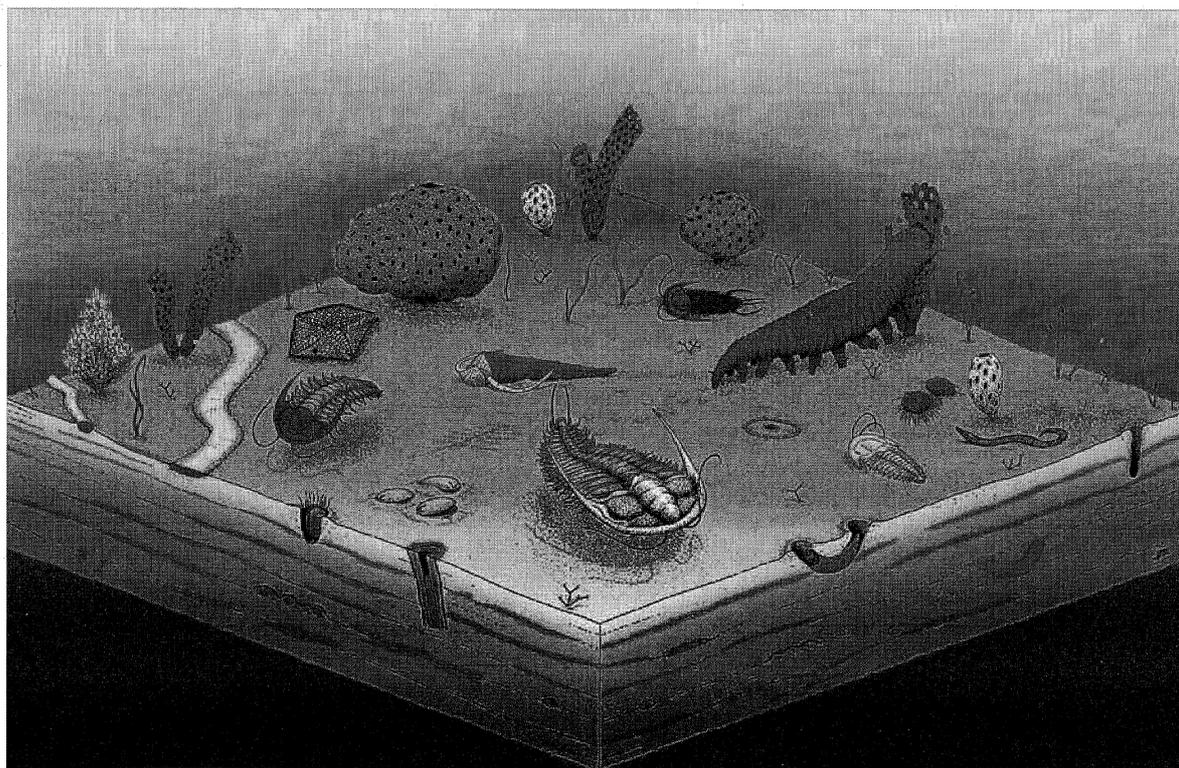


FIGURA 3. Reconstrucción de la comunidad típica del fondo marino que existió al final del Bilbiliense en Murero.

La baritina de TOBED

Osácar Soriano, M.C.¹, Pocoví Juan, A.¹ y Besteiro Ráfales, J.[†]

1 Dpto. de Ciencias de la Tierra, Univ. Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza. cinta@unizar.es, apocovi@unizar.es

Resumen: En la Cordillera Ibérica existen numerosas mineralizaciones, de sulfuros metálicos y de baritina, que fueron explotadas y abandonadas por razones económicas. La mina de baritina de Tobed fue la mayor de todas y la última en ser abandonada. Constituye un ejemplo de un tipo de minería actualmente desaparecida en esta región. Las mineralizaciones de baritina aparecen en materiales paleozoicos, con forma de filones y bolsadas, frecuentemente con contactos mecánicos y asociada a cuarzo, goethita y hematites. Los cristales de baritina, tabulares, pueden alcanzar los 10cm de longitud.

Palabras clave: Cordillera Ibérica, mineralización, minería, filones, sulfuros metálicos

Abstract: Mineralization of metal sulphides and barite occur often in the Iberian Range; they were operated and abandoned by economic reasons. The barite mine of Tobed was the biggest in size and the last to be abandoned. It is a good example of a mining style that disappeared in this area. Barite mineralization occurs in Paleozoic materials, as veins and pockets; frequently with mechanical contacts and linked to quartz, goethite and hematite. Barite tabular crystals can reach 10 cm in length.

Key words: mineralization, Iberian Range, mining, veins, metal sulphides

INTRODUCCIÓN

En la Cordillera Ibérica existen diversas mineralizaciones encajadas en materiales paleozoicos. En general, son de pequeño tamaño y han sido explotadas ocasionalmente, en función de su la variación coyuntural de su rentabilidad económica. Abundan las mineralizaciones de sulfuros metálicos (Pb, Zn, Cu), frecuentemente con ganga de baritina (BaSO_4) y de baritina exclusivamente (Cardellach et al., 1988); la explotación de los metales, debido a su pequeño tamaño, se realizó de una forma casi "artesanal" y decayó en el siglo XX.

Sin embargo, a mediados de ese siglo el interés se volvió hacia la baritina precisamente, debido a su uso en la confección de lodos de sondeos para las explotaciones petrolíferas. Durante unos años se explotaron las mineralizaciones en esta zona. Los problemas de mercado hicieron cerrar todas las explotaciones, especialmente las más pequeñas. A finales de los 80 sólo quedaba la de Tobed, la más grande de todas.

LA MINA DE TOBED

La Mina Alfonso fue explotada desde hace más de 50 años, primero por la baritina y también, ocasionalmente, por el hierro, por la empresa Minas Tobed S.A. Existió también una "Ampliación de Alfonso" y se realizaron además trabajos de exploración en zonas próximas que no llegaron a ser puestas en explotación. La actividad minera cesó totalmente hace unos años (2001-02), aunque se siguió vendiendo el material ya extraído. Actualmente existen concesiones próximas de exploración para hierro (Circonita S.L.).

Fue la mayor y la última en cerrar de todo el conjunto de explotaciones de baritina de la Cordillera Ibérica, casi todas con rasgos similares a ésta.

La explotación se realizaba por el método de galerías y cámaras y se procesaba en la planta que operaba a pie de las minas. Contigua a la mina había una planta de molienda con capacidad para 60000 TM/año, aunque su producción era muy inferior a esa cifra. En el año 1984 la producción era de 3800Tm de mineral con un 92% de pureza. El material se vendía para pigmentos y carga de papel.



Figura 1. Vista de las instalaciones de la mina en 1988, cuando aún operaba.

Actualmente la planta de molienda y todas las instalaciones mineras (Fig. 1) han sido desmanteladas, pero se pueden visitar, con la debida precaución, los huecos de los filones extraídos y todo un cortejo de pequeños filones centimétricos, sin interés económico, pero ilustrativos del tipo de yacimiento hidrotermal.

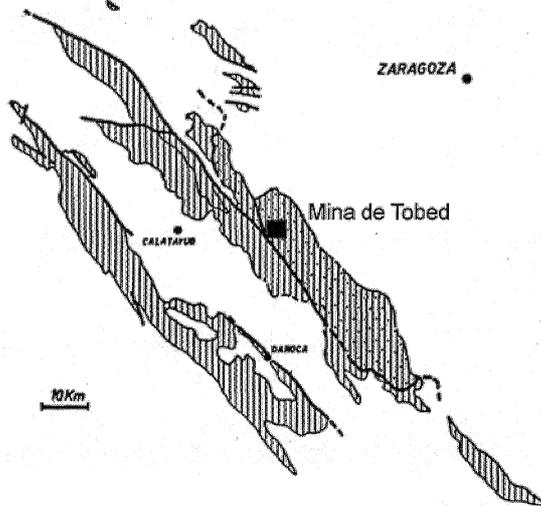


Figura 2. Situación de los afloramientos hercínicos de la Cordillera Ibérica y localización de la mina de Tobed.

CARACTERÍSTICAS DE LA MINERALIZACIÓN DE BARITINA DE TOBED

La mineralización está situada en la Sierra de Algairén, en la margen derecha del río Gúro, que corresponde a la rama aragonesa de la Cordillera Ibérica (Fig. 2). Está emplazada en el flanco occidental de un sinclinorio NO-SE, en las cercanías de la Falla de Datos, que separa la Unidad de Badules de la de Herrera, donde se localiza la mina. El encajante son pizarras y areniscas del Ordovícico. En las proximidades existen rocas volcánicas de edad Estefaniense-Pérmica.

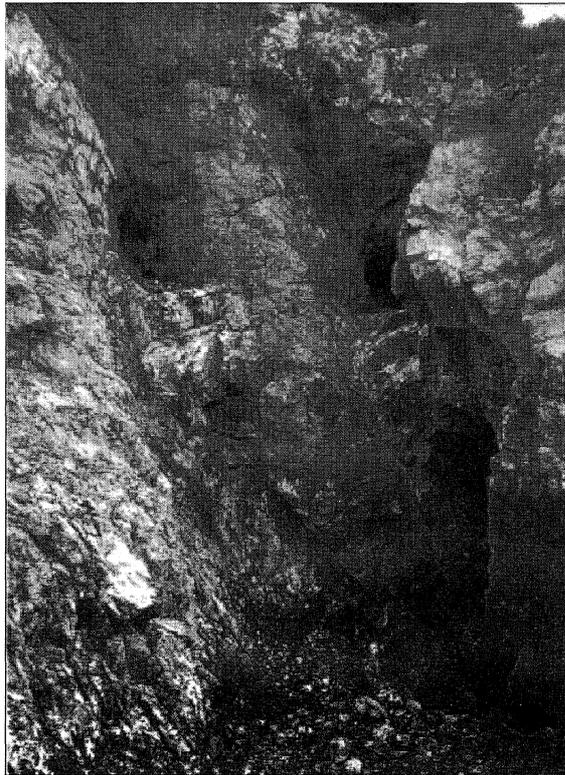


Figura 3. Vista de un filón explotado de las galerías realizadas.



Figura 4. Detalle de un filoncillo de los alrededores de la mina.

Está constituida por filones más o menos verticales, con orientación preferente NNE y de tamaños variables, desde 4 m de potencia y 100 m de longitud, que son los que se han explotado, hasta centimétricos (Figs. 4 y 5). Corresponden a cuerpos de morfologías vagamente lenticulares, con contactos mecánicos, a veces brechoideos, con el encajante; en esos contactos abundan los óxidos e hidróxidos de hierro. Existen indicios de minerales de Cu (malaquita y brochantita) en los alrededores pero no en contacto con la baritina.

El mineral se presenta como baritina radiada o masiva, asociada a cuarzo, a veces silicificada o brechificada, y ligada a cuarzo, hematites y goethita; en los filones centimétricos o en cavidades ligadas a los contactos brechificados pueden aparecer geodas de cristales de baritina de hasta 10 cm de longitud (Osácar, 1989).

El contenido en Sr de la baritina de Tobed es de 2.9 a 4.5% molar de SrSO_4 , mayor en los filones más potentes, y aumenta desde los hastiales hacia el centro, indicando la dirección de progreso del relleno.

REFERENCIAS

- Cardellach, E., Besteiro, J., Osácar, M.C. y Pocoví, J. (1988): *Boletín de la Sociedad Española de Mineralogía*, 11-2: 84-87.
- Osácar, M.C. (1989): *Las mineralizaciones de baritina de la Unidad de Herrera (Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica)*. Tesis Doctoral, Univ. de Zaragoza, 384 p.

