PUBLICACIONES DEL INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Serie: CUADERNOS DEL MUSEO GEOMINERO, Nº 20

ACTAS DE LAS XXXII JORNADAS DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Editores: Guillermo Meléndez
Alizia Núñez
Marta Tomás

MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD

Instituto Geológico
y Minero de España

ACTAS DE LAS XXXII JORNADAS DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

Editores:

Guillermo Meléndez, Alizia Núñez y Marta Tomás

Instituto Geológico y Minero de España

2016

Serie: CUADERNOS DEL MUSEO GEOMINERO. Nº 20

Sociedad Española de Paleontología. Jornadas (32. 2016. Molina de Aragón, Guadalajara)

Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología / editores, Guillermo Meléndez, Alizia Núñez, Marta Tomás. – Madrid : Instituto Geológico y Minero de España, 2016

541 p. : fig., tb. ; 24 cm. – (Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Cuadernos del Museo Geominero ; 20)

ISBN: 978-84-9138-016-0

1. Paleontología 2. Congreso 3. España I. Instituto Geológico y Minero de España, ed. II. Meléndez Hevia, Guillermo, ed. III. Núñez, Alizia, ed. IV. Tomás, Marta, ed.

56(460)

Explicación de la portada: Castillo de Zafra, fortaleza emplazada sobre una atalaya rocosa de la facies Buntsandstein en el Geoparque de la Comarca de Molina-Alto Tajo. Su aspecto inexpugnable y su posición entre los reinos de Castilla y Aragón hicieron que fuera un importante enclave estratégico durante la Edad Media. Fotografía de Guillermo Meléndez.

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

© INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID
NIPO: 728160213
ISBN: 978-84-9138-016-0
Depósito Legal: M-29946-2016
Catálogo y venta de publicaciones de la Administración General del Estado en:
http://publicacionesoficiales.boe.es/

Imprime:
DIN IMPRESORES, S.L.
c/ Cabo Tortosa, 13-15 - Pol. Ind. Borondo 28500 - Arganda del Rey (Madrid)

PRESENTACIÓN

El Instituto Geológico y Minero de España se complace una vez más en colaborar con la Sociedad Española de Paleontología en la materialización de una de sus actividades más importantes, como es la publicación del libro de actas de sus jornadas científicas anuales, que en el presente caso corresponden a su XXXII edición, celebrada en la ciudad de Molina de Aragón (Guadalajara) entre el 21 y el 24 de septiembre de 2016. Como antecedente previo, el IGME también publicó, en dos volúmenes, las actas de las Jornadas de la XV edición, celebradas en Madrid, en octubre de 1999.

El presente libro, editado en la serie monográfica Cuadernos del Museo Geominero, comprende un total de 89 aportaciones sobre distintas temáticas paleontológicas. El primer grupo se encuadra en un homenaje al Prof. Antonio Goy, director de un equipo científico que ha contribuido notablemente al conocimiento de la estratigrafía y paleontología del Jurásico de la Cordillera Ibérica. El segundo grupo temático aborda las contribuciones relacionadas con el patrimonio paleontológico, así como con la didáctica y la divulgación de la paleontología. Las restantes aportaciones se enmarcan en las divisiones clásicas de paleontología de vertebrados, paleontología de invertebrados (incluyendo en ambos casos los aspectos icnológicos), y paleobotánica y palinología. Las cuatro contribuciones finales conmemoran el 50 aniversario del libro *La Evolución* (Biblioteca de Autores Cristianos, 1966) y una aportación al Programa Internacional de Geociencias (Proyecto 596).

El IGME se siente especialmente complacido que las dos conferencias invitadas, cuyo resumen figura igualmente en este libro, hayan corrido a cargo de los investigadores de este organismo Luis Carcavilla y Samuel Zamora.

Para terminar, desde el IGME nos sentimos honrados de contribuir a la publicación de este libro de actas, recordando el compromiso que el organismo siempre ha tenido con la ciencia de la Paleontología, materializado no solo a través de la investigación que se realiza en el Museo Geominero, sino también con la difusión de los estudios paleontológicos desde la primera publicación de la Comisión del Mapa Geológico de España en 1873.

Jorge Civis Llovera
Director
Instituto Geológico y Minero de España

PRÓLOGO

En 2015, unos meses antes de la celebración de las XXXI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología, que tuvieron lugar en la bella ciudad de Baeza, organizadas por Matías Reolid y sus colaboradores, la anterior presidenta de la Sociedad, Ana Márquez, me propuso organizar las siguientes (trigésimo segundas) en algún lugar diferente de los que habían alojado las anteriores. Tras unas breves conversaciones convinimos en la posibilidad de celebrarlas en algún lugar de la geografía española en donde los valores paleontológicos cubrieran un amplio abanico, abarcando no solamente los valores científicos sino también los de patrimonial y didáctico. Yo propuse celebrarlas en la localidad de Molina de Aragón que, pese a encontrarse en una zona bastante despoblada y remota de la geografía española, aunaba una serie de elementos geológicos, geomorfológicos y paleontológicos de indudable interés. Sobre todo, contaba con la reciente denominación como Geoparque Mundial de la UNESCO, así como por su sede en la localidad de Molina de Aragón, en donde se podría contar con el apoyo de la corporación municipal; además, en el comité científico participamos algunos miembros de la Sociedad.

A partir de entonces, el proyecto echó a andar con el apoyo total de la Corporación Municipal de Molina de Aragón y un grupo de colaboradores que me han apoyado y prestado incondicionalmente su ayuda, entre los que debo destacar a Alizia Núñez, Marta Tomás, Paola Infante y Karlla Arruda, así como las alumnas que han prestado su ayuda como personal de apoyo. Igualmente, también quiero agradecer a los miembros del Comité científico, que se prestaron a revisar los trabajos presentados y, por supuesto, al Instituto Geológico y Minero de España, que aceptó encargarse de la publicación del volumen de Actas. Asimismo, al coincidir este año con el quincuagésimo aniversario de la primera edición del volumen *La Evolución*, editado en 1966 por la Editorial Católica en su serie *Biblioteca de Autores Cristianos*, se pensó en la oportunidad de realizar una sesión de homenaje a los editores, los profesores Miguel Crusafont, Bermudo Meléndez y Emiliano Aguirre. Debo agradecer a los Dres. Paul Palmqvist, Miquel de Renzi y Jorge Morales, así como a todos los que de una manera u otra, con sus aportaciones, han hecho posible la celebración de esta sesión. De este modo hemos organizado este volumen que hoy presentamos, y que trata de cubrir de manera amplia algunos aspectos de la Paleontología, que abarca desde los aspectos taxonómicos, estratigráficos y tafonómicos, hasta los didácticos, patrimoniales y sociales. Mi intención al darle este enfoque fue el tratar de armonizar los aspectos científicos y divulgativos de la Ciencia, con el claro objetivo de aunar el rigor científico con la divulgación como algo accesible y comprensible. Es obvio que si no somos capaces de transmitir nuestro conocimiento científico de un modo claro y asequible a la sociedad, difícilmente podremos luego reclamar de ésta un reconocimiento a nuestra labor.

Y sin embargo, esto no es tan difícil y puede hacerse fácilmente siempre y cuando se sepa hacer y presentar de un modo sencillo. Lo hacemos a diario con nuestros alumnos y en Zaragoza lo llevamos haciendo desde hace tiempo con la denominada *Universidad de la Experiencia*, en la que los compañeros del Área de Paleontología llevamos muchos años explicando conceptos sobre paleontología, sistemática, evolución e incluso fundamentos de genética y procesos evolutivos dirigidos o controlados por factores diversos (distintos tipos de genes), y los asistentes, pese a tener conocimientos limitados, lo entienden y nos felicitan todos los años. No es tan difícil.

Este planteamiento me llevó a proponer que la guía de campo de la excursión post-congreso fuera un punto más allá de la estricta descripción de afloramientos clave, sucesiones de grupos fósiles y discusiones sobre problemas bioestratigráficos, taxonómicos y biogeográficos, y que incluyera una parte primera, más amplia y divulgativa, en la que se discutieran los puntos de interés geológico, turístico y didáctico y de este modo, al final pudiera constituir una publicación interesante dentro del conjunto de publicaciones del Geoparque. Esta sería nuestra contribución modesta al mismo. Tras una serie de reuniones llegamos a un acuerdo de configurar una guía que pudiera ser al mismo tiempo rigurosa y divulgativa. Por todo ello debo agradecer a todos los colegas que con su participación en la misma la han hecho posible.

Por último, no debo dejar de mostrar mi sincero agradecimiento a todas las personas y corporaciones que de un modo u otro han prestado su colaboración para que la reunión haya podido salir adelante. En primer lugar a mis queridos colegas Luis Carcavilla y Samuel Zamora, que se han prestado a impartir, respectivamente, la conferencia inaugural y la de clausura, a la corporación municipal de Molina de Aragón y a las autoridades políticas que han prestado su apoyo para la celebración del congreso en esta bella localidad, poniendo a nuestra disposición todos los medios necesarios para ello, a la corporación del Museo de Molina y la sede del Geoparque, especialmente a José Manuel Monasterio, José Antonio Martínez, Sara López Lucía y el personal empleado del Museo, que han prestado su desinteresada ayuda en todo momento. Igualmente, a la corporación municipal de Fuentelsaz, que nos ha apoyado y recibido con gran amabilidad. A todos ellos mi mayor agradecimiento, y la esperanza de que esta reunión científica haya permitido contribuir de alguna manera a aportar un mayor prestigio y solidez al Geoparque de la Comarca de Molina-Alto Tajo.

No debo olvidar, por supuesto, a los miembros del Instituto Geológico y Minero de España, Jorge Civis, Isabel Rábano y Benigno Asensio, que han contribuido de modo decisivo a la publicación del libro de Actas. Igualmente, y por supuesto, a la Junta directiva de la Sociedad Española de Paleontología: a su presidenta Mª José Comas-Rengifo y al resto de miembros de la junta directiva que nos han apoyado desinteresadamente en todo momento. A todos ellos, por supuesto, mi más sincero agradecimiento.

Guillermo Meléndez
Coordinador
XXXII Jornadas de la
Sociedad Española de Paleontología

ÍNDICE

CONFERENCIAS INVITADAS

El Geoparque de la Comarca de Molina-Alto Tajo. Características identificativas. *L. Carcavilla, J.A. Martínez y J.M. Monasterio* 3

Equinodermos del Paleozoico del Norte de España. *S. Zamora* 11

SESIONES CIENTÍFICAS

Homenaje al Prof. Dr. Antonio Goy Goy: Mesozoico de la Cordillera Ibérica y otras áreas del Tethys

Asociaciones de braquiópodos del Jurásico Inferior en el sector Ibero-Levantino de la Cordillera Ibérica. *J.F. Baeza-Carratalá, F. García Joral y J.E. Tent-Manclús* 27

Los yacimientos del Barremiense superior de las "Hoces de Beteta" (Cuenca, España): contexto geológico y contenido paleontológico. *F. Barroso-Barcenilla, J. Audije-Gil, E. Barrón, M. Berrocal-Casero, H.A. Blain, A.M. Bravo, P.M. Callapez, O. Cambra-Moo, F. Escaso, C. Martín-Closas, F. Ortega, A. Pérez-García, N. del Pino, I. Prieto, J.M. Rodríguez-Lázaro, A. Ruiz-Galván, J.L. Sanz, M. Segura y P. Sevilla*. 33

La sección Cenomaniense-Turoniense de Tamajón (Guadalajara, España): contexto geológico y contenido paleontológico. *F. Barroso-Barcenilla, M. Berrocal-Casero, P.M. Callapez, B. Carenas, F. García Joral, J.F. García-Hidalgo, J. Gil-Gil, A. Goy, V.F. Santos, M. Segura y P. Sevilla* 39

Amaltheidae e Hildoceratidae (Ammonitina) del Pliensbachiense superior (Cronozona Spinatum) en las cuencas septentrionales de la Península Ibérica. *M.J. Comas-Rengifo, L.V. Duarte, F.F. Felix, A. Goy, R. Paredes y R. Silva* 47

Asociaciones de bivalvos, conodontos y foraminíferos del Triásico Medio de la Cordillera Bética y su comparación con la Ibérica. *M.J. Escudero-Mozo, J.A. Pérez-Valera, F., Hirsch, L. Márquez, A. Márquez-Aliaga, A. Pérez-López, F. Pérez-Valera y P. Plasencia* 53

Los rinconélidos (Brachiopoda, Rhynchonellida) del Jurásico Inferior de España: distribución estratigráfica y elementos de correlación. *F. García Joral, B. Andrade, J.F. Baeza-Carratalá, J. Colás, M.J. Comas-Rengifo, A. Goy y A. Rodrigo* 61

Análisis de la abundancia y diversidad de los representantes del suborden Textulariina y foraminíferos adherentes del límite Aaleniense-Bajociense en la sección de Talveila (Cordillera Ibérica, España). *L. Hernández, M.L. Canales y M.H. Henriques* 67

Middle-Upper Jurassic (Callovian to Kimmeridgian) in some points around the Tethys: analysing different examples and sedimentary environments. *G. Meléndez, J. Ramajo, R. Scherreicks, G. Fermeli, C. D'Arpa, P. Di Stefano, A. Cusumano, J.D. Yáñez, L. Sequeiros, A. Núñez and M. Tomás* 75

Patrimonio Paleontológico, Didáctica y Divulgación

La aportación científica al patrimonio paleontológico de Juan Vilanova durante sus viajes por Europa. *M.R. Alcalde-Fuentes, F. Barroso-Barcenilla y M. Segura* 81

Yacimientos paleontológicos de la Comunidad de Madrid (2000-2015), resumen de situación: I – Pleistoceno. *F. Arroyo Rey* 85

Yacimientos paleontológicos de la Comunidad de Madrid (2000-2015), resumen de situación: II – Mioceno. *F. Arroyo Rey* 89

The Bargalló teaching methodology at the early 20th century: contributions to palaeontological research and geological heritage. *J. Audije-Gil, F. Barroso-Barcenilla and M. Segura*. 95

La colección de proboscídeos fósiles del "Monte de la Abadesa" (Burgos) del Museo Geominero (IGME, Madrid): tratamientos de conservación. *E. Baeza y S. Menéndez* 101

3Dpaleo.net, una plataforma web de fósiles en 3D hiperrealista para fomentar la difusión y el conocimiento del patrimonio paleontológico. *J.L. Barco, L. Rovés, J. J. Ruiz, J.I. Canudo, J.C. García-Ramos, L. Piñuela, P. Navarro, P. Cantabrana, C. Rubio y C.J. Rubio* 107

Didactic and divulgative resources of the Middle Triassic vertebrate tracksite of Los Arroturos (Guadalajara province, Spain). *M. Berrocal-Casero, M. Arribas and J.J. Moratalla* 111

Los holotipos del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza. *J.I. Canudo*. 117

Las icnitas del Museo Numantino de Soria y su importancia para el patrimonio paleontológico. *D. Castanera, J.I. Canudo, C. Pascual y J.L. Barco* 121

Tratamiento de imágenes y análisis icnológico: aplicación al estudio de *Zoophycos* en el Mioceno del Pacífico Colombiano. *S.A. Celis, J. Dorador, F.J. Rodríguez-Tovar, C. Giraldo-Villegas y A. Pardo-Trujillo* 125

El "DINOpaseo" por El Castellar (Teruel, España): cultura científica en una población rural. *A. Cobos y L. Alcalá* 133

Caracterización del patrimonio geológico y paleontológico del atolón Messiniense de Santa Pola (SE España). *H. Corbí, I. Fierro, F. Asensio-Montesinos y A. Abellán* 139

Del campo a la vitrina: análisis de las casuísticas entre individuos-finalidad-ubicación en relación con el patrimonio paleontológico mueble. *G. Delvene, R. Jiménez, J. Vegas, I. Rábano y S. Menéndez* 145

Alternativa didáctica al estratotipo del Jurásico Inferior-Medio de Fuentelsaz (Guadalajara, España). *J.A. Díaz-Cáceres, D. Borrego Salgado, A. de Celis, J. R. Mateos-Carralafuente, I. Menéndez, F. Sanguino, F. J. León Vicente, R. Lozano-Luz y F. Blanco* 153

Base conceptual, estado de la cuestión y perspectivas de la gestión y conservación del patrimonio paleontológico. *E. Díaz-Martínez, J. Vegas, L. Carcavilla y Á. García-Cortés* 159

Valoración de lugares de interés estratigráfico y paleontológico del Cretácico de la provincia de Segovia. *P. Font, E. Díaz-Martínez y J. Gil-Gil* 165

La complejidad legislativa en el patrimonio paleontológico: el caso de los yacimientos de icnitas de La Rioja. *E. García-Ortiz y E. Fernández-Martínez* 171

La planificación de las infraestructuras: un aspecto esencial en la gestión del patrimonio paleontológico. *E. García-Ortiz y E. Fernández-Martínez* 177

Georrecursos asociados a las nuevas tecnologías: difusión de la geología de la provincia de Guadalajara. *J.A. Lebrón, A. Calonge, M.D. López Carrillo y R.E. Trinidad Teves* 183

La conservación preventiva de materiales paleontológicos. *F. Marcos-Fernández y F. Ortega* 189

Valores científicos y educativos de un nuevo Bien de Interés Cultural: el yacimiento paleontológico de Las Hoyas (Cuenca, España). *H. Martín Abad, C. Blanco Moreno, S. Barrios de Pedro, A. D. Buscalioni, J. Marugán-Lobón, F.J. Poyato Ariza, G. Delvene, J.J. Moratalla, M.A. Fregenal Martínez, R. Vullo, E. Cuesta, M. Iniesto, A. Barral y B. Gomez* 195

Entornos virtuales 3D aplicados al patrimonio paleontológico: Neógeno de Sevilla (Cuenca del Guadalquivir, España). *A.M. Martínez-Graña, I. Bajo, J.A. González-Delgado, J. Cárdenas-Carretero, M. Abad y P. Legoinha* 201

La cuenca de Engel Ela – Ramud: un nuevo yacimiento arqueopaleontológico en Eritrea. *B. Martínez-Navarro, E. Carbonell, T. Medin, O. Oms, X.P. Rodríguez-Álvarez, S. Ros-Montoya, D. Araia, L. Tsehaie y Y. Libsekal* 207

La Universidad de la Experiencia de Zaragoza y el Museo de los Mares Paleozoicos: aspectos educativos y divulgativos de la Ciencia. *G. Meléndez, Z. Herrera, E. Villas y R. Barella* 213

Uso de modelos en la catalogación, caracterización y valoración del patrimonio paleontológico plioceno de Mallorca. *B. Morey* 219

Modelos geológicos en la catalogación, caracterización y valoración del patrimonio paleontológico. El Mioceno postectónico de Mallorca. *B. Morey*. 225

Catalogación, caracterización y valoración del patrimonio paleontológico de Mallorca (Islas Baleares. Mediterráneo occidental). Propuesta metodológica. *B. Morey*. 233

Catalogación, caracterización y valoración del patrimonio paleontológico de Mallorca (Islas Baleares. Mediterráneo occidental). Resultados. *B. Morey* 239

Patrimonio geológico y paleontológico del Parque Cultural del Río Martín. *A. Núñez, M. Tomás, K. Arruda, G. Meléndez y P. Infante* 245

Los fósiles de las rocas ornamentales de Bilbao (Bizkaia, N de España) como herramienta para la didáctica de la paleontología. *A. Ordiales, B. Martínez-García y X. Murelaga* 251

El yacimiento del Cretácico Superior de Lo Hueco (Cuenca): un problema transformado en recurso cultural. *F. Ortega, A. Elvira Martín, F. Escaso, F. Marcos-Fernández, S. Martínez Bueno, I. Narváez, A. Pérez-García y J.L. Sanz* 257

Un itinerario paleoicnológico por el Prepirineo y Valle del Ebro de Aragón. *R. Rabal-Garcés, D. Castanera, A. Luzón, J.L. Barco y J.I. Canudo* 263

Pasado y presente de las colecciones históricas de macrorrestos vegetales de la Cuenca de La Cerdaña (Lérida, España). *A. Rodrigo y E. Barrón*. 269

El interés patrimonial de los yacimientos de ámbar cretácico de la Península Ibérica. *A. Rodrigo, E. Peñalver, R. López del Valle, E. Barrón y X. Delclòs* 275

Las canteras de La Garriga y su entorno (La Vall de Gallinera, Alicante, España): propuesta de uso geoturístico, didáctico y accesible. *J.R. Sendra Sáez* 281

Patrimonio geológico y paleontológico del Parque Geológico de Aliaga. *M. Tomás, A. Núñez, K. Arruda, G. Meléndez y P. Infante* 287

Puesta en valor de una colección invisible: la colección paleontológica de Aras de los Olmos (Valencia). *J.A. Villena, P. Plasencia, T. Máñez y A. García-Forner* 293

Vertebrados

Aplicación del Synchrotron X-Ray Tomographic Microscopy al estudio funcional del aparato conodontal. *H. Algora, M. Rigo, M. Mazza, N. Goudemand, P.C.J. Donoghue y C. Martínez-Pérez* 299

La asociación faunística de Barranco del Hocino 1, un nuevo yacimiento de vertebrados del Barremiense (Cretácico Inferior) de Teruel. *A. Alonso, J.M. Gasca, P. Navarro-Lorbés, C. Núñez-Lahuerta, J. Galán, J. Parrilla-Bel, C. Rubio y J.I. Canudo* 303

Un nuevo saurópodo rebaquisáurido del Cretácico Inferior (Albiense) de la Formación Rayoso (Neuquén, Argentina). *J.I. Canudo, J.L. Carballido, A. Garrido y L. Salgado* 309

Estudio icnológico en un Bien de Interés Cultural: el yacimiento El Hoyo (El Castellar, Teruel, España). *A. Cobos, L. Alcalá y F.J. Rodríguez-Tovar* 315

Datos preliminares de los micromamíferos del Pleistoceno de la Cueva de los Casares (Guadalajara). *G. Cuenca-Bescós, M. Alcaraz-Castaño, J. Alcolea-González y G.-C. Weniger* 321

Las marmotas (Mammalia) del Pleistoceno de Europa. *G. Cuenca-Bescós, J. Galán, C. Núñez-Lahuerta y R. Moya-Costa* 327

Concavenator corcovatus (Lower Cretaceous, Cuenca) under UV-light: highlighting bones and skin impressions. *E. Cuesta, F. Ortega y J. L. Sanz*. 333

Cambios de diversidad de los telodontos (Thelodonti, Agnatha) en relación a los principales eventos del Paleozoico. *H.G. Ferrón, S. Turner, B. Cascales-Miñana, C. Martínez-Pérez y H. Botella* 339

Los quirópteros del Pleistoceno Inferior de Gran Dolina (Atapuerca): nuevos datos. *J. Galán, R. Moya-Costa, C. Núñez-Lahuerta, J.M. López-García y G. Cuenca-Bescós* 341

Los yacimientos del Pleistoceno Inferior de la Cuenca de Baza y el primer poblamiento humano de Europa (II): inferencias poblacionales y estrategias de subsistencia de los homininos. *J.M. García-Aguilar, M.P. Espigares, A. Guerra-Merchán, G. Rodríguez-Gómez, J.M. Jiménez-Arenas, B. Martínez-Navarro, S. Ros-Montoya, J.A. Pérez-Claros, B. Figueirido y P. Palmqvist* 347

El registro de Nothosauria (Reptilia, Sauropterigia) del Triásico de la Península Ibérica: puesta al día e implicaciones. *C. de Miguel Chaves, F. Ortega y A. Pérez-García*. 353

Reconstrucción paleoambiental con micromamíferos del Pleistoceno Inferior de Gran Dolina (Burgos, España). *R. Moya-Costa y G. Cuenca-Bescós* 359

El estatus filogenético de los alodaposúquidos del Cretácico Superior europeo. *I. Narváez, C.A. Brochu, F. Escaso, A. Pérez-García y F. Ortega*. 365

Los yacimientos del Pleistoceno Inferior de la Cuenca de Baza y el primer poblamiento humano de Europa (I): disponibilidad de recursos e intensidad de la competencia entre los carnívoros. *P. Palmqvist, G. Rodríguez-Gómez, M.P. Espigares, S. Ros-Montoya, A. Guerra-Merchán, J.M. García-Aguilar, J.M. Jiménez-Arenas, B. Figueirido, J.A. Pérez-Claros y B. Martínez-Navarro*. 371

Diversidad y distribución del '*Erymnochelys* group' (Pleurodira, Podocnemididae) en el registro africano. *A. Pérez-García* 377

El registro europeo de Pleurodira (Testudines, Pan-Pleurodira): novedades y puesta al día. *A. Pérez-García* . . 381

Fuente Nueva 1: el registro más antiguo del Pleistoceno Inferior de Orce. *S. Ros-Montoya, B. Martínez-Navarro, M.P. Espigares, J.M. Jiménez-Arenas, J. Madurell-Malapeira y P. Palmqvist*. 387

Pterosaur flight adaptations: a paleoartistical review. *H. Salais López* 393

Breve estudio paleobiológico y paleoecológico del *Deinonychus antirrhopus. I. Segarra*. 395

The Moschidae (Mammalia, Ruminantia, Pecora) from the exceptional fossil site of Batallones-10 (Madrid Basin, MN10, Upper Miocene): preliminary overview. *A. Violero, I. M. Sánchez, M. Ríos y J. Morales* 401

Invertebrados

Foraminíferos bentónicos del Océano Atlántico durante el Eoceno inicial. *G.J. Arreguín-Rodríguez y L. Alegret* 409

Uppermost Pliensbachian-Lower Toarcian ostracod assemblages from the Tlemcen Domain (North Algeria). *S. Choukri, M. Reolid and A. Marok* 413

Origen y diversificación de los rotaloideos (foraminíferos) durante el Cretácico Superior: implicaciones paleobiogeográficas. *L. Consorti, C. Boix y E. Caus* 417

Los bivalvos y microbialitas asociadas de la sección de Las Zabacheras (Subcuenca de Galve, Teruel, España). *G. Delvene, R. Royo-Torres, R.P. Lozano, M. Munt y L. Alcalá* 421

Morphological variation in the trilobite *Maotunia iddingsis* (Walcott, 1911) from the Cambrian Series 3 of North China. *J. Esteve and M. García-Ávila.* 427

Geometric morphometric analysis in *Oryctocephalus indicus* (Reed, 1910) from China and *Oryctocephalus "reticulatus"* (Lermontova, 1940) from Siberia. *J. Esteve, Y.-L. Zhao and J. Peng* 433

Los nanofósiles calcáreos del Jurásico Inferior de la sección de E Rodiles (Asturias, España). Implicaciones bioestratigráficas y paleoecológicas. *A. Fraguas, M.J. Comas-Rengifo, A. Goy y J.J. Gómez* 439

Evidencia de *Zoophycos* en el Triásico Medio de la Cordillera Ibérica. *A. Giannetti, J.E. Tent-Manclús y J.F. Baeza-Carratalá* 445

Distribución y ecología de los ostrácodos recientes de las balsas de Bardenas Reales (Navarra, N de España). *B. Martínez-García, O. Suarez-Hernando y X. Murelaga* 451

Bioestratigrafía con ammonites del Aptiense (Cretácico Inferior) de la Formación La Peña en La Sierra del Patrón, estado de Durango, México. *J.A. Moreno-Bedmar y A. Casados-Monroy* 457

The earliest Jurassic brachiopod record in the Lusitanian Basin: palaeoecological insights. *R. Paredes, M.J. Comas-Rengifo, L.V. Duarte, F. García Joral y A. Goy* 465

Los ammonoideos del Triásico Medio de España. Implicaciones bioestratigráficas y paleobiogeográficas. *J.A. Pérez-Valera, M.J. Escudero-Mozo, A. Arche, A. Goy, J. López-Gómez, A. Pérez-López y F. Pérez-Valera* 471

Alometrías intertaxónicas y ontogenéticas entre el área del septo y el volumen del fragmocono en cefalópodos con concha espiral actuales y extintos. *J.A. Pérez-Claros, P. Palmqvist, B. Figueirido y F. Olóriz* 479

Epibionts assemblages of Late Pleistocene cold-water corals from Maldives Archipelago. *M. Reolid, J. Reolid, C. Betzler, S. Lindhorst, M.G. Wiesner and N. Lahajnar* 485

Foraminiferal assemblages and geochemical proxies for interpreting the impact of the early Toarcian oceanic anoxic event in the Lusitanian Basin (Rabaçal section, Portugal). *P. Rita, M. Reolid and L.V. Duarte* 489

Bioeventos y paleoambientes durante el Eoceno medio y superior basados en foraminíferos de Torre Cardela (Granada). *L. Rivero-Cuesta, L. Alegret y E. Molina* 493

Correlación de las escalas zonales de braquiópodos, foraminíferos y palinomorfos del tránsito Jurásico Inferior-Jurásico Medio en la Península Ibérica. Calibración con la zonación de ammonoideos. *S. Ureta, A. Goy, B. Andrade, E. Barrón, M.L. Canales, F. García Joral, M.H. Henriques, G. Martínez y J. Sandoval* 497

Paleobotánica y palinología

Asociaciones palinológicas del tránsito Triásico-Jurásico en la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (España). *E. Barrón, M.J. Comas-Rengifo, J.J. Gómez y A. Goy* 505

Endemismos de carofitas en el Cretácico y Paleógeno de Iberia. *C. Martín-Closas, A. Vicente, K. Trabelsi y J. Sanjuan* 511

Metodología de muestreo paleobotánico y sus implicaciones sobre la extensión y características de la laurisilva oligocena de Cervera. *A. Tosal y C. Martín-Closas*. 515

50 Aniversario de la publicación de *La Evolución* (B.A.C.)

Miquel Crusafont, sus circunstancias iniciales y sus primeras ideas evolucionistas. *M. de Renzi* 521

Emiliano Aguirre Enríquez. Notas biográficas. *J. Morales*. 527

Los antecedentes del libro "La Evolución": la masterometría de Crusafont y Truyols, los "Cursillos Internacionales de Paleontología de Sabadell" (1952-1958) y el desarrollo de la paleontología evolutiva en España. *P. Palmqvist* 533

Proyecto 596 del Programa Internacional de Geociencias

El Lochkoviense inferior y medio (Devónico Inferior) de la sección Segre 5. Un nuevo registro de conodontos en los Pirineos centrales españoles. *J.I. Valenzuela-Ríos y J.-C. Liao*. 539

CONFERENCIAS INVITADAS

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

EL GEOPARQUE DE LA COMARCA DE MOLINA-ALTO TAJO. CARACTERÍSTICAS IDENTIFICATIVAS

L. Carcavilla[1], J.A. Martínez[2] y J.M. Monasterio[2]

[1] Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23. 28003 Madrid. l.carcavilla@igme.es
[2] Asociación de Amigos del Museo de Molina de Aragón. Pza. San Francisco s/n. 19300 Molina de Aragón, Guadalajara.
museosdemolina@gmail.com

RESUMEN

El Geoparque de la Comarca de Molina-Alto Tajo ocupa el tercio oriental de la provincia de Guadalajara. Declarado en el año 2014, ocupa una vasta superficie prácticamente despoblada con un alto grado de naturalidad y diversos valores ambientales y culturales. El proyecto del Geoparque se desarrolló utilizando como base las experiencias de conservación, promoción y desarrollo del patrimonio geológico creadas en el Parque Natural del Alto Tajo, situado en el tercio inferior del Geoparque. El objetivo del Geoparque es extender esas acciones al resto del territorio y coordinar la labor de las diferentes administraciones, asociaciones y colectivos presentes en la zona para impulsar el crecimiento local en base al desarrollo sostenible. Una de las líneas llevadas a cabo en este periodo ha sido el impulso de la actividad científica, en especial la geológica y paleontológica, como corresponde a un Geoparque, pero también la arqueológica, que tiene un protagonismo esencial en este territorio. En el presente artículo se repasan las características principales de este territorio y se describen los objetivos y acciones desarrollados por este Geoparque.

Palabras clave: Geoparque, patrimonio geológico, España, geoconservación.

ABSTRACT

The Geopark region of Molina-Alto Tajo occupies the eastern third of the province of Guadalajara. Declared in 2014, it occupies a vast area practically depopulated with a high degree of naturalness and various environmental and cultural values. The project was developed using the Geopark experiences on conservation, promotion and development of the geological heritage implemented in Alto Tajo Natural Park located in the lower third of the Geopark. The aim of the Geopark is to extend these actions to the rest of the territory and coordinate the work of different administrations, associations and groups present in the area to boost local growth based on sustainable development. One of the lines carried out in this period has been the boost of scientific activity, especially the geological and paleontological, as befits a Geopark, but also archaeological, which plays an essential role in this area. This article describes the main features of this area and developes the objectives and actions of this Geopark.

Key words: Geopark, geological heritage, Spain, geoconservation.

INTRODUCCIÓN. LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El Geoparque de la Comarca de Molina-Alto Tajo fue declarado en el año 2014 convirtiéndose, en ese momento, en el décimo de los existentes en España, siendo el más extenso de nuestro país. La declaración del Geoparque fue la culminación de un proceso iniciado en el año 2006, cuando se puso en marcha un proyecto de divulgación geológica que, poco a poco, fue incorporando más acciones e implicando a más administraciones y agentes sociales.

Un geoparque es un territorio que presenta un patrimonio geológico notable y lleva a cabo un proyecto de desarrollo propio, generalmente basado en su promoción turística. Para ello, se define un área con unos límites claramente definidos y una superficie suficiente para implantar un proyecto de este tipo, pudiendo incluir áreas terrestres, marítimas o subterráneas. Como más adelante se explicará, fue precisamente las necesidades del proyecto de desarrollo que impulsa este Geoparque la razón de que fuera delimitada una extensión tan considerable. Es importante recalcar que un Geoparque no es una figura de protección ambiental como puede ser un Parque Nacional o Natural, sino un espacio en el que, si bien se incentiva la protección del patrimonio natural y cultural, el objetivo fundamental es impulsar su desarrollo. Por ello no impone regulaciones de usos, a pesar de que puede englobar espacios naturales protegidos, y de hecho ocurre en casi todos los geoparques españoles.

El Geoparque de la Comarca de Molina-Alto Tajo se sitúa en el interior de la Península Ibérica, abarcando un total de 77 términos municipales de la provincia de Guadalajara (Fig. 1). La localidad más importante en población es Molina de Aragón, situada aproximadamente en el centro del territorio del Geoparque. Corresponde totalmente con la comarca del mismo nombre, también llamada Señorío de Molina, y que es una de las cuatro comarcas naturales que conforman la provincia de Guadalajara.

Figura 1. Ubicación del Geoparque de la Comarca de Molina-Alto Tajo sobre un mapa de las comunidades autónomas españolas (se ha resaltado el área del geoparque).

El área del Geoparque abarca 4.186,9 km^2 poblados tan sólo por algo más de 10.000 habitantes, de los cuales un tercio viven en Molina de Aragón. La densidad de población es de tan sólo 2,4 habitantes por km^2. Esta extensa zona presenta una total continuidad geográfica y paisajística, sin elementos antrópicos de gran envergadura que fragmenten o dividan el territorio. Así que la naturalidad es una de las principales características de este territorio, por lo general bien conservado, y donde hombre y naturaleza conviven en un aceptable equilibrio.

Figura 2. Territorio del Geoparque propuesto y términos municipales englobados.

PATRIMONIO NATURAL

El territorio del Geoparque engloba algunas de las áreas con mayor valor natural de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha (González-Martín *et al.*, 2000).

La característica geológica más singular del Geoparque es su notable geodiversidad, en la que destaca la presencia de importantes series estratigráficas del Silúrico, Ordovícico, Triásico, Jurásico y Cretácico. Entre ellas destacan las del Silúrico

inferior, Triásico inferior y Jurásico medio, que constituyen referentes bioestratigráficos mundiales (Goy *et al*., 1996; Álvaro *et al.,* 2007; Castro *et al*., 2008; Gómez *et al*., 2008; Gutiérrez-Marco *et al*., 2008). Cabe destacar que el primer *Global Stratotype Section and Point (GSSP)* declarado en España fue la sección de Fuentelsaz, del límite Toarciense-Aaleniense en el año 2000 (Cresta *et al*., 2001) y recientemente declarado Monumento Natural. También la diversidad litológica es notable, con afloramientos de pizarras, cuarcitas, conglomerados, areniscas, calizas, dolomías, arenas, tobas calcáreas y dacitas. Destaca la presencia de niveles ricos en minerales como jacintos de Compostela y aragonito. Precisamente el nombre de este último hace honor a la Comarca de Molina de Aragón, lugar del que procedían los primeros ejemplares descritos (Jiménez *et al.,* 2005). También están presentes niveles ricos en fósiles, entre ellos uno de los yacimientos más importantes de la Península Ibérica de graptolitos (Gutiérrez-Marco *et al.,* 2001, 2008), a los que añadir numerosos yacimientos de invertebrados mesozoicos. Desde el punto de vista histórico, es importante recalcar que el primer tratado de paleontología en español centró sus estudios en la región del Señorío de Molina (Torrubia, 1754), describiendo multitud de fósiles recogidos en esta región (Goy *et al.,* 1999). El territorio del Geoparque engloba varios "geosites" o lugares de interés geológico de relevancia mundial (García-Cortés, 2008), como afloramientos permotriásicos (Ramos *et al.,* 1986; Sopeña *et. al*, 1989, 2008; Sánchez-Moya *et al.,* 2004) y secciones del Ordovícico y Silúrico (Gutiérrez-Marco *et al.,* 2002, 2013).

La variedad de elementos geomorfológicos proporciona a este territorio una diversidad paisajística y, como se verá más adelante, un excepcional interés de cara a la divulgación e interpretación de los recursos geológicos. Los ejemplos más destacados son los cañones fluviales y fluviokársticos, relieves ruiniformes en areniscas y conglomerados, manifestaciones kársticas de diverso tipo como cavidades, dolinas, poljés, surgencias o edificios tobáceos de grandes dimensiones. A esto hay que sumar la presencia de cascadas y lagunas de agua dulce y salobre, así como diversas manifestaciones periglaciares como turberas y ríos de bloques. Por otro lado, la existencia de importantes accidentes tectónicos y espectaculares pliegues da lugar también a un notable modelado estructural, acentuado en algunos lugares por la alternancia de materiales con diferente resistencia a la erosión y por el encajamiento de la red fluvial de manera transversal a las principales estructuras tectónicas.

La vegetación del Geoparque puede considerarse como "de encrucijada" (Martín-Herrero *et al*., 2003; Ferero *et al*., 2006). Especies más frecuentes en el norte peninsular, en el Sistema Central y en las zonas más levantinas del Sistema Ibérico, se mezclan aquí ofreciendo una gran diversidad botánica. Tanto es así, que más del 20% de las especies de la Península Ibérica se encuentran representadas en el territorio del Geoparque. Por ello, en el territorio se incluyen seis espacios de la Red Natura 2000 que ocupan más de la mitad de la extensión del Geoparque (Ruiz *et al.*, 2009). Son las Zonas de Especial Conservación (en adelante ZEC) de los Sabinares rastreros de Alustante-Tordesilos y de los Montes de Picaza; y las ZEC y Zonas de Protección para las Aves (en adelante ZEPA) de Alto Tajo, Parameras de Maranchón, Hoz del Mesa y Aragoncillo, Lagunas y Parameras del Señorío de Molina, y Sierra de Caldereros.

Es esta diversidad biológica, geológica y topográfica la que origina distintos conjuntos paisajísticos significativos, como cañones fluviales, laderas de pinar, parameras ocupadas por extensos y vetustos sabinares, anchos fondos de valles, salinas y abruptas sierras, entre otros. Además, la altitud y situación del Alto Tajo influyen decisivamente en el clima, caracterizado por su marcada continentalidad, con temperaturas frescas y moderadas precipitaciones. Inviernos rigurosos y fríos y veranos cortos y suavizados por la altitud y los cursos de agua, con una pluviometría relativamente escasa, son sus principales rasgos.

PATRIMONIO CULTURAL

Además de su espectacular patrimonio natural, el Geoparque atesora un importante patrimonio cultural. Buscar la relación entre patrimonio natural y cultural, aprovechando sus relaciones, es uno de los objetivos del geoparque. Destacan dos enclaves catalogados como Patrimonio Cultural de la Humanidad por la UNESCO en 1998. Son los denominados Rillo I y Rillo II y se engloban dentro del Bien Arte Rupestre del Arco Mediterráneo de la Península Ibérica. Forman parte del conjunto de arte rupestre más extenso de Europa y constituyen una imagen excepcional de la vida humana en un periodo fundamental de la evolución cultural de la humanidad.

Además, en el área se encuentran censados 13 Bienes de Interés Cultural. Se trata de yacimientos arqueológicos, cuevas que albergan grabados rupestres, monumentos y otros bienes relacionados con la explotación de las salinas o que son ejemplos de arquitectura religiosa (iglesias) y civil (casas fuertes). Por otro lado, prácticamente todos los municipios albergan en su término alguna manifestación de patrimonio cultural tangible y monumental. Por otro lado, la región cuenta con abundantes recursos etnográficos presentes en la región son varios, en su mayoría relacionados con la agricultura, la ganadería y las explotaciones de minerales y de la sal.

EL PROCESO DE DECLARACIÓN DEL GEOPARQUE: FORTALEZAS Y DEBILIDADES

El proyecto para la declaración del Geoparque se inició en el año 2006 y concluyó ocho años después con la aceptación en la Red Europea de Geoparques (en adelante EGN). Durante estos años se fueron desarrollando diversas acciones que conformaron la configuración actual del proyecto del Geoparque. Por otro lado, la declaración del Geoparque se vio ralentizada por la norma de la EGN por la que sólo se evalúan dos candidaturas por país y año. La existencia en ese momento de varios proyectos, algunos de los cuales tuvieron dificultades por lo que su evaluación se prolongó en el tiempo, provocaron que el Geoparque de Molina tardara casi tres años en ser evaluado. Por último, el Comité de Coordinación de la EGN pidió explicaciones adicionales para asegurarse de que el territorio de Molina-Alto Tajo tenía características geológicas no representadas ya por el existente Geoparque de Maestrazgo, lo que requirió la realización de unos informes adicionales por parte de dos expertos independientes y el consiguiente retraso adicional de la declaración definitiva.

El germen del Geoparque fue el proyecto Geo-rutas del Parque Natural del Alto Tajo. Este proyecto tenía como objetivo dotar al espacio protegido de un conjunto de recursos de interpretación geológica, así como la puesta en marcha de medidas de geoconservación. Como resultado, se creó una red nueve rutas de interpretación geológica autoguiadas (con un total de 120 kilómetros y 91 paradas equipadas con paneles y placas), una colección de diez folletos para visitar estas rutas, una guía geológica del Parque Natural (Carcavilla *et al.*, 2008) y diversa información geológica en los cuatro centros de interpretación del Parque Natural.

En realidad, desde su proceso de declaración en el año 2000, el Parque Natural del Alto Tajo funcionó, en líneas generales, de manera muy similar a un Geoparque. Sin embargo, fuera del Parque Natural y dentro de la comarca existen lugares de interés geológico, a veces muy próximos, en los que no se puede actuar por quedar fuera del perímetro del espacio natural protegido. Con la declaración del Geoparque se pretendía extender a una zona más amplia los beneficios y oportunidades de geoconservación, divulgación y desarrollo que ofrece el Parque, lo que ayudaría a conservar y utilizar a estos destacados lugares de interés geológico situados en las inmediaciones del Parque Natural. Por otro lado, el Museo Comarcal de Molina lleva más de diez años promocionando el aprovechamiento y conservación del patrimonio paleontológico y cultural. Coordinar esta prolífica actividad divulgativa y de promoción con los instrumentos de gestión del territorio puestos en marcha en el Parque Natural permitiría aunar esfuerzos y conseguir una gestión más eficaz, al tiempo que permitiría exportar la gestión exitosa del territorio fuera del perímetro protegido.

El objetivo final de este Geoparque es impulsar el desarrollo en una comarca que presenta índices de despoblación alarmantes. Se trata de aprovechar estructuras administrativas ya existentes para impulsar de manera coordinada acciones que permitan conservar, promocionar y explotar de manera sostenible el rico patrimonio natural y cultural que atesora. Para ello, el Geoparque aglutina en su organismo de gestión a todas las administraciones implicadas en el territorio: todos los ayuntamientos, Diputación Provincial de Guadalajara y Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, así como la Asociación de Desarrollo Rural Molina-Alto Tajo (ADR Molina-Alto Tajo) y las asociaciones locales de empresarios. Este es sin duda uno de los puntos fuertes del Geoparque: aglutina a todas las instituciones y agentes implicados en el territorio para coordinar su labor.

El proyecto del Geoparque Comarca de Molina-Alto Tajo se basaba en mostrar el enorme patrimonio natural, cultural y etnográfico de este territorio, que aúna una rica historia y un impresionante entorno natural poco alterado, en el que geología juega un papel esencial en la configuración del paisaje y la realidad social de esta región. Si hay algo

que caracteriza a este territorio es su geodiversidad y biodiversidad en un excelente estado de conservación, sobre e que se asienta un rico patrimonio cultural. Si a este hecho se suma la espectacularidad de sus paisajes y el enorme potencial didáctico de muchos de sus afloramientos y enclaves, se entiende por qué este territorio es ideal para plantear un proyecto de Geoparque. Ese es otro punto fuerte del proyecto: el gran patrimonio natural y cultural que atesora y que es, en gran medida, un desconocido, por lo que se puede impulsar su visita como "descubrimiento" de una nueva región.

Otro de los puntos clave del proyecto es el Comité Científico Asesor (figura basada en una análoga existente en el Geoparque de Sobrarbe), que apoya científicamente a los responsables y está integrado por más de 30 especialistas en diversas disciplinas como geología, botánica, arqueología, geografía y gestión de áreas protegidas, entre otras, y vinculados a diversos centros de investigación, universidades y centros de enseñanza secundaria.

EL GEOPARQUE DÍA A DÍA

La declaración de un geoparque se basa en tres principios básicos: 1) la existencia de un patrimonio geológico que sirva de protagonista y eje conductor; 2) la puesta en marcha de iniciativas de geoconservación y divulgación, y 3) la potenciación del desarrollo socioeconómico y cultural a escala local. De esta manera, este Geoparque se fundamenta en sus singularidades geológicas pero no limitarse exclusivamente a ellas, sino que debe explorar, desarrollar y promover las relaciones entre su patrimonio geológico y todos los demás valores de su territorio (ya sean naturales, históricos, arqueológicos, culturales o etnológicos) presentes en la zona.

En el caso de Molina-Alto Tajo, la coordinación del Geoparque se realiza desde el Museo de Molina de Aragón, que desarrolla desde hace más de diez años una intensa labor divulgativa de Paleontología, Arqueología y Geología, con exposiciones, publicaciones, seminarios y muchas otras actividades. El Museo cuenta con una exposición permanente (Museo de la Vida) y con colecciones paleontológicas, arqueológicas, de fauna y entomología. Además, el Museo promueve inventarios de yacimientos paleontológicos y arqueológicos en la zona y excavaciones para recuperar ejemplares en lugares amenazados de destrucción o expolio, que luego son expuestos en la colección del Museo.

El Geoparque está gestionado por el Comité Ejecutivo, del que forman parte las administraciones competentes en el territorio, el Grupo de Acción Local y las asociaciones de empresarios. Este Comité recibe las sugerencias del Comité Científico, que se reúne una vez al año para elegir las acciones que se consideran más importantes. Por último, el equipo gestor del Geoparque pone en marcha las acciones que el Comité Ejecutivo le encomienda.

Las principales actividades del Geoparque se refieren a la divulgación de sus valores patrimoniales mediante la promoción y organización de actividades turísticas, recreativas y empresariales. La principal herramienta de difusión es una página web en la que se publicitan las actividades (http://www.geoparquemolina.es). También se trabaja en la edición y preparación de materiales específicos, como la Guía Turística del Geoparque (Perruca, 2015) que, como el resto de los materiales, está descargable gratuitamente en la página web (http://www.geoparquemolina.es/web/guest/guia-turistica).

REFERENCIAS

Álvaro, J.J. y Gutiérrez-Marco, J.C. 2007. Field trip to the Ordovician-Silurian transition of the Paleozoic inliers of Teruel and Guadalajara provinces, Spain. En: Álvaro, J.J. & Villas, E. (Eds.): *IGCP Project 503. Regional Meeting and Field-trip Zaragoza 2007*. Publicaciones Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 38-43.

Carcavilla, L., Ruiz López de la Cova, R. y Rodríguez, E. 2011. *Guía geológica del Parque Natural del Alto Tajo.* Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 296 pp.

Castro, J.M., García, Á., Gómez, J.J., Goy, A., Molina, J.M., Ruiz Ortiz, P.A. y Sopeña, A. 2009. Sucesiones mesozoicas de las cordilleras bética e ibérica. En García-Cortés, Á. (Ed.): *Contextos Geológicos españoles. Una aproximación al patrimonio geológico español de relevancia internacional*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 73-90.

Cresta, A., Goy, A., Ureta, S., Arias, C., Barrón, E., Bernard, J., Canales, M.L., García Joral, F., García-Romero, E., Gialanella, P.R., Gómez, J.J., González, J.A., Herrero, C., Martínez, G. Osete, M.L., Perilli, N y Villalaín. 2001. The Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Toarcian-Aalenian Boundary (Low-Middle Jurassic). *Episodes,* 24, 3.

Ferrero, L.M., Montouto, Ó. y Herranz, J.M. 2006. *Flora amenazada y de interés del Parque Natural del Alto Tajo.* Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo, 296 pp.

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

Gómez, J.J. y Canales, M.L. 2008. Un mar subtropical del Jurásico en Guadalajara. En Calonge, A. y Rodríguez, M. (Eds.): *Geología de Guadalajara*. Universidad de Alcalá de Henares, Obras Colectivas Ciencias 03, 109-121.

González Martín, J.A. y Vázquez González, A. (Coords.) 2000. *Guía de los espacios naturales de Castilla-La Mancha.* 5ª edición. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Toledo, 740 pp.

Goy, A., Rodrigo, A., Bernard, J., Comas-Rengifo, M.J. y García Joral, F. 1999. Tras las huellas de Torrubia (1698-1761) por el Señorío de Molina. *Temas Geológico-Mineros,* 26. Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 655-682.

Goy, A., Ureta, S., Arias, C., Barrón, E., Bernard, J., Canales, M.L., García Joral, F., Gialanella, P.R., Gómez, J.J., Herrero, C., Martínez, G. Osete, M.L., Perilli, N. y Villalaín. 1996. The Toarcien/Aalenien trnasition in Fuentelsaz Section. En Ureta, S. (Coord.), *Fieldtrip Iberian Range Guide-book (1st Toarcian 4th Aalenian Working Groups Meeting*, 51-77. Departamento de Paleontología. Universidad Complutense de Madrid.

Gutiérrez-Marco, J.C., Herranz, P., Pieren, A.P., Carls, P. y Rábano, I. 2008. Los sedimentos paleozoicos del viejo continente de Gondwana. En Calonge, A. y Rodríguez, M. (Eds.): *Geología de Guadalajara*. Universidad de Alcalá de Henares, Obras Colectivas Ciencias 03, 75-93.

Gutiérrez-Marco, J.C., Rábano, I., Herranz, P., San José, M.A. de, Sarmiento, G.N. y Pieren, A.P. 2001. La sección de Checa (Guadalajara), un referente bioestratigráfico mundial para el Silúrico inferior. *V Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico*, Universidad de Murcia, 21.

Gutiérrez-Marco, J.C., Rábano, I., Sá, A.A. y Carcavilla, L. 2013. Sedimentos glaciomarinos del Ordovícico terminal en el Geoparque candidato de Molina-Alto Tajo (Guadalajara): protección y difusión de un LIG de rango internacional. En Vegas, J., Salazar, Á., Díaz-Martínez, E. y Marchán, C. (Eds.): *Patrimonio geológico: un recurso para el desarrollo*. Cuadernos del Museo Geominero, 15. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 241-250.

Gutiérrez-Marco, J.C., Robardet, M., Rábano, I., Sarmiento, G.N., San José Lancha, M.A., Herranz Araújo, P. y Pieren Pidal, A.P. 2002. Ordovician. En Gibbons, W. y Moreno, M.T. (Eds), *The Geology of Spain*. The Geological Society, London, 31-50.

Jiménez, R., Calvo, M., Martínez Palomares, M.A. & Morgues, R. 2005. Yacimientos de aragonito del Triásico Español. *Bocamina. Revista de minerales y yacimientos de España*, 16, 93 pp.

Martín Herrero, J., Cirujano, S. y Moreno-Pérez, M. 2003. *La vegetación protegida en Castilla-La Mancha. J*unta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Ciudad Real, 375 pp.

Ramos, A. Sopeña, A. y Pérez-Arlucea, M. 1986. Evolution of Buntsandstein fluvial sedimentation in the northwest iberian ranges (central Spain). *Journal of Sedimentary Petrology,* 56 (6), 862-875.

Ruiz, R. y Serrano, C. 2009. *La Red Natura 2000 en Castilla-La Mancha*. Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, Madrid, 283 pp.

Sánchez-Moya, Y. y Sopeña, A. 2004. El *rift* mesozoico ibérico. En Vera, J.A. (Ed.), *Geología de España*. Instituto Geológico y Minero de España y Sociedad Geológica de España, Madrid, 484-522.

Sopeña, A. y Sánchez Moya, Y. 2008. Pérmico y Triásico. En Calonge, A. y Rodríguez, M. (Eds.), *Geología de Guadalajara*. Universidad de Alcalá de Henares, Obras Colectivas Ciencias 03, 95-107.

Sopeña, A., Ramos, A. y Pérez-Arlucea, M. 1989. *Permian and Triassic Fluvial systems in Central Spain*. Exc. Guidebook, 2. 4th. Inter. Confer. Fluvial Sedim. Spain. Servei Geol. Catalunya, 82 pp.

Torrubia, J. 1754. *Aparato para la historia natural española*. Edición facsímil del Instituto Tecnológico Geominero de España, 1994. Madrid, 204 pp

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

EQUINODERMOS DEL PALEOZOICO DEL NORTE DE ESPAÑA

S. Zamora[1, 2]

[1] Instituto Geológico y Minero de España, Manuel Lasala, 44, 9ºB, 50006, Zaragoza, España. s.zamora@igme.es
[2] Department of Paleobiology, National Museum of Natural History, Smithsonian Institution, Washington DC, 20013–7012, USA

RESUMEN

El norte de España (Cadenas Ibéricas y Cordillera Cantábrica) alberga algunas de las secuencias Paleozoicas más completas de Europa con fósiles abundantes en muchas formaciones. Las faunas de equinodermos tienen una gran relevancia internacional en términos de su sistemática, paleoecología y paleobiogeografía. Durante el Cámbrico los equinodermos son diversos e incluyen representantes de cinctas, ctenocistoideos, eocrinoideos, rombíferos primitivos, estilóforos y edrioasteroideos, que vivieron en sustratos siliciclásticos poco consolidados. En el Ordovícico se han encontrado crinoideos, blastozoos (cistoideos y coronoideos) y ejemplares muy raros de solutos, estilóforos y asterozoos. Las faunas son muy diversas en el Ordovícico Superior y ayudan a comprender cómo la diversidad fluctuó atendiendo a cambios climáticos importantes como el evento Boda de calentamiento global o la glaciación de finales del Ordovícico. Esta última dio lugar a una de las mayores crisis bióticas que se conocen. Las faunas del Silúrico se recuperaron lentamente de la extinción de finales del Ordovícico y están representadas por unas pocas asociaciones de crinoideos de baja diversidad y ejemplares muy raros de ofiuroideos. Durante el Devónico se produce otro pico importante de diversidad coincidiendo con unas condiciones climáticas más cálidas, mayor productividad carbonatada y desarrollo de episodios arrecifales. Los crinoideos y blastoideos son abundantes y diversos en la Cordillera Cantábrica. Otros grupos como los ofiuroideos, equinoideos y edrioasteroideos también están presentes pero son muy raros. Los equinodermos Carboníferos han sido muy poco estudiados pero los pocos datos disponibles indican que las asociaciones están formadas por crinoideos, blastoideos, equinoideos y ofiuroideos. Estas faunas son las más modernas de todo el Paleozoico español.

Palabras clave: Equinodermos, evolución, diversidad, Paleozoico, clima.

ABSTRACT

The North part of Spain (Iberian Chains and Cantabrian Mountains) contains some of the most extensive and fossiliferous Palaeozoic outcrops in Europe, including echinoderm faunas that are internationally significant in terms of systematics, palaeoecology and palaeobiogeography. Cambrian faunas are diverse and well represented, including cinctans, ctenocystoids, eocrinoids, early glyptocystitids, stylophorans and edrioasteroids that lived in siliciclastic soft substrates. Ordovician rocks contain crinoids, blastozoans (cystoids, coronoids) and rare solutans, stylophorans and asterozoans. Faunas from this period are relatively diverse in the Upper Ordovician and help understanding how diversity fluctuates in response to critic climate changes such as the global warming Boda Event or the latest Ordovician glaciation. The later gave rise to one of the most dramatic extinction events in the history of life. Silurian faunas recovery slowly in the aftermath of the late Ordovician extinction and only low diversity assemblages of crinoids and very rare ophiuroids have been recorded. Devonian marks another peak of diversity coinciding with warmer temperature,

carbonate productivity and development of several reef episodes. Crinoids and blastoids are widely represented in the Cantabrian Mountains, while other groups such as asterozoans, edrioasteroids and echinods are rare. Carboniferous echinoderms are understudied but few available data suggest they include crinoids, blastoids and rare echinoids and ophiuroids. They represent the youngest Palaeozoic echinoderm faunas from North Spain.

Key words: Echinoderms, evolution, diversity, Palaeozoic, clime.

INTRODUCCIÓN

El Paleozoico del Norte de la Península Ibérica (Cadenas Ibéricas y Cordillera Cantábrica) presenta un registro muy completo de equinodermos fósiles que abarca desde el Cámbrico inferior hasta el Carbonífero (Zamora *et al*., 2015). La primera especie descrita data de 1850, cuando De Verneuil describió el crinoideo *Pradocrinus baylii* De Verneuil, 1850 encontrado en Colle (León). Una década más tarde Prado *et al*. (1860) describieron el cincta *Trochocystites bohemicus*?, n. sp. (sic!) en el Cámbrico situado entre Sabero y Boñar (León). Desde entonces los avances en el estudio de los equinodermos del Norte de España han sido notables y a día de hoy existe un conocimiento razonable de las especies que aparecen en el Paleozoico. En este trabajo sólo se pretende resumir de manera somera los grupos de equinodermos que se conocen en el Paleozoico Nord ibérico y las formaciones donde aparecen; además se explicará la importancia que tienen algunos de estos grupos a nivel mundial.

CÁMBRICO

El Cámbrico es un periodo crítico para los equinodermos ya que aparecen durante el piso 3 y se registra su primera diversificación en los pisos 5 y Drumiense (Zamora *et al*., 2013a). El primer grupo de equinodermos cámbricos conocidos en España fueron los cincta Prado *et al*. (1860). Posteriormente, Gislen (1927) describe el cincta *Decacystis hispanica* n. gen. n. sp. [actualmente considerado como sinónimo subjetivo más reciente de *Gyrocystis platessa* de acuerdo con Friedrich (1993)]. Schroeder (1973) define la especie *Gyrocystis*? *melendezi* (actualmente *Undatacinctus melendezi sensu* Smith y Zamora, 2009). El mayor auge para el conocimento del grupo se produce en la década de los 90, cuando Friedrich (1993) incluye numerosos yacimientos y especies españolas nuevas en su tesis doctoral, y Sdzuy (1993) realiza un trabajo muy interesante describiendo las especies más antiguas del registro a nivel mundial procedentes de las secciones de Porma y Soto de Caso (situadas en León y Asturias, respectivamente). Clausen (2004) describió el segundo grupo de equinodermos conocido en el Cámbrico del norte de España, definiendo la especie de eocrinoideos *Rhopalocystis*? *mesonesensis* basándose en placas aisladas que corresponden a la base de la teca encontradas en la Formación Valdemiedes (Cadenas Ibéricas) de edad Bilbiliense. Cabe destacar aquí que Ubaghs y Vizcaïno (1991) ya habían descrito este grupo en la zona de Alanís (Sevilla) tras encontrar ejemplares articulados que representan uno de los registros más antiguos a nivel mundial de edad Marianiense (Serie 2 del Cámbrico). Zamora (2009) centró su tesis doctoral en el estudio de los equinodermos cámbricos de las Cadenas Ibéricas y la Zona Cantábrica y cita por primera vez la presencia de ejemplares articulados de edrioasteroideos, estilóforos y ctenocistoideos, grupos que nunca se habían encontrado en esta región. Además describe diversas especies de eocrinoidoes y cincta. Entre los cincta destaca la descripción del nuevo género *Lignanicystis barriosensis* Zamora y Smith, 2008 encontrado en la Formación Oville (Languedociense) de los Barrios de Luna (León) (Fig. 1A), *Protocinctus mansillaensis* Rahman y Zamora, 2009 recogido en la Formación Mansilla (Leoniense) y considerado como el cincta más antiguo conocido y de *Graciacystis ambigua* Zamora *et al*., 2013b de la Formación Murero (Caesaraugustiense), el primer cincta que permite conocer la ontogenia del grupo. Los dos últimos géneros fueron encontrados en el yacimiento de Purujosa (Cadenas Ibéricas). Además se citan numerosas especies de cincta que nunca antes se habían encontrado en nuestro territorio (Zamora y Álvaro, 2010). Entre los eocrinoideos (Figs. 1D, F) y otros "pelmatozoos", se define *Gogia parsleyi* Zamora (en Zamora *et al*.,

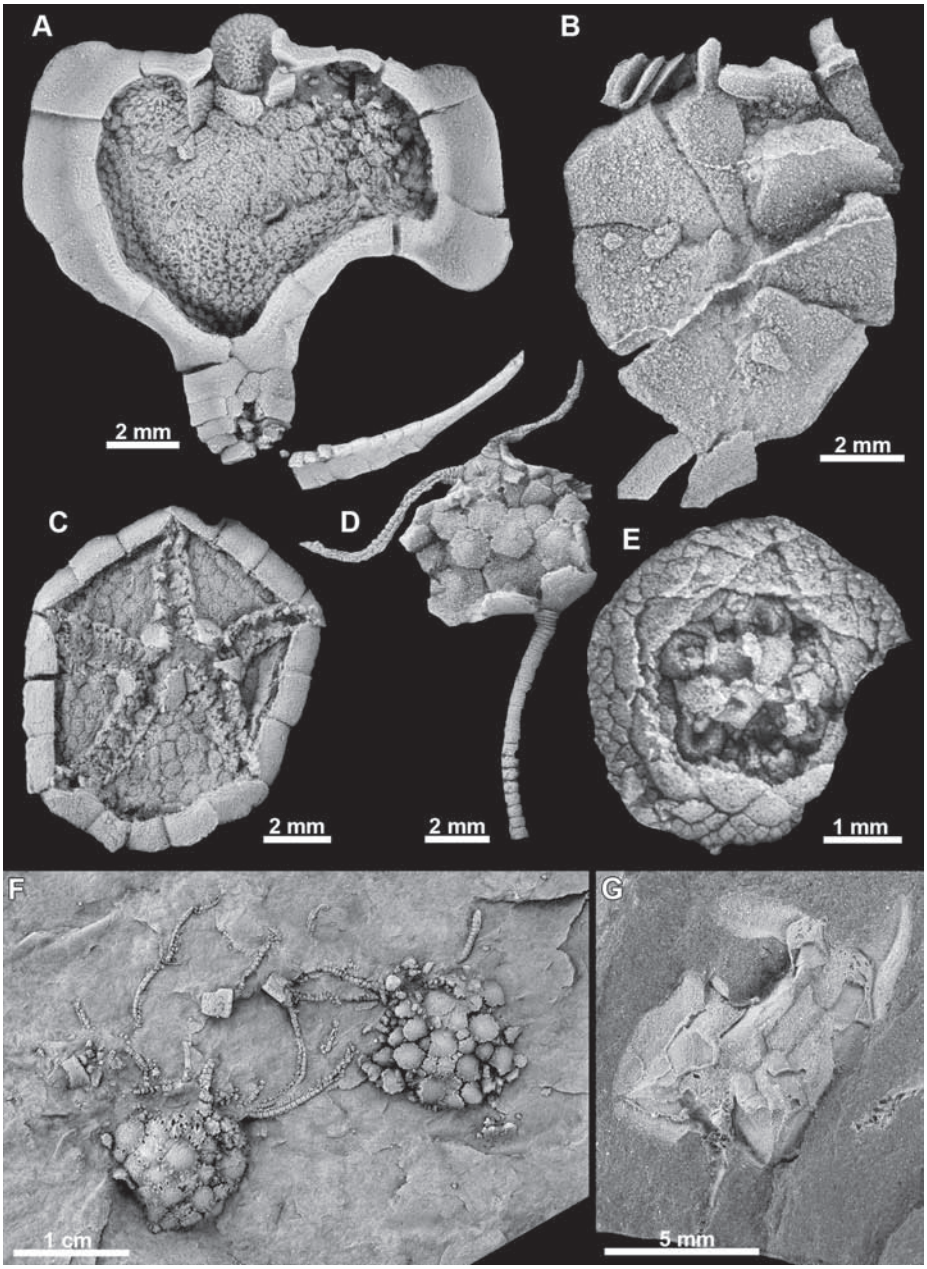


Figura 1. Equinodermos del Cámbrico del Norte de España. A. Cincta *Lignanicystis barriosensis* de la Formación Oville (Cámbrico medio, León). B. Ctenocistoideo *Courtessolea* sp. de la Formación Murero (Cámbrico medio, Zaragoza). C. Edrioasteroideo *Cambraster cannati* de la Formación Borobia (Cámbrico medio, Zaragoza). D. Eocrinoideo *Ubaghsicystis segurae* de la Formación Oville (Cámbrico medio, León). E. Edrioasteroideo *Protorophus hispanicus* de la Formación Murero (Cámbrico medio, Zaragoza). F. Eocrinoideo *Gogia parsleyi* de la Formación Murero (Cámbrico medio, Zaragoza). G. Estilóforo *Ceratocystis* sp. de la Formación Murero (Cámbrico medio, Zaragoza).

2009b) el primer gogiido conocido en las Cadenas Ibéricas (Fig. 1F), también encontrado en la Formación Murero de Purujosa (Zaragoza) y se cita por primera vez el género *Lichenoides* (Zamora, 2010). Un hallazgo que merece mención especial es la definición de una nueva familia de "pelmatozoos" conocida como Dibrachicystidae Zamora y Smith, 2012 y que contempla dos géneros (*Dibrachicystis* y *Vizcainoia*), encontrados en la Formación Murero (Caesaraugustiense-Languedociense) de Purujosa (Zaragoza). La principal importancia de este grupo es que presentan brazos construidos a partir de extensiones de la teca, característica que también aparece en los crinoideos. Entre los edrioasteroideos destaca la descripción de *Protorophus hispanicus* (Fig. 1E), el primer isorófido del registro fósil (Zamora y Smith, 2010) y de *Aragocystites bellus* Zamora, 2013, el primer estromatocistítido español. Ambos han sido encontrados en la Formación Murero, en Purujosa y Mureo (Cadenas Ibéricas) respectivamente. Además se describe *Cambraster cannati* (Fig. 1C) en varias localidades del norte de las Cadenas Ibéricas, en rocas de la Formación Borobia (Languedociense). Este género se cita por primera vez en España (Zamora *et al.* 2013c). Además destaca la presencia del género *Stromatocystites* en la Formación Oville cerca de Riosol (Zamora *et al.* 2015b). Los estilóforos son otro grupo de equinodermos importantes en el Cámbrico del norte de España. Se ha reconocido el género *Ceratocystis* (Fig. 1G) tanto en las Cadenas Ibéricas como en la Zona Cantábrica, además de varias especies de coturnocístidos, que todavía esperan ser descritas formalmente (Zamora, 2010). Los ctenocistoideos son un grupo muy escaso pero también bien representado. Se han encontrado varias especies del género *Courtessolea* (Fig. 1B) y otras relacionadas con *Ctenocystis* en las formaciones Murero y Borobia de las Cadenas Ibéricas y la Formación Oville de la Zona Cantábrica, que todavía esperan ser descritas (Zamora, 2010; 2011). Un taxón muy relacionado con los ctenocitoideos es *Ctenoimbricata spinosa*, definido en rocas de la Formación Murero en Purujosa (Zaragoza) y que representa la forma ancestral, bilateral que dio lugar a todos los equinodermos conocidos (Zamora *et al*., 2012). Todos estos equinodermos se localizan en rocas del Cámbrico inferior y medio (Series 2 y 3). Un descubrimiento reciente en la Formación Valtorres (Cadenas Ibéricas) de edad Furongiense pone de manifiesto la presencia de equinodermos también en la última serie del Cámbrico.

ORDOVÍCICO

Durante este periodo los equinodermos sufren su mayor auge y diversificación alcanzando la mayor disparidad de toda su historia evolutiva (Lefebvre *et al.*, 2013), por lo que no es raro encontrarlos en las rocas del norte de España. Durante el Ordovícico Inferior los restos son escasos y se refieren a unas pocas placas aisladas de pelmatozoos (Colchen y Ubaghs, 1969; Zamora *et al*., 2009a). Durante el Ordovícico medio aparecen muchas más formas y se encuentra la primera especie de crinoideos descrita como *Heviacrinus* sp. (Zamora *et al.*, 2015) (Fig. 2H) y encontrada en la Formación Castillejo (Dobrotiviense) de las Cadenas Ibéricas. Este grupo sufre un pico de diversidad importante durante el Ordovícico Superior y varios géneros nuevos de crinoideos camerados (Fig. 2A) y cladidos (Fig. 2G) están pendientes de ser descritos formalmente (Zamora *et al*., 2014; Cole *et al*., en prensa). Todos ellos han sido encontrados en la Formación Fombuena (Berouniense) de las Cadenas Ibéricas.

Un grupo clásico en los estudios sobre el Ordovícico español son los cistoideos, muy abundantes tanto en el Ordovícico Medio como en el Superior. Aunque este grupo incluye numerosos clados que poco tienen que ver unos con otros, aquí serán considerados todos bajo el nombre de cistoideos s. l. Meléndez (1942-1944, 1959), Meléndez y Hevia (1947) ya puso de manifiesto la importancia de este grupo en las asociaciones ordovícicas de las Cadenas Ibéricas. Aunque no fue hasta los trabajos de Chauvel *et al*. (1975) y Chauvel y Le Menn (1979) cuando se definen y describen en más detalle todos los grupos de cistoideos, describiendo numerosas formas de la Formación Caliza de Cistoideos (Kralodvoriense). Entre ellos se encuentran los géneros de rombíferos *Heliocrinites* (Fig. 2F), *Caryocrinites* y *Corylocrinus* entre otros; y los diplopóridos *Eucystis* y *Proteocystites*. Faunas muy parecidas (Fig. 2B, C) fueron encontradas posteriormente en la Formación La Devesa, en Portilla de Luna (León) (Gutiérrez-Marco *et al.*, 1996a; Zamora *et al.*, 2015a). De edad algo más antigua destaca la fauna descrita en el trabajo de Gutiérrez-Marco *et al.* (1996b) quienes identifican los cistoideos más antiguos de la Cordillera Ibérica. Los restos más antiguos corresponden a diplopóridos (*Calix* y Aristocystitidae) encontrados en la Formación Castillejo (Dobrotiviense, Ordovícico Medio). En este trabajo se

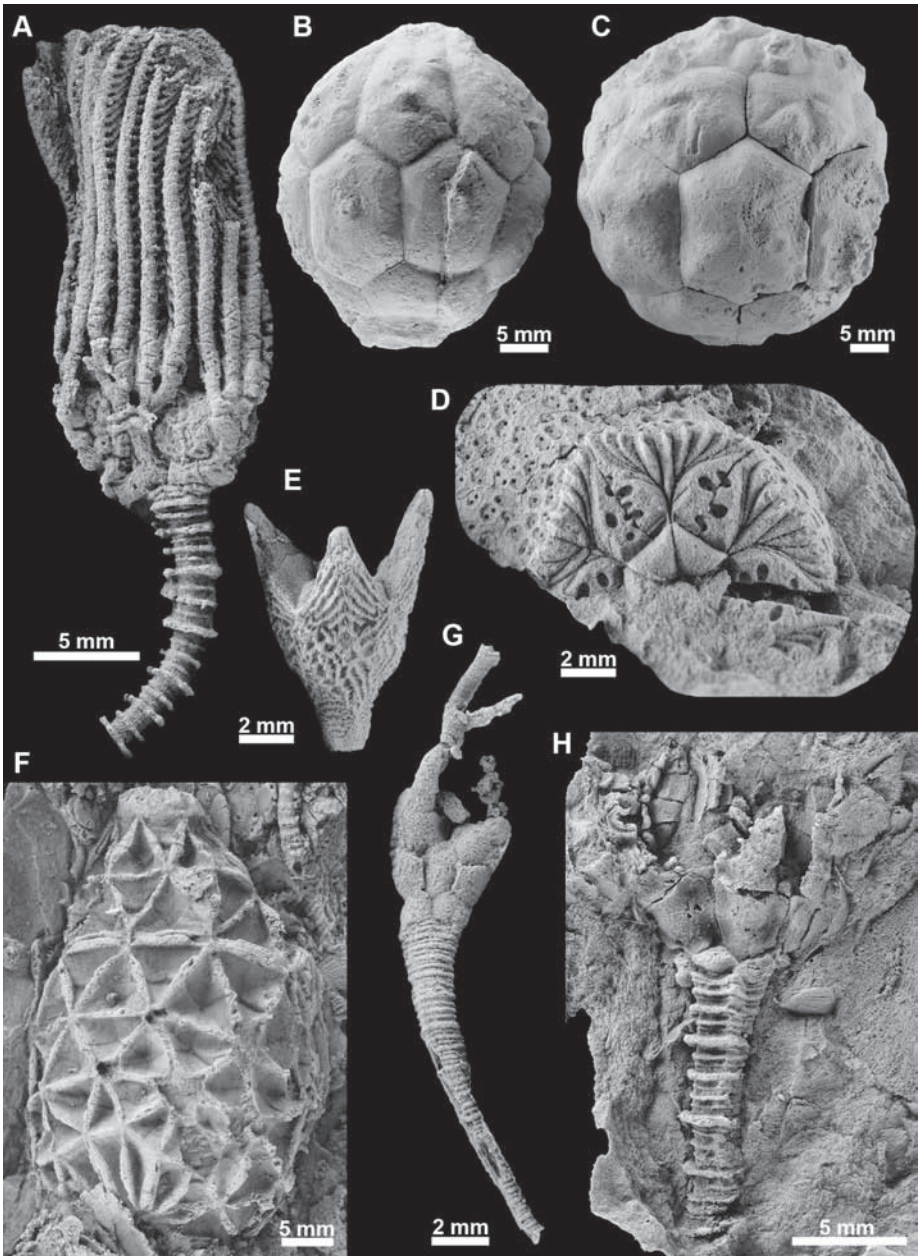


Figura 2. Equinodermos del Ordovícico del Norte de España. A. Crinoideo camerado de la Formación Fombuena (Ordovícico Superior, Zaragoza). B. Rombífero *Hemicosmites* sp. de la Formación La Devesa (Ordovícico Superior, León). C. Rombífero *Caryocrinites* sp. de la Formación La Devesa (Ordovícico Superior, León). D. Diplopórido *Codiacystis* sp. de la Formación Fombuena (Ordovícico Superior, Zaragoza). E. Coronoideo *Mespilocystites tregarvanicus* de la Formación Fombuena (Ordovícico Superior, Zaragoza). F. Rombífero *Heliocrinites* cf. *rouvillei* de la Formación Caliza de Cistoideos (Ordovícico Superior, Zaragoza). G. Crinoideo cládido de la Formación Fombuena (Ordovícico Superior, Zaragoza). H. Crinoideo *Heviacrinus melendezi* de la Formación Castillejo (Ordovícico Medio, Zaragoza).

describen por primera vez en detalle restos de cistoideos de la Formación Fombuena (Berouniense, Ordovícico Superior) pertenecientes a diplopóridos y rombíferos (Gutiérrez-Marco *et al*., 1996b; Zamora *et al*., 2014) (Fig. 2D).

Otro grupo de blastozoos representado en la rocas ordovícicas son los coronoideos, con varias especies del género *Mespilocystites* (Fig. 2E) definidas en el Ordovícico Superior de las Cadenas Ibéricas y la Zona Cantábrica (Chauvel y Le Menn, 1979; Gutiérrez Marco *et al*., 1996a, b).

Los estilóforos están poco representados en el Norte de España y tan solo se ha citado el género *Anatifopsis* en la Formación Luarca *sensu lato* (Oretaniense, Ordovícico Medio), en Barrios de Luna (León) (Gutiérrez Marco *et al*., 1999). Otros grupos como los solutos o los asterozoos son raros aunque están presentes en la Formación Fombuena de las Cadenas Ibéricas (Zamora *et al*., 2014).

SILÚRICO

Las asociaciones del Silúrico son muy poco diversas aunque cuando aparecen equinodermos suelen ser abundantes. Están compuestas principalmente de crinoideos que en las Cadenas Ibéricas están presentes sólo en dos niveles distintos de la Formación Bádenas, uno inferior de edad Llandoveriense que contiene una forma de crinoideo disparido cercana a *Iocrinus* (Fig. 3C); y otro superior de edad Ludlowiense que contiene al menos dos taxones, de los que sólo el camerado *Dimerocrinites aragonensis* (Fig. 3A, B, D) se ha encontrado articulado (Le Menn *et al*., 2003). Este último nivel contiene también ofiuroideos (Fig. 2E) que son extremadamente raros. Respecto a la Cordillera Cantábrica, sólo se han citado restos articulados de crinoideos en nomenclatura abierta, de edad Pridoliense (Gutiérrez Marco *et al*., 2001), que están relacionados con los camerados escifocrinítidos(Fig. 3F).

DEVÓNICO

Las faunas del Devónico son muy diversas especialmente en lo que respecta a los crinoideos. La primera especie fue descrita por De Verneuil (1850), y desde entonces numerosos autores se interesaron por estas faunas (Oehlert, 1896; Schmidt, 1931; Almela y Revilla, 1950; Sieverts Doreck, 1951). El primer trabajo de referencia sobre el grupo se debe a Breimer (1962), quien describió cinco géneros nuevos y dieciséis especies nuevas, además de catorce taxones que nunca se habían citado en esta zona. Desde entonces sólo se han descrito unas pocas especies (Webster, 1976; Pidal 1984, 2008; Kammer, 2001). Aunque existen restos de crinoideos desde el Lockoviense, los ejemplares articulados (Fig. 4A-C) empiezan a ser abundantes en el Emsiense inferior, en la Formación Valporquero de la parte leonesa de la Zona Cantábrica y la Formación Aguión de la parte asturiana. En estas formaciones se reconoce un máximo de diversidad que incluye a géneros como *Pterinocrinus* (Fig. 4F), *Stamnocrinus*, *Bactrocrinites* (Fig. 4A) o *Trybliocrinus*. La Formación Santa Lucía en León y la Formación Moniello en Asturias (Emsiense superior-Eifeliense inferior) han proporcionado también abundantes faunas de crinoideos de los géneros *Orthocrinus, Pithocrinus* y *Moniellocrinus* entre otros. Por último las Formaciones Huergas y Portilla, ya de edad Devónico Medio han proporcionado también algunos crinoideos completos (*Myeolodactylus*, *Cupressocrinites*). En las Cadenas Ibericas los restos de crinoideos articulados son raros y sólo se ha encontrado una asociación formada por varios taxones (Fig. 4H) aún por determinar en la Formación Mariposas (Emsiense) cerca de Santa Cruz de Nogueras (Teruel) (Zamora *et al*., 2015a).

El segundo grupo en orden de abundancia son los blastoideos que sólo se han encontrado en la Zona Cantábrica. Se conocen numerosos taxones pertenecientes a géneros como *Pentremitidea* (Fig. 4E), *Hyperoblastus* o *Cryptoschisma* descritos en los trabajos de Etheridge y Carpenter (1883, 1886), Breimer (1971) y Breimer y Dop (1975). Las faunas del Emsiense son especialmente importantes ya que es la primera vez a nivel mundial que los blastoideos empiezan a ser abundantes y dominar ciertas asociaciones (Waters, 2015).

Grupos minoritarios dentro del Devónico del norte de España incluyen a los asteroideos representados por el taxón *Ophiocantabria elegans* (Fig. 4I), descrito recientemente en la Formación Furada (Lockoviense) en Asturias (Blake *et al*., 2016); equinidos representados por el taxón *Rhenechinus ibericus* (Fig. 4G) de la Formación Aguión (Emsiense)

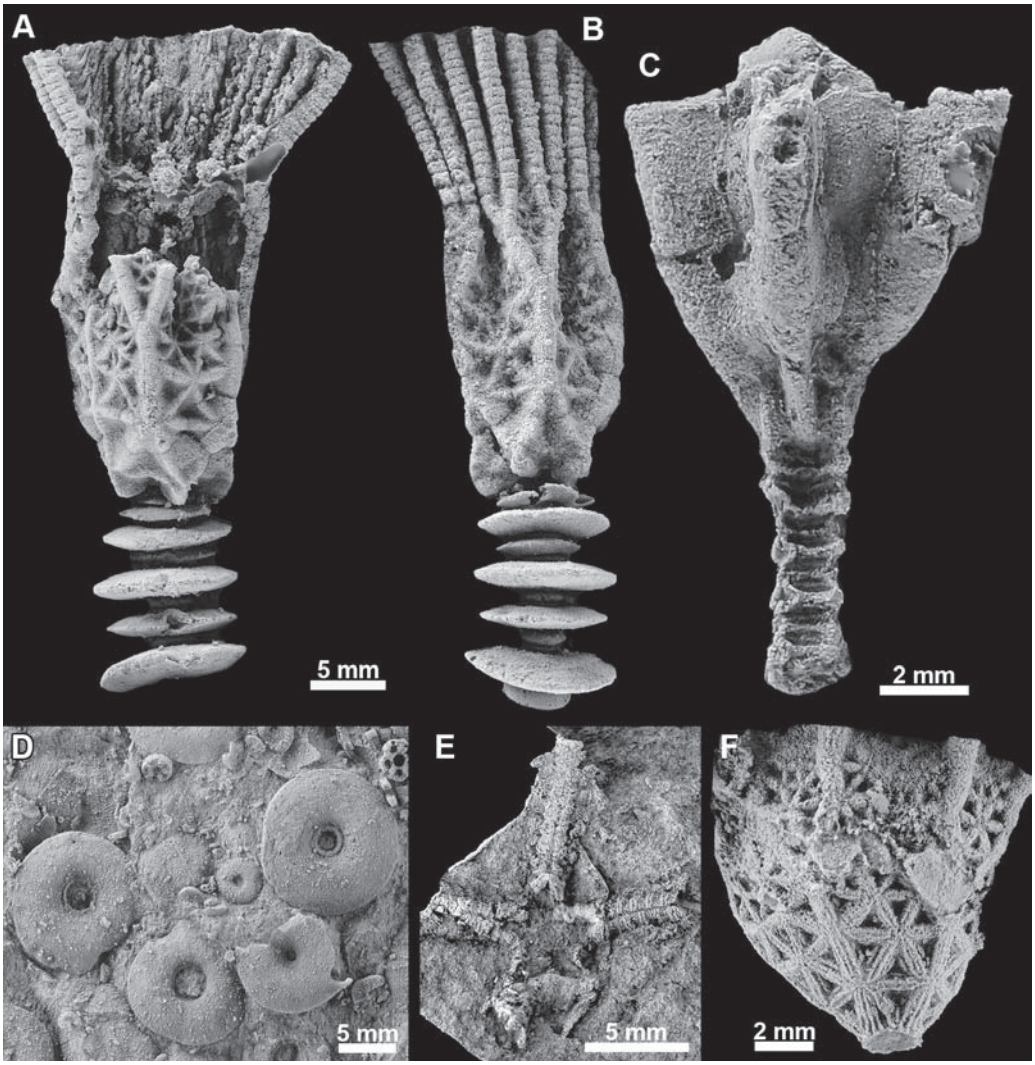


Figura 3. Equinodermos del Silúrico del Norte de España. A, B, D. Crinoideo *Dimerocrinites aragonensis* de la Formación Bádenas (Zaragoza). C. Crinoideo *Iocrinus* sp. de la Formación Bádenas (Zaragoza). E. Ofiuroideo indeterminado de la Formación Bádenas (Zaragoza). F. Crinoideo camerado de las "pizarras cloríticas" (León).

(Smith *et al.*, 2013) y el edrioasteroideo *Krama hispanica* (Fig. 4D) de la Formación Aguión (Emsiense) (Smith y Arbizu 1987; Müller y Hahn, 2010).

CARBONÍFERO

El Carbonífero está en general poco explorado desde el punto de vista de la paleontología de equinodermos, aunque las primeras descripciones de crinoideos de esta edad se deben ya a Barrois (1882). Los taxones más antiguos

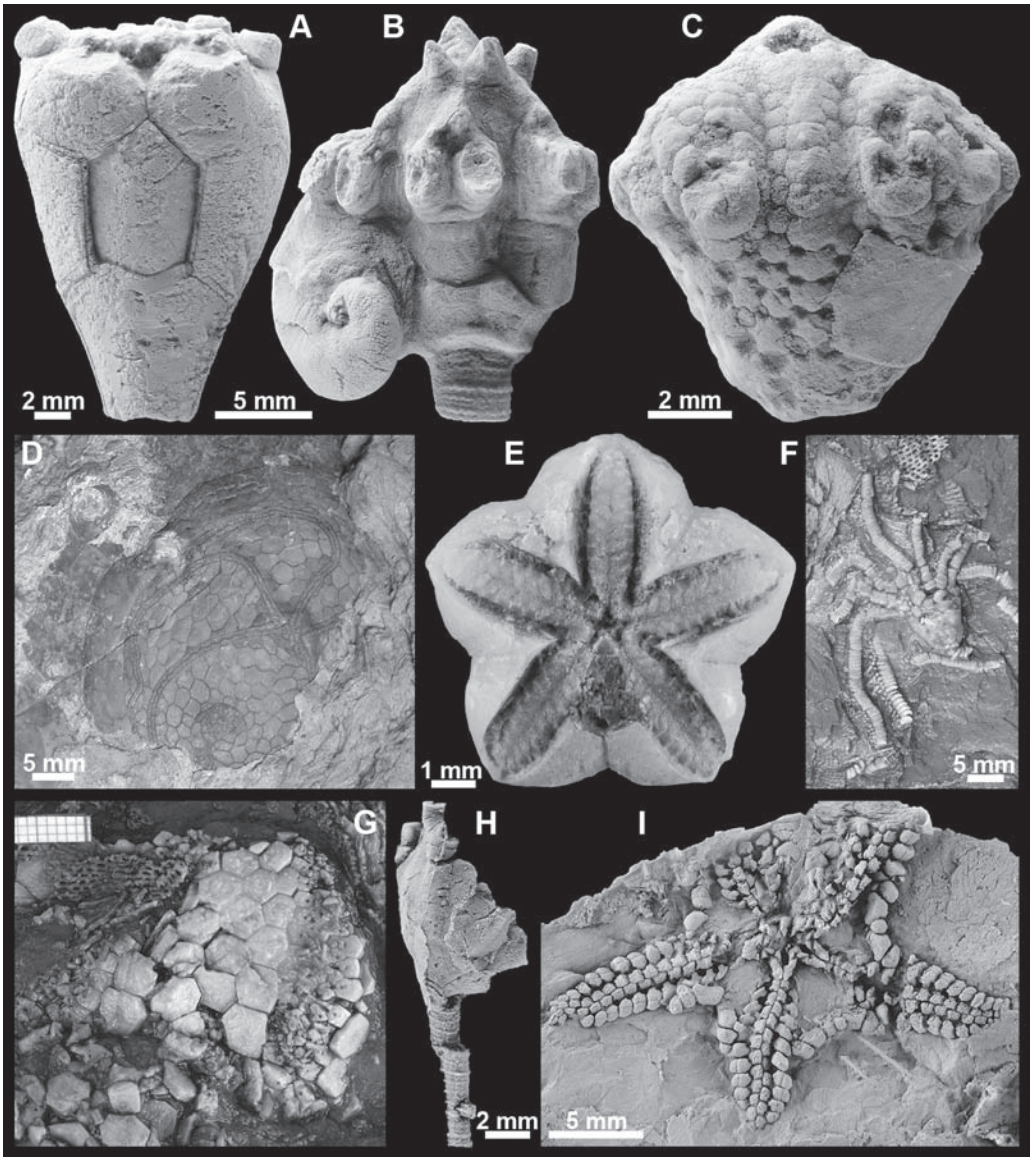


Figura 4. Equinodermos del Devónico del Norte de España. A. Crinoideo *Bactocrinites* sp. de la Formación Valporquero (Devónico Inferior, León). B. Crinoideo *Oenochoacrinus prínceps* de la Formación Valporquero (Devónico Inferior, León). C. Crinoideo *Pradocrinus baylii* de la Formación Valporquero (Devónico Inferior, León). D. Edrioasteroideo *Krama hispanica* de la Formación Aguión (Devónico Inferior, Asturias). E. Blastoideo *Pentremitidea pailletti* de la Formación Valporquero (Devónico Inferior, León). F. Crinoideo *Pterinocrinus decembrachiatus* de la Formación Aguión (Devónico Inferior, Asturias). G. Equinoideo *Rhenechinus ibericus* de la Formación Aguión (Devónico Inferior, Asturias). H. Crinoideo camerado de la Formación Mariposas (Devónico Inferior, Teruel). I. Ofiuroideo *Ophiocantabria elegans* de la Formación Furada (Devónico Inferior, Asturias).

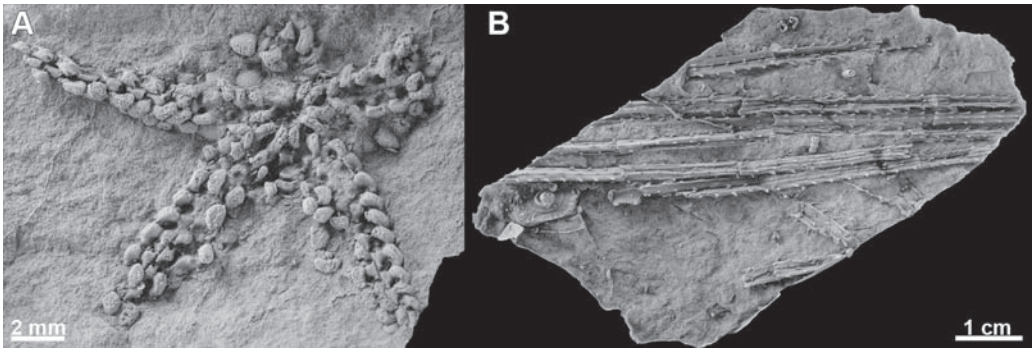


Figura 5. Equinodermos del Carbonífero del Norte de España. A. Ofiuroideo indeterminado. B. Equínido *Archaeocidaris* sp. Ambos de la Formación Pando (Westfaliense, León).

aparecen en el Viseense superior donde Breimer (1962) describió *Paradelocrinus* sp., encontrado en Tarna (León) y Cervera de Pisuerga (Palencia). Morris (1992) por su parte describió *Rhabdocrinus scotocarbonarius* en la Formación Villabellaco de edad Viseense superior-Namuriense inferior en Palencia; y Herbig (1982) describió *Balearocrinus cantabricus* de la Formación Genicera (Viseense superior) en Nocedo (León). Breimer (1962) cita varios taxones asignados a *Pimlicocrinus latus*, *Aorocrinus* sp. y *Platycrinus* sp, todos encontrados en el Namuriense de Rabanal de los Caballeros (Palencia); además de *Nunnacrinus stellaris*, encontrado en rocas de la misma edad en Sabero (León). La mayoría de los taxones del Westfaliense se han citado por Breimer (1962) en la zona de Mudá y Herreruela (Palencia) e incluyen a formas como *Iberocrinus multibrachiatus*, *Cromyocrinus* sp. y *Paradelocrinus*. Una nueva forma de inadunado, *Pandocrinites globosum* ha sido descrita recientemente en la Formación Pando de edad Westfaliense C en la provincia de León (Hauser y Landeta, 2015). En este último lugar se han encontrado también restos de equínidos asignados a *Archaeocidaris* (Fig. 5B) y un ofiuroideo que se encuentran actualmente en estudio (Fig. 5A).

Los blastoideos son raros en el Carbonífero de la Cordillera Cantábrica aunque existen varias citas de *Pentablastus supracarbonicus* en distintas localidades cercanas a Rabanal de los Caballeros (Palencia), y que datan de Westfaliense?-Namuriense (Sieverts-Doreck, 1951; Joysey y Breimer, 1963).

CONSIDERACIONES FINALES

El Paleozoico del Norte de España presenta equinodermos abundantes en diferentes formaciones desde el Cámbrico inferior hasta el Carbonífero. Muchos de los cambios que se observan en las faunas responden a cambios que también se producen a nivel global. Los primeros equinodermos se encuentran ya en el Cámbrico inferior y se tratan de eocrinoideos que se han encontrado sólo en las Cadenas Ibéricas. El Cámbrico medio registra una primera diversificación en la que aparecen grupos antes no representados como ctenocistoideos, estilóforos coturnocístidos y cincta. Esta diversificación se reconoce también en otras zonas geográficas y coincide con un pico de diversidad a nivel mundial (Zamora *et al.*, 2013a). La única asociación de equinodermos furongienses reconocida en la Formación Valtorres (Cadenas Ibéricas) refleja la transición de faunas típicamente cámbricas (con edrioasteroideos estromatocistítidos) a otras que dominarán posteriormente (estilóforos del grupo de los mitrados y rombíferos primitivos). El Ordovícico Inferior es un momento en el cual los equinodermos son escasos en el Norte de España lo que contrasta con lo que ocurre en otras regiones de nuestro entorno como Francia y Marruecos (Lefebvre y Fatka, 2003; Lefebvre *et al.* en prensa). Durante el Ordovícico Medio los equinodermos están poco representados y las asociaciones están compuestas principalmente por diplopóridos, algún crinoideo y escasos estilóforos. La situación cambia drásticamente durante el Ordovícico Superior coincidiendo con los primeros pulsos del calentamiento global conocido como Evento Boda. Las primeras asociaciones de gran diversidad aparecen ya en el Berouniense y

están formadas por crinoideos camerados, blastozoos, solutos y asterozoos. Posteriormente, durante el Kralodvoriense (Formaciones Caliza de Cistoideos y La Devesa), se establecen plataformas carbonatadas dominadas por los cistoideos. A finales del Ordovícico se produce un enfriamiento global que desemboca en la glaciación finiordovícica y la mayoría de las faunas que habían dominado el Ordovícico (ej. cistoideos, coronoideos) desaparecen en esta región. Durante el Silúrico los equinodermos están muy poco representados en las asociaciones donde sólo los crinoideos son abundantes pero poco diversos. El Devónico inferior (Emsiense) vuelve a marcar un pico de diversidad importante que coincide con el desarrollo de plataformas carbonatadas y la proliferación de los crinoideos, blastoideos y escasos equínidos, asteroideos y edrioasteroideos. Estas condiciones se mantendrán durante el Devónico medio. En la Cordillera Cantábrica se encuentran los primeros yacimientos a nivel mundial donde los blastoideos empiezan a ser abundantes, diversos y dominan algunas asociaciones de equinodermos. Las faunas del Carbonífero están poco estudiadas aunque se ha reconocido la presencia de crinoideos, blastoideos, asterozoos y equínidos.

AGRADECIMIENTOS

Todos los resultados que presento en este trabajo son el resultado de una intensa colaboración con muchos colegas españoles y de otras nacionalidades a los que estoy tremendamente agradecido. Varios aficionados me han proporcionado material importante que figuro aquí por primera vez; Fernando Gracia merece una mención especial por cederme su material del Carbonífero de la zona de León. También quiero agradecer a Guillermo Meléndez el haberme invitado a escribir este manuscrito. Este trabajo es una contribución al proyecto Ramón y Cajal (RYC2012-10576) y a los proyectos CGL2012-39471 y CGL2013-48877 del Ministerio de Economía y Competitividad de España.

REFERENCIAS

Almela, A. & Revilla, J. 1950. Especies fósiles nuevas del Devoniano de León. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 20, 45-60.

Barrois, C. 1882. Recherches sur las terrains anciens des Asturies et de la Galice. *Mémoires de la Société Géologique du Nord,* II, 1, 1-650.

Blake, D., Zamora, S. & García-Alcalde, J. 2015. A new Devonian asteroid-like ophiuroid from Spain. *Geologica Acta*, 13, 335-343.

Breimer, A. 1962. A monograph on Spanish Paleozoic Crinoidea. *Leidse Geologische mededelingen*, 27 (2), 190 pp.

Breimer, A. 1971. Nota previa sobre los blastoideos del Devoniano de la Cordillera Cantábrica (España). *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, 82 (2), 157-171.

Breimer, A. & Dop J. A. 1975. An anatomical and taxonomic study of some lower and middle Devonian blastoids from Europe and North America, I and II. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen,* Series B, 78, 39-61.

Chauvel, J. & Le Menn, J. 1979. Sur quelques Echinodermes (Cystoïdes et Crinoïdes) de l' Ashgill d' Aragon (Espagne). *Geobios*, 12 (4), 549-587.

Chauvel, J., Meléndez, B. & Le Menn, J. 1975. Les Echinodermes (Cystoïdes et Crinoïdes) de l'Ordovicien superieur de Luesma (Sud de l' Aragon, Espagne). *Estudios Geológicos*, 31, 351-364.

Clausen, S. 2004. New Early Cambrian eocrinoids from the Iberian Chains (NE Spain) and their role in nonreefal benthic communities. *Eclogae geologicae Helveticae*, 97, 371-379.

Colchen, M. & Ubaghs, G., 1969. Sur des restes d'échinodermes(?) du Cambro-Ordovicien de la Sierra de la Demanda (Burgos-Logroño, Espagne). *Bulletin de la Société géologique de France*, 7ème ser. 11, 649-654.

Cole, S. R., Ausich, W, I., Colmenar, J. & Zamora, S. (en prensa). Filling the Gondwanan gap: paleobiogeographic implications of new crinoids from the Castillejo and Fombuena formations (Middle and Upper Ordovician, Iberian Chains, Spain). *Journal of Paleontology*.

Etheridge, R. Jr. & Carpenter, P. H. 1883. Further remarks on the morphology of the Blastoidea, with descriptions of a new British Carboniferous genus, and some new Devonian species from Spain. *Annals and Magazine of Natural History*, ser. 5, 11, nº 64, art. 31, 225-246.

Etheridge, R. Jr. & Carpenter, P. H. 1886. Catalogue of the Blastoidea in the Geological Department of the British Museum (Natural History), with the account of the morphology and systematic position of the group, and a revision of the genera and species. *British Museum Catalogue*, xvi + 322 pp.

Friedrich, W.P. 1993. Systematik und Funktionsmorphologie mittelkambrischer Cincta (Carpoidea, Echinodermata). *Beringeria*, 7, 1-190.

Gislén, T. 1927. A new Spanish carpoid. *Arkiv för Zoologi*, 19 B, 1-3.

Gutiérrez-Marco, J. C., Aramburu, C., Arbizu, M., Méndez-Bedia, I., Rábano, I. & Villas, E. 1996a. Rasgos estratigráficos de la sucesión del Ordovícico Superior en Portilla de Luna (Zona Cantábrica, noroeste de España). *Geogaceta*, 20, 11-14.

Gutiérrez-Marco, J.C., Chauvel, J. & Meléndez, B. 1996b. Nuevos equinodermos (cistideos y blastozoos) del Ordovícico de la Cordillera Iberica (NE Espana). *Revista Española de Paleontología,* 11 (1), 100-119.

Gutiérrez-Marco, J. C., Aramburu, C., Arbizu, M., Bernárdez, E., Hacar Rodríguez, M. P., Méndez-Bedia, I., Montesinos López, R., Rábano, I., Truyols, J. & Villas, E. 1999. Revisión bioestratigráfica de las pizarras del Ordovícico Medio en el noroeste de España (Zonas Cantábrica, Asturoccidental-leonesa y Centroibérica septentrional). *Acta Geologica Hispanica*, 34, 3-87.

Gutierrez-Marco, J. C., Sarmiento, G. N., Robardet, M., Rábano, I. & Vaněk, J. 2001. Upper Silurian fossils of bohemian type from NW Spain and their palageographical significance. *Journal of the Czech Geological Society,* 46, 161-172.

Hauser, J. & Landeta, F. G. 2015. *Pandocrinites globosum* n.gen. et. n.sp. (Crinoidea, Inadunata) from the Pando Formation (Westphalian C, Upper Carboniferous) of the Prioro region of the Cantabrian Mountains (Province Léon, Northern Spain). *Privately published by the authors, Bonn*, 1-7.

Herbig, H. G. 1982. *Balearocrinus cantabricus* n. sp. (Crinoidea, Inadunata) aus dem Visé des Kantabrischen Gebirges (Alba-Formation, Prov. León/NW-Spanien). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie,* 8, 476-484.

Joysey, K. A. & Breimer, A. 1963. The anatomical structure and systematic position of *Pentablastus* (Blastoidea) from the Carboniferous of Spain. *Palaeontology*, 6, 471-490.

Kammer, Y. W. 2001. Phenotypic bradytely in the *Costalocrinus-Barycrinus* lineage of Paleozoic cladid crinoids. *Journal of Paleontology*, 75 (2), 383-389.

Lefebvre, B. & Fatka, O. 2003. Palaeogeographical and palaeoecological aspects of the Cambrian-Ordovician radiation of echinoderms in Gondwanan Africa and peri-Gondwanan Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 195, 73-97.

Lefebvre, B., Sumrall, C.D., Shroat-Lewis, R.A., Reich, M., Webster, G.D., Hunter, A.W., Nardin, E., Rozhnov, S.V., Guensburg, T.E., Touzeau, A., Noailles, F. & Sprinkle, J. 2013a. Palaeobiogeography of Ordovician echinoderms. In D.A.T Harper & T. Servais, (Eds.), *Early Palaeozoic Biogeography and Palaeogeography. Geological Society of London, Memoirs*, 38, 173-198.

Lefebvre, B., Allaire, N., Guensburg, T. E., Hunter, A. W., Kouraïss, K., Martin, E., Nardin, E., Noailles, F., Pittet, B., Sumrall, C. D. & Zamora, S. (en prensa). Palaeoecological aspects of the diversification of echinoderms in the Lower Ordovician of central Anti-Atlas, Morocco. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.

Le Menn, J., Gourvennec, R., Pizarra, J.M. & Robardet, M. 2003. Mid-Paleozoic dimerocrinitid crinoids from North Gondwana: evolution, biostratigraphy and paleobiogeography. *Revista Española de Paleontología*, 18 (1), 49-60.

Meléndez, B. 1942-1944. Contribución al estudio del Paleozoico aragonés. *Trabajos del Instituto de Ciencias Naturales José de Acosta*, Serie Geológica 3(1), 31-66.

Meléndez, B. 1959. Los *Echinosphaerites* del Silúrico de Luesma (Zaragoza). *Estudios Geológicos*, 15, 269-276.

Meléndez, B. & Hevia, I. 1947. La fauna ashgilliense del Silúrico aragonés. *Boletín de la Universidad de Granada*, 19, 247-259.

Morris, P. G. 1992. *Rhabdocrinus scotocarbonarius* (Wright), a crinoid from the carboniferous "griotte" limestone of Palencia, Northwest Spain. *Revista Española de Paleontología*, 7, 181-184.

Müller, P. & Hahn, G. 2010. Edrioasteroidea aus den Seifen-Schichten im Westerwald, Rheinisches Schiefer-Gebirge (Unter-Devon, Deutschland). *Geologica et Palaeontologica*, 43, 9-48.

Oehlert, D. P. 1896. Fossiles Dévoniens de Santa Lucía (Espagne), Premiere partie. *Bulletin de la Société géologique de France*, 24, 814-875.

Pidal, R. 1984. Gilbertsocrininae, nueva subfamilia de crinoideos camerados del Devónico y Carbonífero. *Trabajos de Geología, Universidad de Oviedo*, 14, 137-149.

Pidal, R. 2008. A Lower Devonian (Emsian) species of the genus *Bactrocrinites* (Crinoidea): *Bactrocrinites robustus* n. sp. (Cantabrian Mountains, NW Spain). *Revista Española de Paleontología*, 23, 267-271.

Prado, C. de, Verneuil, E. de & Barrande, J. 1860. Sur l'existence de la faune primordiale dans la chaîne cantabrique. *Bulletin de la Société géologique de France*, 2ème serie, 17, 516-554.

Rahman, I.A. & Zamora, S. 2009. The oldest cinctan carpoid (stem-group Echinodermata) and the evolution of the water vascular system. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 157, 420-432.

Schmidt, W.E. 1931. Crinoiden und Blastoiden aus dem Jüngsten Unterdevon Spaniens. *Palaeontographica*, 76, 1-33.

Schroeder, R. 1973. Carpoideen aus dem Mittelkambrium Nordspaniens. *Palaeontographica, Abteilung A*, 141, 119-142.

Sdzuy, K. 1993. Early Cincta (Carpoidea) from the Middle Cambrian of Spain. *Beringeria*, 8, 189-207.

Sieverts Doreck, H. 1951. Echinodermen aus dem spanischen Ober-Karbon. *Paläontologische Zeitschrift*, 24, 104-119.

Smith, A. B. & Arbizu M. A. 1987. Inverse development in a Devonian edrioasteroid from Spain and the phylogeny of the Agelacrinitidae. *Lethaia*, 20, 49-62.

Smith, A. B. & Zamora, S. 2009. Rooting phylogenies of problematic fossil taxa; a case study using cinctans (stem-group echinoderms). *Palaeontology*, 52 (4), 803-821.

Smith, A.B., Reich M. & Zamora S. 2013. Morphology and ecological setting of the basal echinoid genus *Rhenechinus* from the early Devonian of Spain and Germany. *Acta Palaeontologica Polonica*, 58 (4), 751-762.

Ubaghs, G. & Vizcaïno, D., 1990. A new eocrinoid from the Lower Cambrian of Spain. *Palaeontology*, 33, 259-256.

Verneuil, E. de. 1850. Note sur les fossiles dévoniens du district de Sabero (Léon). *Bulletin de la Société géologique de France,* (2), **7**, p. 155-186.

Waters, J. A. 2015. The evolutionary paleoecology of the blastoidea: what have we learned in the past 29 years. In: Zamora, S. & Rábano, I. (Eds.), *Progress in Echinoderm Palaeobiology.* Cuadernos del Museo Geominero, 19. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 189-192.

Webster, G. D. 1976. A new genus of calceocrinid from Spain with comments on mosaic evolution. *Palaeontology,* 19, 381-388.

Zamora, S. 2009. *Equinodermos del Cámbrico medio de las Cadenas Ibéricas y la Zona Cantábrica (Norte de España).* Tesis Doctoral (inédita), Universidad de Zaragoza, 307 pp.

Zamora, S. 2010. Middle Cambrian echinoderms from North Spain show echinoderms diversified earlier in Gondwana. *Geology*, 38, 507-510.

Zamora, S. 2011. Equinodermos del Cámbrico de España: Situación actual de las investigaciones y perspectivas futuras. *Estudios Geológicos*, 67 (1), 59-81.

Zamora, S. 2013. Morphology and phylogenetic interpretation of a new Cambrian edrioasteroid (Echinodermata) from Spain. *Palaeontology,* 56(2): 421-431.

Zamora, S. & Álvaro, J.J. 2010. Testing for a decline in diversity prior to extintion: Languedocian (latest mid-Cambrian) distribution of cinctans (Echinodermata) in the Iberian Chains, NE Spain. *Palaeontology,* 53 (6), 1349-1368.

Zamora, S. & Smith, A.B. 2008. A new Middle Cambrian stem–group echinoderm from Spain: Palaeobiological implications of a highly asymmetric cinctan. *Acta Palaeontologica Polonica,* 53 (2), 207-220.

Zamora, S. & Smith, A.B. 2010. The oldest isorophid edrioasteroid (Echinodermata) and the evolution of attachment strategies in Cambrian edrioasteroids. *Acta Palaeontologica Polonica,* 53 (3), 487-494.

Zamora, S. & Smith, A.B. 2012**.** Cambrian stalked echinoderms show unexpected plasticity of arm construction. *Proceedings of The Royal Society B*, 279, 293-298.

Zamora, S., Álvaro, J.J. & Vizcaïno, D. 2009a. Pelmatozoan echinoderms from the Cambrian-Ordovician transition of the Iberian Chains (NE Spain): early diversification of anchoring strategies. *Swiss Journal of Geosciences*, 102, 43-55.

Zamora, S., Gozalo, R. & Liñán, E. 2009b. Middle Cambrian gogiids (Eocrinoidea, Echinodermata) from Northeast Spain: Taxonomy, palaeoecology and palaeogeographic implications. *Acta Palaeontologica Polonica*, 54, 253-265.

Zamora, S., Rahman, I. A. & Smith, A.B. 2012. Plated Cambrian bilaterians reveal the earliest stages of echinoderm evolution. *PlosOne* 7(6), e38296.

Zamora, S., Lefebvre, B., Álvaro, J.J., Clausen, S., Elicki, O., Fatka, O., Jell, P., Kouchinsky, A., Lin, J-P., Nardin, E., Parsley, R., Rozhnov, S., Sprinkle, J., Sumrall, C.D., Vizcaïno, D. & Smith, A. B. 2013a. Chapter 13 Cambrian echinoderm diversity and palaeobiogeography. *In:* Harper, D.A.T. & Servais, T. (eds.), *Early Palaeozoic Biogeography and Palaeogeography. Geological Society of London, Memoirs,* 38, 157-171.

Zamora, S., Rahman, I.A. & Smith, A.B. 2013b. The ontogeny of cinctans (stem-group echinodermata) as revealed by a new genus, *Graciacystis*, from the middle Cambrian of Spain. *Palaeontology*, 56, 399-410.

Zamora, S., Sumrall, C.D. & Vizcaïno, D. 2013c. Morphology and ontogeny of the Cambrian edrioasteroid (Echinodermata) *Cambraster cannati* (Miquel) from western Gondwana. *Acta Palaeontologica Polonica*, 58 (3), 545-559.

Zamora, S., Colmenar, J. & Ausich, W.I. 2014. The echinoderm faunas from the Fombuena Formation (Upper Ordovician, Iberian Chains, Spain). In Royo-Torres, R., Verdú, F.J. & Alcalá, L. (Eds.). *XXX Jornadas de Paleontología de la Sociedad Española de Paleontología*. ¡Fundamental!, 24. 257-259.

Zamora, S. (coord.), Álvaro, J. J., Arbizu, M., Colmenar, J., Esteve, J., Fernández-Martínez, E., Fernández, L- P., Gutiérrez-Marco, J. C., Suárez-Andrés, J. L., Villas, E. & Waters, J. 2015a. Palaeozoic echinoderms from Northern Spain. In: Zamora, S. & Rábano, I. (Eds.), *Progress in Echinoderm Palaeobiology*. Cuadernos del Museo Geominero, 19. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 209-288

Zamora, S., Lefebvre, B., Hosgör, I., Franzen, C., Nardin, E., Fatka, O. & Álvaro, J.J. 2015b. The Cambrian edrioasteroid *Stromatocystites* (Echinodermata): Systematics, palaeogeography and palaeoecology. *Geobios*, 48, 417-426.

SESIONES CIENTÍFICAS

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

ASOCIACIONES DE BRAQUIÓPODOS DEL JURÁSICO INFERIOR EN EL SECTOR IBERO-LEVANTINO DE LA CORDILLERA IBÉRICA

J.F. Baeza-Carratalá[1], F. García Joral[2] y J.E. Tent-Manclús[1]

[1] Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante.
03690, Alicante, España. jf.baeza@ua.es; je.tent@ua.es
[2] Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense.
C/ José Antonio Novais, 2; 28040, Madrid, España;. fgjoral@ucm.es

RESUMEN

Se describen las asociaciones de braquiópodos analizadas en el sector Ibero-Levantino de la Cordillera Ibérica durante el intervalo Pliensbachiense superior-Toarciense. Se reconocen 6 asociaciones con una alta diversidad taxonómica pero con distribución discontinua, relacionada con las distintas fases de crisis y renovación faunística que supuso el evento de extinción del Toarciense inferior. Las asociaciones reconocidas muestran una gran similitud con las del resto de la Cordillera Ibérica, si bien presentan unos atributos e indican bioeventos críticos diferenciadores, entre los que destacan el primer hallazgo de un nivel guía de thecideidos en la Península Ibérica o la prematura aparición de la "Fauna Española" y taxones equivalentes.

Palabras clave: Braquiópodos, Jurásico Inferior, Toarciense, Cordillera Ibérica.

ABSTRACT

The analysis of the Ibero-Levantine brachiopod assemblages recorded in the uppermost Pliensbachian-Toarcian interval is carried out for the first time in the Iberian Range. The dynamics of the 6 established assemblages is markedly conditioned by the extinction phases linked to the Early Toarcian mass extinction event (ETMEE), showing a high diversity but a discontinuous stratigraphic distribution. Major diversity turnovers and critical brachiopod-based bioevents are suggested, as the conspicuous occurrence of thecideid representatives (recorded for the first time in the Iberian Range), typifying a pre-ETMEE marker bed, or the earlier occurrence of the "Spanish Fauna" of brachiopods and analogous taxa.

Key words: Brachiopods, Early Jurassic, Toarcian, Iberian Range.

INTRODUCCIÓN

Los braquiópodos del Jurásico Inferior en las cuencas marginales de Iberia han sido objeto de diversos estudios, particularmente en el intervalo Pliensbachiense superior-Toarciense (e.g. Dubar, 1931; Goy y Robles, 1975; Comas-Rengifo y Goy, 1975; Goy *et al*., 1984, García Joral y Goy, 1984, 2000, 2009; García Joral *et al*., 2011). Mientras estos estudios han

proliferado en las cuencas septentrionales y centrales (Asturias, cuenca Vasco-Cantábrica, Ramas Castellana y Aragonesa de la Cordillera Ibérica y Cordillera Costero-Catalana), la distribución estratigráfica de los braquiópodos en el sector Ibero-Levantino de la Cordillera Ibérica carece de un registro preciso, probablemente debido a la naturaleza discontinua de las series carbonatadas, especialmente en la parte más sudoriental de este sector (cf. Gómez, 1979). Sin embargo, la situación estratégica del sector Ibero-Levantino le confiere un notable interés paleobiogeográfico, ya que representa el extremo sudoriental de la Cordillera Ibérica, dando paso a los afloramientos de directriz Bética del paleomargen sud-Ibérico. Por tanto, el análisis exhaustivo de las asociaciones de braquiópodos y su calibración biocronológica con el minucioso registro de ammonites existente en la Cordillera Ibérica, contribuye a aclarar la evolución paleobiogeográfica del sistema de plataformas instaladas alrededor de Iberia durante el Jurásico Inferior.

RESULTADOS

Las sucesiones faunísticas de braquiópodos del sector Ibero-Levantino se registran en el Pliensbachiense terminal-Toarciense. Este intervalo comprende un periodo de cambios ambientales significativos, incluyendo una severa crisis biótica que supuso un importante evento de extinción (ETMEE) y/o reemplazamientos en la fauna de braquiópodos

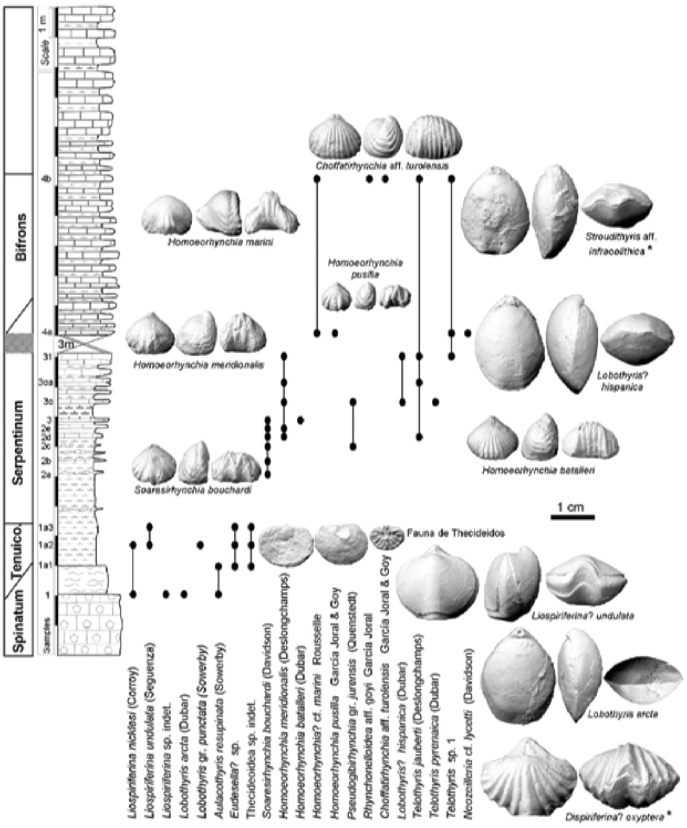


Figura 1. Distribución estratigráfica de los braquiópodos en la sección de Sot de Chera, complementados con algunos taxones distintivos de las asociaciones definidas provenientes del resto de localidades prospectadas (* en *D.*? *oxyptera* y *S.* aff. *infraoolithica*). Se ilustran algunos de los taxones más representativos de las distintas asociaciones establecidas.

(e.g. Vörös, 2002, García Joral *et al*., 2011; Baeza-Carratalá *et al*., 2015). Las asociaciones reconocidas muestran una gran similitud con las del resto de áreas epicontinentales de la Cordillera Ibérica y se han definido siguiendo los mismos criterios paleobiogeográficos y cronoestratigráficos que en dichos sectores (e.g. García Joral y Goy, 2000; García Joral et al., 2011), si bien presentan unos atributos y bioeventos diferenciadores:

Asociación 1: [=As. 1 (García Joral y Goy, 2000; García Joral *et al*., 2011)]. Conformada por *Lobothyris* gr. *punctata*, *L. subpunctata, Aulacothyris resupinata*, *Liospiriferina nicklesi* y *Liospiriferina* sp. ind. Registrada en el techo de la Fm Barahona o niveles equivalentes y primeros tramos de la Fm Turmiel. Edad: Cronozona Spinatum-parte baja de Tenuicostatum.

Asociación 2: [=As. 1 (García Joral y Goy, 2000); =As. 2 (García Joral *et al*., 2011)]. Los taxones más distintivos son *Quadratirhynchia attenuata, Liospiriferina undulata, Lobothyris arcta* y una nutrida fauna de Thecideidos, algunos tentativamente atribuidos al género *Eudesella*. Como fauna asociada, son también típicos *Aulacothyris iberica*, *Dispiriferina*? *oxyptera* y *Liospiriferina* cf. *terebratuloides*. Fm Turmiel. Cronozona Tenuicostatum, aunque algunos taxones pueden coexistir con la As. 1 en la parte terminal de Spinatum.

Asociación 3: [=As. 2 (García Joral y Goy, 2000); =As. 3 (García Joral et al., 2011)]. Caracterizada por niveles monoespecíficos de *Soaresirhynchia bouchardi*, solapándose en sus últimos registros con algunos Rhynchonéllidos de la asociación suprayacente. Fm Turmiel. Cronozona Serpentinum (parte inferior), normalmente registrada en la Subzona Elegantulum.

Asociación 4: [=As. 3 (García Joral y Goy, 2000); =As. 4 (García Joral et al., 2011)]. Compuesta por *Homoeorhynchia meridionalis, H. batalleri, Pseudogibbirhynchia* gr. *jurensis, Telothyris jauberti, T. pyrenaica y Lobothyris? hispanica*. Fm Turmiel. Cronozonas Serpentinum-Bifrons (parte basal).

Asociación 5: [=As. 5 (García Joral y Goy, 2000)]. Representada por *Homoeorhynchia*? *marini, H. pusilla, Choffatirhynchia* aff. *turolensis*, *Rhynchonelloidea* aff. *goyi*, *Telothyris* sp. 1, *Stroudithyris* aff. *infraoolithica, Stroudithyris* sp. 1 y *Neozeilleria* cf. *lycetti*. Fm Casinos. Cronozonas Bifrons-Variabilis.

Asociación 6: [=As. 6 (García Joral y Goy, 2000)]. Únicamente identificada por la presencia de *Rhynchonelloidea goyi* y terebratúlidos indeterminables de gran talla. Fm Casinos. Cronozonas Pseudoradiosa-Aalensis.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La sucesión faunística registrada revela las variaciones de diversidad y composición taxonómica de las asociaciones de braquiópodos pre- y post-ETMEE. El análisis realizado sugiere una serie de atributos y bioeventos característicos de este sector, que lo diferencian de los sectores y/o dominios paleogeográficos adyacentes:

a) Desde un enfoque paleobiogeográfico, no se registra (pre-ETMEE) ningún taxón distintivo de la región Mediterránea, al contrario que en las cuencas Béticas contiguas. Se descarta así el carácter transicional e incluso "bético" que autores previos conferían a los afloramientos meridionales del sector Ibero-Levantino (Bizon *et al*., 1966; Champetier, 1972).
b) *Liospiriferina undulata* posee mucha mayor diversidad intraespecífica y abundancia en este sector que en el resto de la Cordillera Ibérica e incluso que en las demás plataformas peri-Ibéricas. Su registro, muy característico del margen nord-africano, se limita a unos pocos niveles, probablemente coincidiendo con un máximo térmico, justo pre-ETMEE.
c) Primer hallazgo de un nivel de thecideidos jurásicos en la Península Ibérica. Únicamente se habían hallado registros aislados de *Davidsonella moorei* por Gahr (2002) en materiales más modernos. La abundancia y considerable tamaño de los thecideidos tipifica un nivel guía pre-ETMME, correlacionable en todas las secciones estudiadas del sector Ibero-Levantino. En el Tethys Occidental, únicamente se registran faunas análogas de thecideidos (aunque no conespecíficas de las ibéricas), en posición estratigráfica equivalente, en regiones de latitudes más altas (cuencas Normando-Británicas), formando parte de las "koninckella-beds". En las cuencas marginales de Iberia en las que se registran capas de koninckínidos (como la Lusitánica), no se han documentado esta asociación de thecideidos.

d) En la Cordillera Ibérica, los registros previos al ETMEE del género *Lobothyris* no sobrepasan temporalmente los de spiriferínidos. Sin embargo, en este sector es patente la profusión de *Lobothyris* dominando las asociaciones, incluso en niveles suprayacentes al LAD de *L. undulata*. Por el contrario, la diversificación y radiación que experimenta el grupo de *Liospiriferina* gr. *falloti* y que tipifica la transición Pliensbachiense-Toarciense en el resto de la cuenca, no se advierte en este sector.

e) Tras el ETMEE, se confirma, como en el resto del Tethys occidental, la estrategia oportunista de *Soaresirhynchia bouchardi* colonizando hábitats vacantes e iniciando la fase de repoblación. En este sector, a los niveles monoespecíficos y de gran variabilidad intraespecífica de *S. bouchardi* le sigue una transición a la asociación 4 suprayacente, coexistiendo transitoriamente con algunos taxones de esta última.

f) Prematura aparición de la Asociación 5. En el Toarciense-Aaleniense de la Cordillera Ibérica, las sucesiones faunísticas de braquiópodos están muy condicionadas por los continuos cambios de facies (García Joral *et al*., 1990). En el sector Ibero-Levantino, el tránsito de facies margosas (Fm Turmiel) a carbonatadas (Fm Casinos) es anterior (Bifrons-Variabilis) al resto de la cuenca (Gómez, 1979), por lo que los taxones que tipifican la Asoc. 5 o incluso morfotipos afines a algunos constituyentes de la Asoc. 6 (*R. aff. goyi*) se registran con anterioridad.

g) No existe registro de braquiópodos en las cronozonas Thouarsense-Dispansum. El siguiente registro corresponde a la Asoc. 6, menos diversa en este sector que en otros más septentrionales.

h) Escasa representación de Zeilléridos en el sector, limitados a las especies de *Aulacothyris* en la transición Pb-To y a la ocasional presencia de *Neozeilleria* cf. *lycetti* en la Asoc. 5. Así, zeilléridos que en otros sectores tipifican distintos intervalos (e.g. *Z. quadrifida, Z. sarthacensis, Z. culeiformis, A. blakei*), no se registran en el sector Ibero-Levantino, probablemente condicionados por la dependencia de las facies aludida anteriormente.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado bajo el marco del grupo de investigación VIGROB-167 (Universidad Alicante) y del proyecto CGL2015-66604 del MINECO.

REFERENCIAS

Baeza-Carratalá, J.F., García Joral, F., Giannetti, A. y Tent-Manclus, J.E. 2015. Evolution of the last koninckinids (Athyridida, Koninckinidae), a precursor signal of the Early Toarcian mass extinction event in the Western Tethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 429, 41-56.

Bizon, G., Champetier, Y., Guérin-Franiatte, S. y Rollet, A. 1966. Présence de *Bouleiceras nitescens* dans l'est des Cordillières bétiques. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 8, 901–904.

Champetier, Y. 1972. *Le Prébétique et Ibérique côtiers dans le Sud de la Province de Valence et le Nord de la Province d'Alicante (Espagne).* Nancy (Thèse Doct.) Sciences de la Terre. Mémoire, 24, 170 pp.

Comas-Rengifo, M.J. y Goy, A. 1975. Estratigrafía y paleontología del Jurásico de Ribarredonda (Guadalajara). *Estudios Geológicos,* 31, 297-339.

Dubar, G. 1931. Brachiopodes liassiques de Catalogne et des régions voisines. *Butlletí Institució Catalana Historia Natural,* 31, 103-180.

Gahr, M.E. 2002. Palökologie des Makrobenthos aus dem Unter-Toarc SW-Europas. *Beringeria,* 31, 3-204.

García Joral, F. y Goy, A. 1984. Características de la fauna de braquiópodos del Toarciense Superior en el Sector Central de la Cordillera Ibérica (Noreste de España). *Estudios Geológicos*, 40, 55-60.

García Joral, F. y Goy, A. 2000. Stratigraphic distribution of Toarcian brachiopods from the Iberian Range (Spain) and its relation to depositional sequences. *Georesearch Forum*, 6, 381-386.

García Joral, F. y Goy, A. 2009. Toarcian (Lower Jurassic) brachiopods in Asturias (Northern Spain): stratigraphic distribution, critical events and palaeobiogeography. *Geobios,* 42, 255-264.

García Joral, F., Gomez, J.J. y Goy, A. 2011, Mass extinction and recovery of the Early Toarcian (Early Jurassic) brachiopods linked to climate change in northern and central Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 302, 367-380.

García Joral, F., Goy, A. y Ureta, S. 1990. Las sucesiones de braquiópodos en el tránsito Lías-Dogger en la Cordillera Ibérica. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 14, 55-65.

Gómez, J.J. 1979. El Jurásico en facies carbonatada del sector Levantino de la Cordillera Ibérica. Tesis Doctoral. *Seminarios de Estratigrafía* (monog.), 4, 683 pp.

Goy, A. y Robles, F. 1975. Resultado de un estudio sobre braquiópodos liásicos del NE de Guadalajara. *Boletín Real Sociedad Española de Historia Natural* (vol. ext.), 1, 243-255.

Goy, A., Comas-Rengifo, M. J. y García-Joral, F. 1984. The Liassic bachiopods of the Iberian Range (Spain): Stratigraphic distribution and biozonation. *International Symposium on Jurassic Stratigraphy*, Erlangen, 1, 227-250.

Vörös, A. 2002. Victims of the Early Toarcian anoxic event: the radiation and extinction of Jurassic Koninckinidae (Brachiopoda). *Lethaia,* 35, 345-357.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LOS YACIMIENTOS DEL BARREMIENSE SUPERIOR DE LAS "HOCES DE BETETA" (CUENCA, ESPAÑA): CONTEXTO GEOLÓGICO Y CONTENIDO PALEONTOLÓGICO

F. Barroso-Barcenilla[1,2], J. Audije-Gil[1], E. Barrón[3], M. Berrocal-Casero[2], H.A. Blain[4], A.M. Bravo[5], P.M. Callapez[6], O. Cambra-Moo[7], F. Escaso[8], C. Martín-Closas[9], F. Ortega[8], A. Pérez-García[8], N. del Pino[2, I]. Prieto[2], J.M. Rodríguez-Lázaro[10], A. Ruiz-Galván[2], J.L. Sanz[11], M. Segura[1] y P. Sevilla[2]

[1] Departamento de Geología y Geografía (Grupo de Investigación IberCreta),
Universidad de Alcalá de Henares, 28871 Alcalá de Henares, España.
[2] Departamento de Paleontología (Grupo de Investigación Procesos Bióticos Mesozoicos),
Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, España.
[3] Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España, 28003 Madrid, España.
[4] Àrea de Prehistòria (Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social),
Universitat Rovira i Virgili, 43003 Tarragona, España.
[5] Colecciones de Paleontología de Invertebrados y Paleobotánica, Museo Nacional de Ciencias Naturales, 28006 Madrid, España.
[6] Departamento de Ciências da Terra (Centro de Investigação da Terra e do Espaço),
Universidade de Coimbra. 3000-134 Coimbra, Portugal.
[7] Departamento de Biología (Grupo de Investigación Laboratorio de Poblaciones del Pasado),
Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España.
[8] Departamento de Física Matemática y de Fluidos (Grupo de Investigación Biología Evolutiva),
Universidad Nacional de Educación a Distancia, 28040 Madrid, España.
[9] Departament d'Dinàmica de la Terra i l'Oceà, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, 08028 Barcelona, España.
[10] Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencia y Tecnología,
Universidad del País Vasco/Euskal Herriko Unibertsitatea, 48080 Bilbao, España.
[11] Departamento de Biología (Grupo de Investigación Biología Evolutiva), Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España.

RESUMEN

Los tres yacimientos de vertebrados del Barremiense superior descubiertos recientemente en las "Hoces de Beteta" (Vadillos-1, Vadillos-2, El Tobar) se encuentran situados en facies "Weald" pertenecientes a la Formación Arenas y Arcillas de El Collado. En ellos, se han identificado distintos tipos de fósiles correspondientes a plantas (macrorrestos, carofitas, palinomorfos), ostrácodos, moluscos (bivalvos, gasterópodos), peces, anfibios, tortugas, crocodiliformes y dinosaurios (anquilosaurios, ornitópodos, terópodos).

Palabras clave: Cordillera Ibérica, Cretácico Inferior, Estratigrafía, Paleontología, facies "Weald".

ABSTRACT

The three upper Barremian vertebrate sites discovered recently in the "Hoces de Beteta" (Vadillos-1, Vadillos-2, El Tobar) are located in "Weald" facies materials belonging to the El Collado Sandstone and Clay Formation. In them, different fossils corresponding to plants (macroremains, charophytes, palynomorphs), ostracods, molluscs (bivalves, gastropods), fishes, amphibians, turtles, crocodyliforms and dinosaurs (ankylosaurs, ornithopods, theropods) have been collected.

Key words: Iberian Range, Lower Cretaceous, Stratigraphy, Palaeontology, "Weald" facies.

INTRODUCCIÓN

A finales de los años sesenta del pasado siglo, varios científicos franceses (Curnelle, 1968; Lapparent *et al*., 1969), estudiando el Cretácico Inferior de la Serranía de Cuenca (Cordillera Ibérica), citaron restos de macrovertebrados en las "Hoces de Beteta" (Provincia de Cuenca, centro de España). Entre los fósiles dispersos hallados en las proximidades de la localidad de Puente de Vadillos, identificaron varias vértebras y costillas que fueron atribuidas a *Iguanodon* sp., y algunas vértebras de saurópodos y terópodos. El material paleontológico obtenido fue posteriormente revisado en detalle, reconociéndose también una vértebra de saurópodo clasificada como Titanosauriformes *indet*. (Ruiz-Omeñaca y Canudo, 2003). El reciente descubrimiento y exploración de tres nuevos yacimientos en las Hoces de Beteta, denominados Vadillos-1, Vadillos-2 y El Tobar (Prieto *et al*., 2013; Ruiz-Galván *et al*., 2013) ha proporcionado material paleontológico adicional (atribuido a carofitas, ostrácodos, peces, tortugas, crocodiliformes y dinosaurios, entre otros), que está siendo estudiado en detalle en la actualidad.

CONTEXTO GEOLÓGICO

Al igual que otros yacimientos de edad equivalente en la región (Las Hoyas, Uña, Buenache de la Sierra), geológicamente, Vadillos-1, Vadillos-2 y El Tobar (Fig. 1a) se encuentran en la denominada facies "Weald", compuesta por conglomerados, areniscas, lutitas, margas, calizas y localmente lignitos, que en la Serranía de Cuenca constituye depósitos bastante amplios, dispuestos en la base de los cuerpos del Cretácico (Meléndez, 1971, 1972). Dentro de estos materiales pueden distinguirse dos unidades litoestratigráficas, equivalentes en edad por cambio lateral de facies, pero formadas en sistemas sedimentarios diferentes, la Formación Arenas y Arcillas de El Collado y la Formación Calizas de La Huérguina (Vilas *et al*., 1982). La primera de ellas, en la cual se ubican los yacimientos de las Hoces de Beteta, está compuesta fundamentalmente por arenas heterométricas arcósicas (a veces incluso conglomeráticas) y arcillas. En la mayor parte de este sector, la Formación El Collado se apoya directamente sobre la Formación Calizas Bioclásticas de Barahona (Goy *et al*., 1976), y a su techo se encuentra limitada por la Formación Arenas de Utrillas (Aguilar *et al*., 1971).

Litológicamente, Vadillos-1 presenta, sobre calizas bioclásticas de la Formación Barahona, una sucesión de lutitas marrones, grises y rojas con intercalaciones de areniscas oncolíticas hacia techo. Vadillos-2 muestra la misma sucesión, pero con un mayor desarrollo de los intervalos carbonatados, destacando un nivel de calizas arenosas intercalado en las lutitas grises. Por su parte, El Tobar presenta, sobre calizas tableadas lacustres de la Formación La Huérguina, la indicada sucesión de lutitas marrones, grises y rojas, pero con abundantes intercalaciones areniscosas canaliformes en su parte media y superior (Fig. 1b). E stos materiales se depositaron en diferentes entornos de un sistema aluvial, en general en zonas relativamente distales (ausencia de brechas y conglomerados) y parcialmente inundadas por pequeñas áreas lacustres o palustres. Los depósitos arcillosos y carbonatados corresponderían a las llanuras de inundación de este sistema. Por su parte, las intercalaciones arenosas podrían corresponder a pequeños canales distribuidores de tipo "braided", que desplazarían el sedimento generando estructuras de corriente, como estratificaciones cruzadas. La energía del sistema también propició la formación de oncolitos, los cuales resultan relativamente abundantes en las intercalaciones arenosas.

CONTENIDO PALEONTOLÓGICO

Plantas

Los restos de vegetales obtenidos en los yacimientos de las Hoces de Beteta consisten básicamente en macrorrestos indeterminados de maderas carbonificadas, relativamente abundantes en Vadillos-1, y numerosos oogonios de carofitas y granos de polen (Fig. 2a). En concreto, la asociación de carofitas incluye *Atopochara trivolvis triquetra, Globator maillardii trochiliscoides* y *Clavator harrisii harrisii*. Las dos primeras formas se han obtenido en

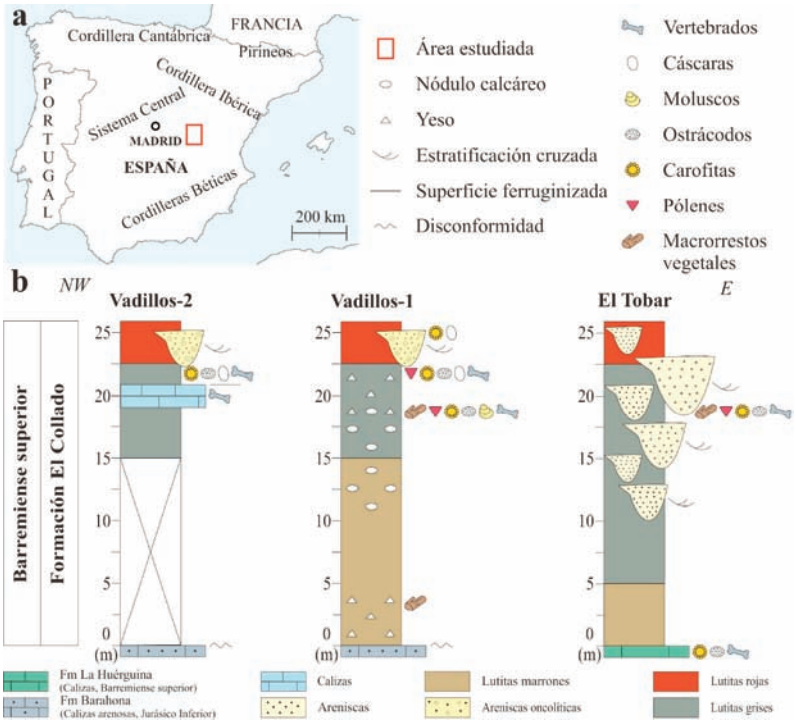


Figura 1. Localización geográfica general de los yacimientos de las "Hoces de Beteta" (a). Panel de correlación de Vadillos-1, Vadillos-2 y El Tobar, mostrando los principales intervalos litoestratigráficos, y la distribución bioestratigráfica simplificada de sus principales fósiles (b).

los tres yacimientos, mientras que *C. harrisii harrisii*, por el momento, sólo se ha recogido en Vadillos-2. *Atopochara trivolvis triquetra* presenta grandes utrículos con la característica simetría trirradiada descrita por Grambast (1968). *Globator maillardii trochiliscoides* desarrolla una estructura altamente espiralizada que dificulta el reconocimiento de su simetría trirradiada, como destaca Grambast (1966). Por su parte, *C. harrisii harrisii*, según indica Peck (1941), muestra dos característicos abanicos bracteales opuestos. Esta asociación resulta similar a la descrita por Vicente y Martín-Closas (2013) en la Formación La Huérguina, equivalente lateral de la Formación El Collado, y pertenece al Barremiense superior, en concreto a la biozona de *Ascidiella cruciata-Pseudoglobator paucibracteatus*. Asimismo, se han obtenido dos asociaciones palinológicas, la primera en Vadillos-1 y la segunda en El Tobar. Ambas presentan una composición típicamente mesofítica, caracterizada por una dominancia numérica de granos de polen anemófilos de gimnospermas (*Classopollis*, *Monosulcites*, *Inaperturopollenites*, *Araucariacites*) y alta diversidad de esporas de criptógamas vasculares (*Appendicisporites*, *Cicatricosisporites*, *Ischyosporites*, *Patellasporites*, *Pilosisporites*). Los granos de polen de angiospermas aparecen de forma anecdótica en las asociaciones estudiadas, correspondiendo éstas a bosques de coníferas con sotobosques de criptógamas vasculares y formaciones xeromórficas caracterizadas por cheirolepidiáceas.

Ostrácodos

La asociación de ostrácodos se encuentra compuesta fundamentalmente por especies del género *Cypridea*. En concreto, se han identificado numerosos ejemplares de *Cypridea* gr. *modesta*, *Cypridea* cf. *C. isasae*, *Cypridea* sp. aff. *C. moneta* y *Cypridea* sp. 1. También se han reconocido algunos representantes del mismo grupo que presentan caparazones mal preservados de gran tamaño, con solapamiento normal, superficie lisa y rostro ligeramente redondeado, por lo que se han

dejado provisionalmente en nomenclatura abierta como *Cypridea* sp. 2, y varios ejemplares, igualmente mal preservados, de *Mantelliana* sp. Esta asociación, relativamente escasa en comparación con la de otros yacimientos próximos del Barremiense superior (Schudack y Schudack, 2009), ha podido sufrir la pérdida de taxones (*e.g., Darwinula, Theriosynoecum*) por efecto de la alteración tafonómica, por lo que se considera como sólo parcialmente representativa de la diversidad original.

Moluscos

En Vadillos-1 aparecen moluscos bivalvos y gasterópodos. El bivalvo más representativo y completo corresponde a un molde interno que presenta 2 cm de alto y 4 cm de ancho. Es inequilateral, comprimido, de contorno suboval y sobre su molde pueden distinguirse líneas de crecimiento concéntricas. Estas características parecen corresponder con las del Orden Unionoida. El material restante se compone de moldes internos de bivalvos incompletos y fragmentados con las mismas características que el descrito anteriormente, por lo que probablemente también corresponda a uniónidos. Todos los gasterópodos obtenidos se encuentran preservados como moldes internos de 1-2 cm de longitud y 0.5-2 cm de ancho. Presentan una concha turbiniforme, con 3-4 espiras de bordes redondeados, siendo la última vuelta considerablemente más grande que las anteriores. A pesar de ser moldes internos, en algunos casos se distinguen las líneas en espiral de las vueltas. Estas características son representativas del género *Viviparus* (Fig. 2b).

Microfósiles de vertebrados

Entre los microfósiles de vertebrados, muy abundantes en los tres yacimientos, se han identificado numerosos restos de peces, destacando entre ellos las escamas ganoideas (relativamente frecuentes en Vadillos-1 y Vadillos-2), los dientes y los fragmentos óseos. Los anfibios se encuentran representados por un par de fragmentos de hueso, un dentario y un maxilar, recuperados en Vadillos-1. Estos restos se han asignado provisionalmente a un albanerpetónido. Los restos de microvertebrados más comunes en los tres yacimientos corresponden a los de reptiles, tratándose principalmente de dientes y fragmentos óseos. La mayoría de estos dientes han sido asignados a crocodiliformes neosuquios del género *Bernissartia*, relativamente comunes en el Cretácico Inferior. La segunda tipología de dientes encontrada ha sido asignada a crocodiliformes goniofolídidos. Vadillos-1 también ha proporcionado numerosos fragmentos de cáscaras de huevo (N>1200), de un tamaño aproximado de 1-4 mm^2. De forma preliminar, pueden distinguirse, al menos, tres morfotipos distintos, entre los que destacan los de crocodilomorfo, que suponen el tipo más abundante identificado hasta el momento (aproximadamente un 30%). La mayor parte de estos fragmentos presentan un grosor inferior a 400 micras, coherente con la frecuencia de amniotas de pequeño tamaño en esta localidad. En Vadillos-2, la abundancia de fragmentos de cáscara es netamente inferior a la de Vadillos-1 y, por el momento, El Tobar no ha proporcionado ningún resto de este tipo, a pesar de que también cuenta con registro de crocodiliformes de pequeña talla.

Macrofósiles de vertebrados

El registro de macrovertebrados está compuesto por restos de tortugas, crocodiliformes y dinosaurios, coincidiendo en parte con lo observado por otros autores en la región (Lapparent *et al*. 1969; Ruiz-Omeñaca y Canudo, 2003). Se han reconocido algunos fragmentos óseos que corresponden a placas óseas de, al menos, un taxón de tortuga. Estos restos han sido identificados como cf. Eucryptodira, el clado más diverso de quelonios en el Cretácico Inferior de la Península Ibérica. Los crocodiliformes están representados por fragmentos de osteodermos y un centro de vértebra cervical postaxial. El aspecto general de la vértebra corresponde con la de un neosuquio basal. Los fragmentos de osteodermos, bastante incompletos, parecen coincidir también con formas de neosuquios. Los restos de dinosaurio recogidos corresponden principalmente a vértebras aisladas, arcos neurales y fragmentos de costillas, de falanges y de un osteodermo, entre los que se encuentran representados anquilosaurios, ornitópodos y terópodos. En concreto, el material de anquilosaurio, que no había sido citado con anterioridad en el Cretácico Inferior de Cuenca, incluye una vértebra dorsal y otra caudal, y un osteodermo procedentes de Vadillos-1. Tres centros vertebrales (uno cervical y otro sacro de Vadillos-1, y otro probablemente cervical de El Tobar) y una falange ungular pedal han sido asignados a pequeños ornitópodos indeterminados. Finalmente, los terópodos se encuentran representados únicamente por una falange ungular bastante incompleta hallada en El Tobar (Fig. 2c-d).

Figura 2. Fósiles del nivel de lutitas grises del yacimiento de Vadillos-1. Macrorrestos de maderas carbonificadas (a). Molde de gasterópodo *Viviparus* sp. en el interior de un molde calcáreo (b). Restos óseos de dinosaurios (c, d).

AGRADECIMIENTOS

Trabajo dedicado al Prof. Dr. Antonio Goy, de la Universidad Complutense de Madrid, impulsor de los estudios sobre el Cretácico en el Departamento de Paleontología. Nuestro agradecimiento al Prof. D. Santiago Prieto Villar, de la Universidad de Castilla-La Mancha, y al Excmo. Ayuntamiento de Beteta y la Dirección General de Patrimonio y Museos de la Junta de Castilla-La Mancha, por facilitar y autorizar esta investigación. Ayudas para Contratos Predoctorales de Personal Investigador en Formación CT45/15-CT46/15 de la Universidad Complutense de Madrid, y Proyectos de Investigación PEJ2014-A13668, CGL2015-66604 y CGL2015-68363 del Ministerio de Economía y Competitividad (España).

REFERENCIAS

Aguilar, M.J., Ramírez del Pozo, J. y Riba, O. 1971. Algunas precisiones sobre la sedimentación y paleoecología del Cretácico inferior en la zona de Utrillas-Villarroya de los Pinares (Teruel). *Estudios Geológicos*, 27, 497-512.

Curnelle, R. 1968. Études géologiques dans la Serranía de Cuenca, entre Priego et Beteta (Espagne Centrale). PhD Thesis, Université de Bordeaux, Bordeaux, 175-177.

Goy, A., Gómez, J.J. y Yébenes, A. 1976. El Jurásico de la Rama Castellana de la Cordifiera Ibérica (mitad Norte): 1. Unidades litoestratigráficas. *Estudios Geológicos*, 32, 391-423.

Grambast, L. 1966. Un nouveau type structural chez les Clavatoracées, son intérêt phylogénetique et stratigrafique. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences (Paris)*, 262, 1929-1932.

Grambast, L. 1968. Evolution of the utricle in the charophyta genera *Perimneste* Harris and *Atopochara* Peck. *Journal of the Linnean Society (Botany)*, 61, 5-11.

Lapparent, A.F. de, Curnelle, R., Defaut, B., Miroschedji, A. de, Pallard, B. 1969. Nouveaux gisements de Dinosaures en Espagne centrale. *Estudios Geológicos*, 25, 311-315.

Meléndez, F. 1971. Estudio geológico de la Serranía de Cuenca en relación a sus posibilidades petrolíferas. Tesis Doctoral, Universidad de Madrid, Madrid, 245 p.

Meléndez, F. 1972. El sinclinal Cretácico del Alto Tajo-Valdecabriel (Serranía de Cuenca). *Boletín Geológico y Minero*, 83, 211-220.

Peck, R.E. 1941. Lower Cretaceous Rocky Mountain non marine microfossils. *Journal of Paleontology*, 15, 285-304.

Prieto, I., Segura, M., Sevilla, P. 2013. Geology and stratigraphy of the new Barremian vertebrate sites in the Beteta Gorges (Cuenca, Spain). En: García-Hidalgo, J.F., Gil Gil, J., Barroso-Barcenilla, F., López Olmedo, F., Díaz de Neira, J.A. (eds.), *V Congreso del Cretácico de España*. IGME, Madrid, 72.

Ruiz-Galván, A., Barroso-Barcenilla, F., Sanz, J.L. 2013. Fossil content of the new vertebrate sites in the Lower Cretaceous of the Beteta Gorges (Cuenca, Spain). En: García-Hidalgo, J.F., Gil Gil, J., Barroso-Barcenilla, F., López Olmedo, F., Díaz de Neira, J.A. (eds.), *V Congreso del Cretácico de España*. IGME, Madrid, 74.

Ruiz-Omeñaca, J.I. y Canudo, J.I. 2003. Dinosaurios (Saurischia, Ornitischia) en el Barremiense (Cretácico Inferior) de la Península Ibérica. En: Pérez-Lorente, F. (ed.), *Dinosaurios y otros Reptiles Mesozoicos en España*. Instituto de Estudios Riojanos, Logroño, 269-312.

Schudack, U. y Schudack, M. 2009. Ostracod biostratigraphy in the Lower Cretaceous of the Iberian chain (eastern Spain). *Journal of Iberian Geology*, 35, 141-168.

Vicente, A. y Martín-Closas, C. 2013. Lower Cretaceous charophytes from the Serranía de Cuenca, Iberian Chain: Taxonomy, biostratigraphy and palaeoecology. *Cretaceous Research*, 40, 227-242.

Vilas, L., Mas, J.R., García, A., Arias, C., Alonso, A., Melendez, N. y Rincón, R. 1982. Ibérica Suroccidental. En: García, Á. (ed.), *El Cretácico de España*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 457-514.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LA SECCIÓN CENOMANIENSE-TURONIENSE DE TAMAJÓN GUADALAJARA, ESPAÑA): CONTEXTO GEOLÓGICO Y CONTENIDO PALEONTOLÓGICO

F. Barroso-Barcenilla[1,2], M. Berrocal-Casero[2], P.M. Callapez[3], B. Carenas[4], F. García Joral[2], J.F. García-Hidalgo[1], J. Gil-Gil[1], A. Goy[2], V.F. Santos[5], M. Segura[1] y P. Sevilla[2]

[1] Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente
(Grupo de Investigación IberCreta), Universidad de Alcalá, 28871 Alcalá de Henares, España.
[2] Departamento de Paleontología (Grupo de Investigación Procesos Bióticos Mesozoicos),
Universidad Complutense de Madrid. 28040 Madrid, España.
[3] Departamento de Ciências da Terra (Centro de Investigação da Terra e do Espaço),
Universidade de Coimbra. 3000-134 Coimbra, Portugal.
[4] Departamento de Geología y Geoquímica (Grupo de Investigación IberCreta),
Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España.
[5] Museu Nacional de História Natural e da Ciência, Universidade de Lisboa. 1250-102 Lisboa, Portugal.

RESUMEN

El Cenomaniense medio-Turoniense inferior de la sección de Tamajón incluye tres unidades litoestratigráficas, y contiene, entre otros fósiles, rastros de cocodrilomorfos, braquiópodos, bivalvos, gasterópodos, cefalópodos, equinodermos y peces.

Palabras clave: Cuenca Ibérica, Cretácico Superior, bioestratigrafía, paleontología, fósiles.

ABSTRACT

The middle Cenomanian-lower Turonian of the Tamajón section includes three lithostratigraphic units, and provides crocodylomorph trackways, brachiopods, bivalves, gastropods, cephalopods, echinoderms and fishes, among other fossils.

Key words: Iberian Basin, Upper Cretaceous, biostratigraphy, palaeontology, fossils.

INTRODUCCIÓN

Uno de los primeros estudios bioestratigráficos del Cretácico Superior de la sección de Tamajón (Provincia de Guadalajara, centro de España) fue realizado por el Profesor A. Goy, con motivo de la preparación de la Hoja de Valdepeñas de la Sierra del Mapa Geológico de España (Portero García *et al.*, 1982). Una vez descubierto su potencial científico y didáctico, la sección fue objeto de diversas visitas que permitieron la obtención de abundante material paleontológico (principalmente invertebrados marinos), la lectura de una Tesis de Licenciatura (Meléndez,

1984), y el diseño de excursiones didácticas. Desde entonces, Tamajón ha permitido la enseñanza en campo de la Paleontología a numerosas promociones de geólogos, principalmente de la Universidad Complutense de Madrid, y la publicación de estudios sistemáticos (*e.g.*, Barroso-Barcenilla y Goy, 2007, 2009, 2010; Barroso-Barcenilla *et al.*, 2009; Segura *et al.*, 2016), estratigráficos (*e.g.*, Gil y García, 1996) y sedimentológicos (*e.g.*, García-Hidalgo *et al.*, 2007; Segura y Elorza, 2013). Recientemente, la Paleontología de la sección ha suscitado, incluso, el interés de instituciones como la National Geographic Society (Reportaje "Crocodilos Ibéricos", National Geographic Portugal, Mayo 2016), demostrando con ello el elevado potencial no sólo científico, sino también didáctico y divulgativo de Tamajón.

CONTEXTO GEOLÓGICO

La sección del Cretácico de Tamajón se localiza al sursureste del municipio que le da nombre, en el paraje denominado Loma de La Horca en la Hoja de Valdepeñas de la Sierra (485) del Mapa Geológico de España. Descansa discordante sobre areniscas conglomeráticas rojizas, del Triásico en facies Buntsandstein. La serie cretácica, cuyas unidades litoestratigráficas han sido revisadas por Gil *et al.* (2004, 2010), comienza con la Formación Arenas de Utrillas (Aguilar *et al.*, 1971), constituida por un nivel de conglomerados basales (Segura y Elorza, 2013) sobre el que descansan unos 20 m de areniscas blancas u ocres (Miembro Atienza) en las que se intercalan niveles de microconglomerados y lutitas, siendo estas últimas progresivamente más abundantes hacia techo. Estas areniscas se atribuyen al Cenomaniense medio-superior basal, en función de su posición estratigráfica y por correlación con afloramientos situados al Este. En general, presentan escasos restos fósiles (por el momento, en su parte baja sólo se han reconocido fragmentos de troncos de gimnospermas), destacando la presencia en su parte media de un nivel de areniscas ferruginosas con icnitas de cocodrilomorfos, de un posible dinosaurio, y de peces, que corresponde a un depósito de margen de un canal con influencia mareal (Segura *et al.*, 2016). En su parte alta, también presenta algunos fósiles marinos, como bivalvos y ammonites (Meléndez, 1984; Barroso-Barcenilla *et al.*, 2009).

Sobre esta unidad, aflora un tramo de unos 3 m de dolomías con gran continuidad lateral, que parece corresponder a la Formación Dolomías tableadas de Villa de Vés (Vilas *et al.*, 1982) y que contiene escasos fósiles de bivalvos y cefalópodos (Meléndez, 1984; Barroso-Barcenilla *et al.*, 2009). Por encima, destaca la Formación Margas de Picofrentes (Floquet *et al.*, 1982), constituida por unos 40 m de lutitas, calizas bioclásticas y margas grises. Comprende parte del Cenomaniense superior no basal y el Turoniense inferior. Sus tramos margosos resultan especialmente fosilíferos, con algunos braquiópodos y abundantes bivalvos, gasterópodos, ammonites, equinodermos y dientes de seláceos (Meléndez, 1984; Barroso-Barcenilla *et al.*, 2009). Sobre ella, aflora un tramo de calcarenitas, calizas margosas y dolomías, con escaso contenido fosilífero, que puede considerarse la parte alta de la Formación Dolomías de la Ciudad Encantada (Meléndez, 1971) y que, por su posición estratigráfica, se atribuye al Turoniense medio. Al Oeste de Tamajón, estas unidades superiores pasan lateralmente a la Formación Arenas y arcillas de Castro de Fuentidueña (Floquet *et al.*, 1982).

CONTENIDO PALEONTOLÓGICO

Icnofósiles

Sobre la superficie de canales arenosos con influencia mareal de la Formación Utrillas, recientemente han sido identificadas numerosas huellas de pies y manos de cocodrilomorfos, de un pie de posible dinosaurio terópodo de pequeño tamaño y de varios surcos producidos por aletas de peces cuya morfología corresponde con la de *Undichna unisulca* (Segura *et al.*, 2016). En algunos niveles de las formaciones Villa de Vés y Picofrentes no son raros los fósiles de los icnogéneros *Planolites* y *Thalassinoides*, respectivamente, ambos frecuentes en facies marinas.

Braquiópodos

Los ejemplares de este grupo resultan escasos, habiéndose identificado en la parte inferior de la Formación Picofrentes terebratúlidos pertenecientes a *Phaseolina phaseolina*. Esta especie es diagnóstica del Cenomaniense superior-Turoniense inferior, y su importancia como indicador del primero de estos dos subpisos ha sido destacada por Gaspard (2014). En las proximidades de Tamajón, *P. phaseolina* se ha registrado en la base del Turoniense (Berrocal-Casero *et al*., 2013). Actualmente, existe una línea de investigación sobre braquiópodos del Cretácico Superior del Norte de España (Berrocal-Casero *et al*., 2015), que podrá aportar nuevos datos acerca del grupo.

Bivalvos y gasterópodos

Entre los bivalvos, destacan ejemplares de ostreidos *Cerastostreon flabellatum*, *Ilymatogyra pseudoafricana*, *Rhynchostreon suborbiculatum* y *Exogyra (Costagyra) olisiponensis*, y algunos moldes de *Granocardium productum*. También se han recogido bivalvos asignables a *Plicatula auressensis*, y a los géneros *Trigonarca* y *Pholadomya*. Se encuentran igualmente rudistas cuya morfología es comparable a la de *Durania arnaudi*, también identificada en el cercano afloramiento de Santamera (Berrocal-Casero *et al*., 2013). Estas formas, muy representativas de las faunas bentónicas del intervalo, incluyen taxones ampliamente distribuidos por las plataformas carbonatadas ibéricas, francesas y, principalmente, norteafricanas, y revelan condiciones ambientales cálidas, con aguas someras y substratos oxigenados.

Los gasterópodos se encuentran representados en la Formación Picofrentes por asociaciones bentónicas en las que predominan moldes de *Tylostoma ovatum* y *Tylostoma torrubiae*, típicos de facies nodulares de plataforma interna. También se han recogido posibles representantes del género *Drepanocheilus*.

Cefalópodos

Aunque se han identificado fragmentos de nautiloideos *Angulithes mermeti*, la práctica totalidad de los cefalópodos obtenidos corresponde a ammonites procedentes del techo de la Formación Utrillas (muy raros) y de la Formación Villa de Vés y, muy mayoritariamente, de la Formación Picofrentes. Las casi 30 especies identificadas han permitido el establecimiento de una detallada zonación bioestratigráfica (Meléndez, 1984; Barroso-Barcenilla *et al*., 2009), y la correlación de Tamajón con otros afloramientos, tanto de España y Portugal como del resto del suroeste de Europa y del norte de África (Barroso-Barcenilla *et al*., 2011; Segura *et al*., 2014). Entre ellas, destacan especialmente algunas especies, como *Eucalycoceras rowei*, *Neolobites vibrayeanus*, *Metoicoceras geslinianum*, *Vascoceras gamai*, *Spathites (Jeanrogericeras) subconciliatus*, *Vascoceras durandi*, *Choffaticeras* (*Choffaticeras*) *quaasi*, *Vascoceras harttii*, *Vascoceras kossmati*, *Spathites* (*Jeanrogericeras*) *reveliereanus*, *Choffaticeras* (*Leoniceras*) *luciae* y *Fagesia superstes*, por su gran valor bioestratigráfico y amplia distribución. También se han identificado especies con una distribución más reducida, pero muy abundantes en la Península Ibérica y, por tanto, muy representativas de la región, como *Vascoceras barcoicense*, *Spathites* (*Ingridella*) *malladae* y *Choffaticeras* (*Leoniceras) barjonai*, y formas prácticamente exclusivas de la Cuenca Ibérica, como *Vascoceras charoni*, *Spathites* (*Jeanrogericeras*) *saenzi* y *Fagesia mortzestus*.

Equinodermos

En la Formación Picofrentes se han identificado ejemplares de *Tetragramma variolare, Mecaster scutiger* y *Hemiaster bufo*, y representantes del género *Stereocidaris*. Su presencia revela condiciones paleoambientales francamente marinas, euhalinas, con los substratos oxigenados propios de los hemiastéridos infaunales.

Otros invertebrados

En las formaciones Villa de Vés y Picofrentes, también son relativamente frecuentes los fragmentos de corales escleractinios y de pinzas de crustáceos decápodos. Asimismo, son habituales las colonias de briozoos y los tubos de serpúlidos, que se presentan generalmente como epizoos dispuestos sobre otros fósiles.

Restos directos de vertebrados

Estos hallazgos, aunque muy esporádicos, tienden a concentrarse en la parte baja de la Formación Picofrentes, predominando piezas que raramente superan los 10 mm. En la parte alta de la misma unidad, estos restos son más raros, pero habitualmente de mayor talla. En conjunto, los hallazgos consisten en dientes de seláceos lamniformes y de peces óseos, aunque también hay registro ocasional de esquirlas de huesos y fragmentos de dientes asignables a algún reptil marino indeterminado. Entre los seláceos, los dientes más frecuentes presentan morfologías correspondientes a los géneros *Cretolamna* y *Odontaspis*, siendo menos comunes las asimilables a *Squalicorax*, mientras que entre los holósteos, las formas parecen corresponder a las típicas de Pycnodontiformes.

AGRADECIMIENTOS

Ayudas para Contratos Predoctorales de Personal Investigador en Formación CT45/15-CT46/15 de la Universidad Complutense de Madrid, y Proyectos de Investigación CGL2015-66604 y CGL2015-68363 del Ministerio de Economía y Competitividad (España).

REFERENCIAS

Aguilar, M.J., Ramírez del Pozo, J. y Riba, O. 1971. Algunas precisiones sobre la sedimentación y paleoecología del Cretácico inferior en la zona de Utrillas-Villarroya de los Pinares (Teruel). *Estudios Geológicos*, 27, 497-512.

Barroso-Barcenilla, F. y Goy, A. 2007. Revision and new data of the ammonite family Pseudotissotiidae in the Iberian Trough, Spain. *Geobios*, 40, 455-487.

Barroso-Barcenilla, F. y Goy, A. 2009. The ammonite genera *Fagesia* and *Neoptychites* (family Vascoceratidae) in the Iberian Trough, Spain. *Geobios*, 42, 17-42.

Barroso-Barcenilla, F. y Goy, A. 2010. The ammonite genus *Vascoceras* Choffat, 1898 (family Vascoceratidae Douvillé, 1912) in the Iberian Trough, Spain. *Palaeontographica, Abteilung A*, 290, 199-235.

Barroso-Barcenilla, F., Goy, A. y Segura, M. 2009. Ammonite zonation of the upper Cenomanian and Lower Turonian in the Iberian Trough, Spain. *Newsletters on Stratigraphy*, 43, 139-164.

Barroso-Barcenilla, F., Callapez, P., Ferreira Soares, A. y Segura, M. 2011. Cephalopod assemblages and depositional sequences from the upper Cenomanian and lower Turonian of the Iberian Peninsula (Spain and Portugal). *Journal of Iberian Geology*, 37, 9-28.

Berrocal-Casero, M., Barroso-Barcenilla, F., Callapez, P., García Joral, F. y Segura, M. 2013. Bioestratigrafía de macrofósiles del Cenomaniense superior-Turoniense inferior en el área de Santamera y Riofrío del Llano (Guadalajara, España). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 26, 85-106.

Berrocal-Casero, M., García Joral, F. y Barroso-Barcenilla, F. 2015. Morphometric study of asymmetric rhynchonellids from the Coniacian (Upper Cretaceous) of Northern Spain. 7 International Brachiopod Congress. The Brachiopod Word, Nanjing, 4-5.

Floquet, M., Alonso, A. y Meléndez, A. 1982. El Cretácico Superior de Cameros-Castilla. En: García, Á. (ed.), *El Cretácico de España*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 387-456.

García-Hidalgo, J.F., Gil, J., Segura, M. y Domínguez, C. 2007. Internal anatomy of a mixed siliciclastic-carbonate platform: the late Cenomanian-middle Turonian at the southern margin of Spanish Central System. *Sedimentology*, 54, 1245-1271.

Gaspard, D. 2014: Noteworthy brachiopods of the Cenomanian stratotype: A syntesis of the biochronological, palaeoenviromental and palaeoecological implications. *Geobios*, 47, 347-310.

Gil, J. y García, A. 1996. El Cretácico del borde meridional del Sistema Central. Unidades litoestratigráficas y secuencias deposicionales. *Estudios Geológicos*, 52, 37-50.

Gil, J., Carenas, B., García-Hidalgo, J.F., Segura, M. y García, A. 2004. Unidades litoestratigráficas del Cretácico Superior en el centro de España: correlación y revisión. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 17, 249-266.

Gil, J., García-Hidalgo, J.F., Segura, M., López Olmedo, F., García, A., Alberto Díaz de Neira, J., Montes, M. y Nozal, F. 2010. El Cretácico del Sistema Central (España): Registro estratigráfico, contexto deposicional y esquema evolutivo. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica)*, 104, 15-36.

Meléndez, F. 1971. Estudio geológico de la Serranía de Cuenca en relación a sus posibilidades petrolíferas. Tesis Doctoral, Universidad de Madrid, Madrid, 245 p.

Meléndez, I., 1984. Ammonoidea del Cenomaniense superior y Turoniense en el borde sur del Sistema Central, entre Tamajón y Somolinos (Guadalajara). Tesis de Licenciatura, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 175 p.

Portero García, J.M., Aznar Aguilera, J.M., Pérez González, A. y González Lodeiro, F. 1982. Valdepeñas de la Sierra, 485 (20-19). Mapa Geológico de España 1:50.000. Segunda Serie. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

Segura, M. y Elorza, J. 2013. Presencia de ventifactos en las facies Utrillas (Tamajón-Sacedoncillo, borde Suroriental del Sistema Central, Guadalajara): aspectos morfológicos y procedencia. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 26, 47-63.

Segura, M., Barroso-Barcenilla, F., Berrocal-Casero, M., Castanera, D., García-Hidalgo, J.F., Santos, V.F. 2016. A new Cenomanian vertebrate tracksite at Tamajón (Guadalajara, Spain): Palaeoichnology and palaeoenvironmental implications. *Cretaceous Research*, 57, 508-518.

Segura, M., Barroso-Barcenilla, F., Callapez, P., García-Hidalgo, J.F. y Gil, J. 2014. Depositional Sequences and Cephalopod Assemblages in the upper Cenomanian-lower Santonian of the Iberian Peninsula (Spain and Portugal). *Geologica Acta*, 12, 19-27.

Vilas, L., Mas, J.R., García, A., Arias, C., Alonso, A., Melendez, N. y Rincón, R. 1982. Ibérica Suroccidental. En: García, Á. (ed.), *El Cretácico de España*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 457-514.

Anexo sistemático (rangos genéricos y específicos)

Icnofósiles

Planolites Nicholson, 1873

Thalassinoides Ehrenberg, 1944

Undichna unisulca de Gibert *et al*., 1999

Braquiópodos

Phaseolina phaseolina (Valenciennes *in* Lamarck, 1819)

Bivalvos

Cerastostreon flabellatum (Goldfuss, 1833)

Durania arnaudi (Choffat, 1891)

Exogyra (Costagyra) olisiponensis (Sharpe, 1850)

Granocardium productum (Sowerby, 1832)

Ilymatogyra pseudoafricana (Choffat, 1902)

Pholadomya Sowerby, 1823

Plicatula auressensis Coquand, 1862

Rhynchostreon suborbiculatum (Lamarck, 1801)

Trigonarca Conrad, 1862

Gasterópodos

?*Drepanocheilus* Meek, 1864

Tylostoma ovatum Sharpe, 1849

Tylostoma torrubiae Sharpe, 1849

Cefalópodos

Nautiloideos:

Angulithes mermeti (Coquand, 1862)

Ammonoideos:

Choffaticeras (*Choffaticeras*) *quaasi* (Peron, 1904)

Choffaticeras (*Leoniceras*) *barjonai* (Choffat, 1898)

Choffaticeras (*Leoniceras*) *luciae* (Pervinquière, 1907)

Eucalycoceras rowei (Spath, 1926)

Fagesia mortzestus (Barroso-Barcenilla y Goy, 2009)

Fagesia superstes (Kossmat, 1897)

Metoicoceras geslinianum (d´Orbigny, 1850)

Neolobites vibrayeanus (d´Orbigny, 1841)

Spathites (*Ingridella*) *malladae* (Fallot, 1931)

Spathites (*Jeanrogericeras*) *reveliereanus* (Courtiller, 1860)

Spathites (*Jeanrogericeras*) *saenzi* (Wiedmann, 1960)

Spathites (*Jeanrogericeras*) *subconciliatus* (Choffat, 1898)

Vascoceras barcoicense (Choffat, 1898)

Vascoceras charoni (Barroso-Barcenilla y Goy, 2010)

Vascoceras durandi (Thomas y Peron, 1889)

Vascoceras gamai Choffat, 1898

Vascoceras harttii (Hyatt, 1870)

Vascoceras kossmati Choffat, 1898

Equinodermos

Hemiaster bufo Desor, 1847

Mecaster scutiger Forbes *in* Sharpe, 1850

Stereocidaris Pomel, 1883

Tetragramma variolare Brongniart, 1822

Restos directos de vertebrados

Cretolamna Glikman 1958

Odontaspis Agassiz, 1838

Squalicorax Whitley, 1939

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

AMALTHEIDAE E HILDOCERATIDAE (AMMONITINA) DEL PLIENSBACHIENSE SUPERIOR (CRONOZONA SPINATUM) EN LAS CUENCAS SEPTENTRIONALES DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

M.J. Comas-Rengifo[1], L.V. Duarte[2], F.F. Felix[3], A. Goy[1], R. Paredes[1] y R. Silva[4]

[1] Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid. Madrid, España. mjcomas@ucm.es, angoy@ucm.es, ricardo.paredes@ucm.es
[2] Departamento de Ciências da Terra and IMAR-CMA. Universidade de Coimbra, Coimbra, Portugal. lduarte@dct.uc.pt
[3] Escola Secundária de Peniche, Peniche, Portugal. franciscofelix@espeniche.pt
[4] Basin and Reservoir Lab, Department of Earth Sciences, Dalhousie University, Halifax, Canadá. ricardo.silva@dal.ca

RESUMEN

La Cronozona Spinatum en el N de la Península Ibérica, comienza con el primer registro de *Pleuroceras* sobre niveles de la Cronozona Margaritatus (Subcronozona. Gibbosus): *P.* cf. *salebrosum* y *P. transiens* en las secciones de Rodiles y Camino, *P. transiens* en Almonacid de la Cuba y *P. solare* en Peniche. En la Subcronozona. Apyrenum son frecuentes *A. margaritatus*, *P. solare* y *P. spinatum*, asociados a *P. apyrenum* y son raros o inexistentes, los Hildoceratidae excepto en la Cuenca Lusitánica. La Subcronozona. Hawskerense, comienza con *P. hawskerense*, asociado a los últimos representantes de *P. solare* y *P. yeovilense* y a *P. spinatum*. Después los Amaltheidae son sustituidos por Arieticeratinae y Harpoceratinae. Antes del primer registro de *D.* (*Eodactylites*) *simplex*, que marca el comienzo del Toarciense, no se han registrado *Pleuroceras* y dominan los géneros *Canavaria* y *Tauromeniceras*.

Palabras clave: Bioestratigrafía, biocronoestratigrafía, correlaciones, paleobiogeografía, Iberia.

ABSTRACT

In the northern Iberian Peninsula, the Spinatum Chronozone begins with the first record of the genus *Pleuroceras,* just above the last levels of the Margaritatus Chronozone (Gibbosus Subchronozone), the index fossils being: *P* cf. *salebrosum* and *P. transiens* in the sections of Rodiles and Camino, in the Iberian Range (Almonacid de la Cuba), the species *P. transiens* marks the boundary and in the section of Peniche (Portugal) the key species is *P. solare*. The Apyrenum Subchronozone is marked by the common occurrence of *Am. margaritatus*, *P. solare*, *P. spinatum* associated to *P. apyrenum*, the representatives of Hildoceratidae being markedly scarce, with the exception of the Lusitanian Basin. The Hawskerense Subchronozone begins with the first record of *P. hawskerense*, in association with the last records of *P. solare* and *P. yeovilense;* and to *P. spinatum*. Above these levels, the representatives of family Amaltheidae are replaced by the subfamilies Arieticeratinae and Harpoceratinae. Before the first record of *D. (Eodactylites) simplex* which should mark the base of the Toarcian stage, no specimens of *Pleuroceras* are found, the genera *Canavaria* and *Tauromeniceras*, being in turn dominant.

Key words: Biostratigraphy, biochronostratigraphy, correlations, paleobiogeography, Iberia.

INTRODUCCIÓN

Se estudian los Amaltheidae e Hildoceratidae de la Cronozona Spinatum en Portugal al N del rio Tajo, y en las cordilleras Cantábrica e Ibérica. Se han seleccionado 4 secciones expandidas (Fig. 1), situadas, de O a E, en la Cuenca Lusitánica, en Peniche (Mouterde, 1955; Duarte, 2005; Mouterde *et al.*, 2007; Rocha *et al.* 2016), en la Cuenca Asturiana, en Rodiles, (Suárez-Vega, 1974; Gómez *et al.,* 2016), en la Cuenca Vasco-Cantábrica, en Camino (Braga *et al.,* 1985) y en la Cuenca Ibérica, en Almonacid de la Cuba (Comas-Rengifo, 1982; Comas-Rengifo *et al.*, 2010). El objetivo de este trabajo es conocer la sucesión bioestratigráfica de los géneros y especies de las familias citadas, caracterizar los límites de las unidades cronoestratigráficas, y situar las diferentes áreas estudiadas en un contexto paleobiogeográfico.

RESULTADOS

Las escalas bioestratigráficas de referencia son las propuestas por Mouterde *et al.* (2007) para la Cuenca Lusitánica, Comas-Rengifo y Goy (2010) y Gómez *et al.* (2016) para la Cuenca Asturiana, Braga *et al.* (1985) para la Cuenca Vasco-Cantábrica y Comas-Rengifo (1982) y Comas-Rengifo *et al.* (2010) para la Cuenca Ibérica, además de las propuestas por Dommergues *et al.* (1997) y Page (2003) para las provincias Subboreal, Submediterránea y Mediterránea. En la Fig. 2 se representan las secciones citadas, en el intervalo entre la Cronozona Margaritatus (Subcronozona Gibbosus) del Pliensbachiense y la Cronozona Tenuicostatum/Polymorphum (Subcronozona Paltum/Mirabile) del Toarciense. La Cronozona Spinatum está representada entre PE.916 y PE.983 de Peniche (10 m; 27 niv. con ammonoideos), ER.616 y ER.655 (7 m; 23 niv.), CM.148 y CM.214 (22 m; 53 niv.) y CU.4 y CU.35.1 (5,5 m; 18 niv. en la SCZ Hawskerense).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En el sector septentrional de la Península Ibérica, la Cronozona Spinatum comienza con el primer registro de *Pleuroceras*, después de *A. gibbosus* (Fig. 3.1) en CM y ER (Braga *et al.*, 1985; Gómez *et al.,* 2016) y de niveles con *Arieticeras* spp., en PE y CU (Mouterde *et al.,* 2007; Comas-Rengifo 1982). Los primeros *Pleuroceras* identificados son *P.* cf. *salebrosum* y *P. transiens* en PE, ER y CM y *P. transiens* en CU. En la SCZ Apyrenum tienen un notable registro *P. solare*

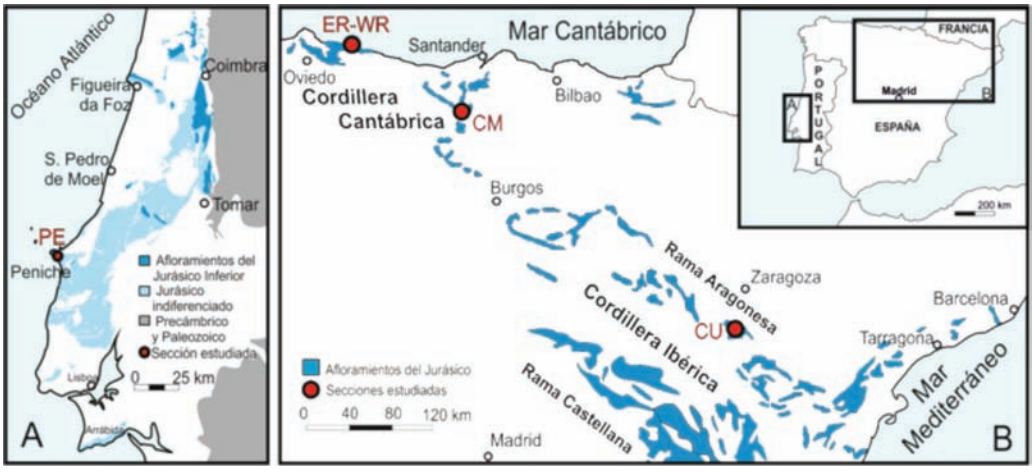


Figura 1. Afloramientos jurásicos donde se sitúan las secciones estudiadas. A: Cuenca Lusitánica, PE: Peniche. B: ER-WR: Rodiles; CM: Camino; CU: Almonacid de la Cuba.

y *P. spinatum*, asociados, en varios niveles, a *P. apyrenum* y sólo en los niveles terminales de ER a *P.* cf. *yeovilense*. En esta subcronozona, excepto en PE, los Hildoceratidae son raros y todavía no se han encontrado en ER. En la SCZ Hawskerense la especie índice está asociada en la parte inferior a *P. spinatum*, *P. paucicostatum*, *P. yeovilense* y, de forma puntual a *P. gigas*, en Lastres cerca de Rodiles. Por encima del último registro de *Pleuroceras*, los Amaltheidae son sustituidos por Hildoceratidae, Arieticeratinae (*Canavaria, Emaciaticeras, Tauromeniceras)*, con los que no llegan a coexistir en las secciones estudiadas. En todas ellas, una vez desaparecidos los Amaltheidae, los Arieticeratinae están asociados a Harpoceratinae hasta que se produce el primer registro de *D.* (*E.*) *simplex*, en la CZ Tenuicostatum del Toarciense. Otros Amaltheidae conocidos en las cuencas de la Cordillera Cantábrica, son *A.* (*P.*) *engelhartdi*, citado por Suárez-Vega (1974) en ER y por Braga *et al.* (1985) en CM y *A. ferrugineum,* de amplio registro en ER y CM y presente en PE en la SCZ Hawskerense.

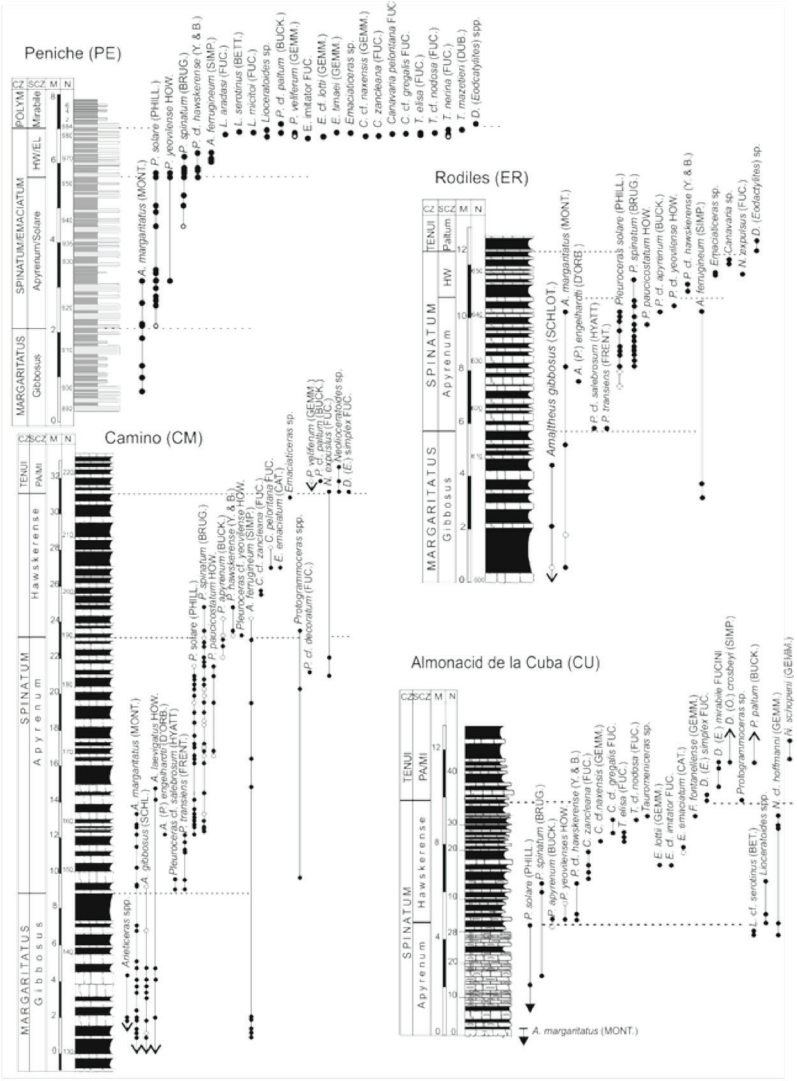


Figura 2. Distribución estratigráfica de los taxones identificados. CZ: Cronozona; SCZ: Subcronozona; M: Metros; N: Niveles; TENUI: Tenuicostatum; HW: Hawskerense; EL: Elisa; Polym: Polymorphum; PA: Paltum; MI: Mirabile.

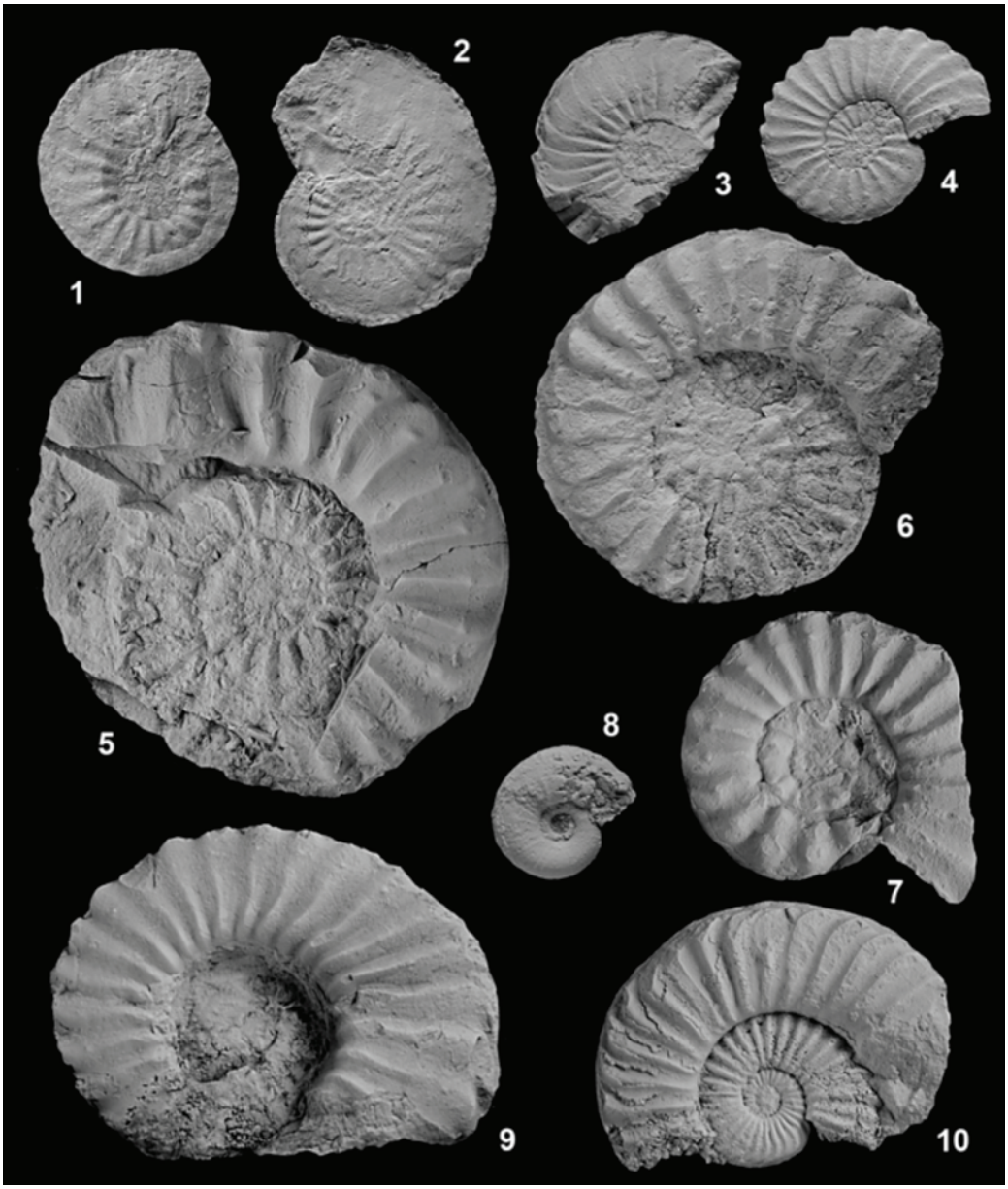


Figura 3. Amaltheidae. 1. *A. gibbosus*, CM.133, SCZ Gibbosus; 2. *A. margaritatus*, CM.137, SCZ Gibbosus; 3. *P. transiens f*orma próxima a *P. solare*, CM.155, SCZ Apyrenum; 4. *P. solare*, PE.943, SCZ Apyrenum; 5. *P. paucicostatum*, CM.181, SCZ Apyrenum; 6. *P. spinatum*, CM.181, SCZ Apyrenum; 7. *P. spinatum* morfología próxima a *P. spinatum* var. *buckmani*, CM.181, SCZ Apyrenum; 8. A. *ferrugineum*, CM.181, SCZ Apyrenum; 9, 10. *P. hawskerense*, 9. CM.191, SCZ Hawskerense, 10. MO.1.2., SCZ Hawskerense. Todos los ejemplares x 1, excepto fig. 7 x 1,5.

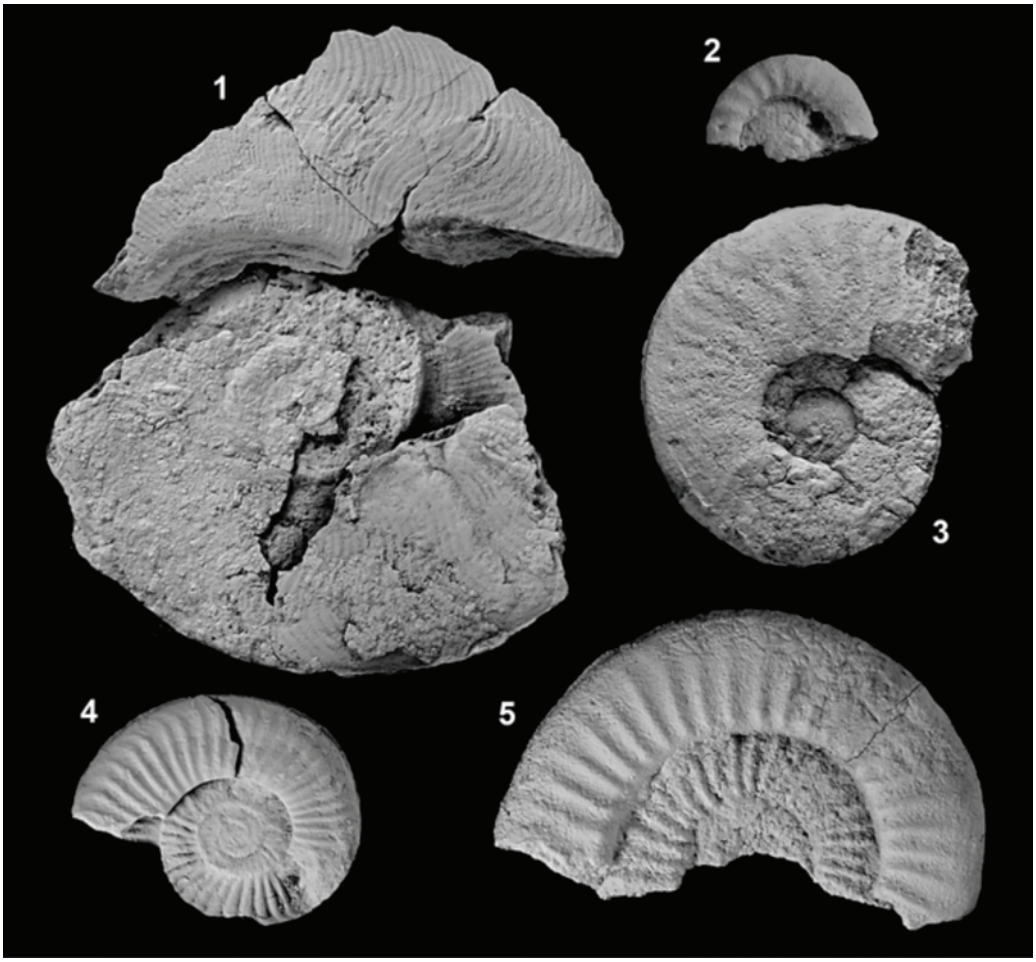


Figura 4. Hildoceratidae. 1. *P. decoratum*, CM.182, SCZ Apyrenum; 2. *F. fontanellense*, CU.32, SCZ Hawskerense; 3. *N. hoffmanni*, MO.1.4, Moneva, localidad próxima a Almonacid de la Cuba, SCZ Hawskerense; 4. *E. emaciatum*, CM.205, SCZ Hawskerense; 5. *T. elisa*, CU.24, SCZ Hawskerense. Todos los ejemplares x 1.

La extinción de los Amaltheidae podría haber tenido lugar en poco tiempo, a causa del fuerte descenso del nivel del mar y sus consecuencias inmediatas, hacia el final de la CZ Spinatum, seguido de un intenso episodio transgresivo de carácter general que ha sido citado en las cuencas estudiadas. Parece menos probable que fuese consecuencia de una fuerte competencia con los *Dactylioceras* ya que, en contra de lo expresado por algunos autores es posible que no llegaran a coexistir con los últimos *Pleuroceras*. Las asociaciones reconocidas, permiten suponer que durante la CZ Spinatum, las cuencas del N de Iberia correspondían a la Provincia Submediterránea (Page, 2003). No obstante, con los datos obtenidos se pueden hacer algunas precisiones. La afluencia de faunas de la Provincia Mediterránea es menor en sentido antihorario PE-CU-CM-ER, tanto en la SCZ Apyrenum como en la SCZ Hawskerense pero, sobre todo, después de la desaparición de los Amaltheidae. En consecuencia, la Cuenca Asturiana es, la que muestra mayor similitud con la Provincia Subboreal, durante el tránsito Pliensbachiense-Toarciense.

En definitiva, los datos obtenidos permiten definir para el intervalo correspondiente a la SCZ Apyrenum, dos biohorizontes: "cf. *salebrosum-transiens*" y "*solare*"; y para el intervalo correspondiente a la SCZ Hawskerense, tres biohorizontes: "*hawskerense*", "*emaciatum*", "*elisa*" en PE, CU y CM y dos biohorizontes: "*hawskerense*" y "*Emaciaticeras-Canavaria*" en ER.

AGRADECIMIENTOS

A los Dres. J.C. García-Ramos y L. Piñuela, su colaboración y comentarios sobre los afloramientos de Asturias y a Carlos Alonso su excelente trabajo fotográfico. Proyecto CGL2015-66604-R (MINECO) y el Grupo Procesos Bióticos Mesozoicos (UCM).

REFERENCIAS

Braga, J.C., Comas-Rengifo, M.J., Goy, A. et Rivas, P. 1985. Le Pliensbachien dans le Chaine Cantabrique orientale entre Castillo Pedroso et Reinosa (Santander, Espagne). *Cahiers de l'Institut Catholique de Lyon*, 14, 69-84.

Comas-Rengifo, M.J., 1982, El Pliensbachiense de la Cordillera Ibérica: Tesis Doctoral, Facultad de Ciencias Geológicas, UCM, 19/1985, 591 pp.

Comas-Rengifo, M.J. y Goy, A. 2010. Caracterización biocronoestratigráfica del Sinemuriense Superior y el Pliensbachiense entre los afloramientos de la playa de Vega y de Lastres (Asturias). En: García-Ramos, J.C. (coord.). *Las sucesiones margo-calcáreas marinas del Jurásico Inferior.* V Congreso del Jurásico de España. MUJA, Colunga, 9-18.

Comas-Rengifo, M.J., Arias, C., Gómez, J.J., Goy, A., Herrero, C., Osete, M.L. and Palencia, A. 2010b. A complementary section for the proposed Toarcian (Lower Jurassic) global stratotype: The Almonacid de la Cuba section (Spain). *Stratigraphy and Geological Correlation*, 18 (2), 31-50.

Dommergues, J.-L., Meister, C. et Mouterde, R. 1997. 3. Pliensbachien. In: Cariou, E., and Hantzpergue, P. (coord.). Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen: zonations parallèles et distribution des invertébrés e microfossiles: *Bulletin du Centre Recherches Elf Exploration-Production Mémoire,* 17, 15-23.

Duarte, L.V. 2005, The Jurassic of the Peniche Peninsula (Central Portugal): An international reference point of great scientific value and educational interest. In M.H. Henriques, A.C. Azerêdo, L.V. Duarte and M. Ramalho (eds.), *Jurassic heritage and geoconservation in Portugal: Selected sites,* IV Intern. Symp. ProGEO Conservation Geol. Heritage, Braga, Field Trip Guide Book, 23-31 pp.

Gómez, J.J., Comas-Rengifo, M.J. and Goy, A. 2016. Palaeoclimatic oscillations in the Pliensbachian (Lower Jurassic) of the Asturian Basin (Northern Spain). *Climate of the Past*, 12, 1199-1214, doi:10.5194/cp-12-1-2016.

Mouterde, R. 1955. Le Lias de Peniche. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal,* 36, 87-115.

Mouterde, R., Dommergues, J.-L., Meister, C. et Rocha, R.B. 2007. Atlas des fossiles caractéristiques du Lias portugais. IIIa. Domérien (Ammonites). *Ciências da Terra*, 16, 57-111.

Page, K. 2003. The Lower Jurassic of Europe: its subdivision and correlation. *Geological Survey of Denmark and Greenland Bulletin,* 1, 23-59.

Rocha, R.B., Mattioli, E., Duarte, *et al.* 2016. Formal proposal for the Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Toarcian stage, at the base of the Polymorphum Zone in the Peniche section (Portugal). *Episodes*, (*in press).*

Suárez-Vega, L.C. 1974. Estratigrafía del Jurásico en Asturias. *Cuadernos de Geología Ibérica,* 3, 1-369.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

ASOCIACIONES DE BIVALVOS, CONODONTOS Y FORAMINÍFEROS DEL TRIÁSICO MEDIO DE LA CORDILLERA BÉTICA Y SU COMPARACIÓN CON LA IBÉRICA

M.J. Escudero-Mozo[1,2], J.A. Pérez-Valera[3], F. Hirsch[4], L. Márquez[5], A. Márquez-Aliaga[5], A. Pérez-López[6,7], F. Pérez-Valera[8] y P. Plasencia[5]

[1] Departamento de Estratigrafía, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, España-Spain. mjescudero@geo.ucm.es
[2] Instituto de Geociencias (CSIC, UCM), C/ José Antonio Nováis 12, 28040 Madrid, España-Spain.
[3] Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, España-Spain. jalbertoperez@geo.ucm.es
[4] Laboratory of Geology, Faculty of Sciences, Naruto University of Education, Naruto, 770-8502, Japan. francishirsch@gmail.com
[5] Departamento de Geología, Universitat de València, 46100 Burjassot, Valencia, España-Spain. ana.marquez@uv.es, leopoldo.marquez@uv.es, pablo.plasencia@uv.es
[6] Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, 18071 Granada, España-Spain. aperezl@ugr.es
[7] Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC, UGR), Avda. de las Palmeras, 4, 18100 Armilla (Granada), España-Spain.
[8] Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Alicante, 03080 Alicante, España-Spain. fperez@ua.es

RESUMEN

En este trabajo se presenta la primera compilación del registro fósil observado en relación con notorios grupos de macro y microfósiles encontrados en las facies Muschelkalk del Ladiniense (Triásico Medio), de la Cordillera Bética (SE de España). Su comparación con las asociaciones fósiles conocidas de la Codillera Ibérica (NE de España) proporciona un primer paso para el establecimiento de una bioestratigrafía común. Esto además puede permitir la correlación de las formaciones del Triásico Medio (Ladiniense), en un amplio dominio paleogeográfico que se extiende desde el sur hasta el noreste de la península ibérica.

Las asociaciones de bivalvos, conodontos y foraminíferos identificados en la Cordillera Bética (B) y la Ibérica (I), son importantes para obtener datos de comparación entre las sucesiones del Ladiniense, caracterizadas por continuos cambios de facies. Así pues, se han analizado estas asociaciones a través de las zonas bioestratigráficas definidas con los ammonoideos identificados en trabajos recientes (Pérez-Valera *et al*., este volumen), que caracterizan el Ladiniense Inferior y Superior (Zona Curionii, Zona Vilanovai / Subzona Awadi, Zona Vilanovai / Zona Epigonus y Zona Hispanicum), en el sector occidental de la Provincia Sefardí. Un tercio de todas las especies citadas son comunes a ambos dominios (BI), mientras que una décima parte de los taxones caracterizan la Provincia Sefardí (en rojo). El resto son frecuentes en otras provincias como la Alpina y del Tethys, y la Germánica. Bivalvos típicos sefardíes, como *Pseudoplacunopsis flabellum* y *Costatoria Kiliani*, son característicos de la Cordillera Bética y su presencia ha sido confirmada en el desierto del Negev (Israel, Hirsch *et al*., 2014). También, se ha identificado el braquiópodo cosmopolita *Lingularia* en ambas áreas. Asimismo, se han descrito conodontos de marcado provincialismo sefardí en ambas cordilleras. En este sentido *Pseudofurnishius murcianus* es más abundante en la parte superior del Ladiniense Inferior (Fassaniense, Zonas Vilanovai / Awadi-Epigonus), mientras que *Sephardiella mungoensis* sería un elemento característico del Ladiniense Superior (Longobardiense, Zona Hispanicum). Por su parte, los foraminíferos son más abundantes también en la Zona Vilanovai de la Cordillera Ibérica, mientras que en la Cordillera Bética se ha identificado un caso de colonización en lo que puede ser el máximo nivel de inundación (Zona Curionii – Subzona Awadi). Poseen afinidades con los dominios Alpino y del Tethys a nivel específico aunque los taxones *Lamelliconus cordevolicus* y *L. multispirus* se han identificado también en Israel (Korngreen y Benjamini, 2006).

Palabras clave: Bivalvos, Conodontos, Foraminíferos, Ladiniense, España.

ABSTRACT

This first compilation of the fossil record of the Ladinian (Middle Triassic) Muschelkalk facies in the Betic Cordillera (Southern Spain). Its comparison with the fossil associations known from the Iberian Ranges (Western Spain) provides an insight in the common biostratigraphy. This allows the correlation of the Ladinian formations across a wide paleogeographic domain extending from South to Northeast over the Iberian Peninsula.

The bivalves, conodonts and foraminifers define the changing facies conditions between Betic (B) and Iberian (I) paleogeographic areas across the identified ammonoid chronostratigraphic zones Curionii, Vilanovai/Awadi, Vilanovai/Epigonus and Hispanicum, from SE to NW within the Western part of the Sephardic Faunal Province (see Pérez-Valera *et al.*, this volume). One third of all cited faunas are common to both realms (BI) while one tenth characterize the Sephardic Faunal (red). The remainders are common to the Alpine and Germanic Triassic. Abundant Sephardic bivalves, such as *Pseudoplacunopsis flabellum* and *Costatoria kiliani* are characteristic for the Betic area, their presence in the Negev, Israel having been confirmed (Hirsch *et al.*, 2014). The cosmopolitan brachiopod Lingularia is common to both areas. Conodonts are sephardic, present in both areas (BI), *Pseudofurnishius murcianus* being most abundant in the Late Fassanian (Vilanovai / Awadi-Epigonus Zone), while *Sephardiella mungoensis* marks the Longobardian (Hispanicum Zone). Foraminifers are most abundant in the Vilanovai Zone in the Iberian Range (BI), while the Betic External Zones (B) area reveals a bio-event of colonization at the level of maximum inundation (Curionii Zone - Awadi Subzone). Specific affinities are Alpine and Tethyan. *Lamelliconus cordevolicus* and *L. multispirus* occur in Israel (Korngreen and Benjamini, 2006).

Key words: Bivalves, Conodonts, Foraminifers, Ladinian, Spain.

BIVALVOS

Los registros de bivalvos son, con diferencia, los macrofósiles más frecuentes y abundantes en los carbonatos de facies Muschelkalk del Triásico Sudibérico. Aparecen prácticamente en todos los afloramientos, y sobre todo son abundantes en el miembro superior de las formaciones Siles y Cehegín. Todos los taxones reconocidos tienen rangos bioestratigráficos amplios, sin embargo las asociaciones de los mismos pueden indicar edades relativamente bien definidas y aportar datos paleobiogeográficos relevantes.

En tiempos recientes, los bivalvos que aparecen en los materiales de facies Muschelkalk han sido estudiados en los trabajos de Márquez-Aliaga (1985), Márquez-Aliaga *et al.* (1986), Hirsch *et al.* (1987), Márquez-Aliaga y Hirsch (1988), Pérez-López *et al.* (1991) y Márquez-Aliaga y Martínez (1996), en materiales de la Cordillera Ibérica, Cordillera Costero Catalana y en la Cordillera Bética. En todos los casos, las asociaciones de bivalvos son compatibles con una edad Ladiniense.

Los bivalvos que han sido citados en el Triásico Medio de la Cordillera Bética, proceden de varias localidades como Jauja (Córdoba), Cambil, Valdepeñas de Jaén y Siles en la provincia de Jaén, Cabo Cope y Calasparra, en Murcia, entre otros. En este último afloramiento, los registros son abundantes y muestran buenas condiciones de preservación. Además, en esta sección han sido realizados previamente estudios sobre la tafonomía y preservación de los bivalvos (Márquez-Aliaga *et al.*, 1999; Márquez-Aliaga y Márquez, 2000). Analizando de muro a techo los registros procedentes de la sección de Calasparra, se observa que en la parte inferior los restos de bivalvos son escasos si bien se han reconocido *Paleonuculana* sp. (aff. *goldfussi* Alberti) y *Costatoria* sp. (aff. *curvirostris* Schlotheim), de tamaño milimétrico en muestras tratadas para el estudio de conodontos. No obstante, los bivalvos son más frecuentes en capas de tormenta o en los rellenos bioclásticos de las estructuras producidas por las mismas, con abundancia de *Pseudoplacunopsis flabellum* (Schmidt) y *Costatoria kiliani* (Schmidt). Por el contrario, en la parte superior el registro de bivalvos es muy abundante y suele estar ligado a los niveles que corresponden a depósitos de tormenta. Se han identificado: *Costatoria kiliani* (Schmidt), *Pleuromya* cf. *claviformis* (Schlotheim), *Lyriomyophoria sublaevis* (Schmidt), *Bakevellia hallensis* Wurm, *Gervillia joleaudi* (Schmidt), *Plagiostoma striata* (Schlotheim), *Chlamys schroeteri* (Giebel), *Chlamys* sp., *Leptochondria alberti (*Goldfuss), *Modiolus myoconchaeformis* (Philippi), *Pseudocorbula gregaria* (Münster), *Pleuromya*

elongata (Schlotheim), *Neoschyzodus laevigatus (*Goldfuss), *Bakevellia costata* (Schlotheim) y *Pseudoplacunopsis flabellum* (Schmidt). Hacia la parte más alta de la sucesión se reconocen niveles con asociaciones monoespecíficas de *Pseudocorbula gregaria* (Münster), y algunos ejemplares aislados de *Pleuronectites* cf. *laevigatus* (Schlotheim). Esta asociación de bivalvos está presente en el Ladiniense Inferior (Fassaniense) y primera parte del Ladiniense Superior (Longobardiense) de la Provincia Sefardí.

Respecto a bivalvos procedentes de las Zonas Internas de la Cordillera Bética, hay que destacar las especies *Elegantina* bética (Hirsch, 1966) y *Daonella* cf. *lommeli* (Wissman). La primera fue definida con material procedente de Sierra Alhamilla (Almería), y sólo se ha descrito en unidades de las Zonas Internas asimiladas al Complejo Alpujárride. La segunda especie es típica del Ladiniense Superior de la C. C. Catalana y Menorca y ha sido descrita en Cabo Cope (Murcia), en Pérez-López *et al.* (2003).

CONODONTOS

En la Cordillera Bética, el primer registro de conodontos del Triásico se realizó en materiales de las Zonas Internas, concretamente en las rocas carbonatadas del Complejo Alpujárride (Boogaard, 1966, Boogaard y Simon, 1973), con un pequeño apunte de los conodontos en la zona Subbética, en el sector de La Paca-Zarcilla de Ramos (Boogaard y Simon, *op. cit.*). Es también muy relevante el trabajo realizado por Hirsch (1972) comparando las faunas de conodontos de Israel, España y sur de Francia. Muy posteriormente, también en las Zonas Internas se estudiaron los conodontos de la Unidad de Cabo Cope en Murcia (Pérez-López *et al.,* 2003), en Espejeras, Alicante según Márquez-Aliaga *et al.* (1996) y en alguna sección de la Zona Subbética (Pérez-López, 1991) y, sobre todo, en diversas secciones de la parte oriental de la Cordillera Bética, (Pérez-Valera, F., 2005) de las que se puede destacar la Sección de Calasparra (Plasencia *et al*., 2007). Más tarde (ver Plasencia, 2009), se ha realizado una monografía en la que se han analizado en profundidad los aspectos sistemáticos, bioestratigráficos y paleobiológicos de los conodontos obtenidos en el sector oriental de la península ibérica, realizando observaciones en varios afloramientos de la Cordillera Bética. Por último, hay que destacar los estudios dedicados al género *Pseudofurnishius* (Plasencia *et al*., 2010 y 2015; Plasencia y Márquez-Aliaga, 2011; entre otros).

Así pues, los principales afloramientos triásicos de la Cordillera Bética que han proporcionado datos sobre conodontos son Espejeras en la provincia de Alicante, Canara, Calasparra, Arroyo Hurtado y Cabo Cope en Murcia, Siles, Cabra del Santo Cristo, Salmerón y Valdepeñas de Jaén en la provincia de Jaén, Rute y Jauja en Córdoba y por último las proximidades del puerto del Boyar en la provincia de Cádiz.

No obstante, hay que puntualizar que tan sólo un pequeño número de muestras, de las muchas estudiadas, han proporcionado restos de conodontos. Así, se ha podido clasificar la especie *Pseudofurnishius murcianus* en el Fassaniense de las Zonas Externas, mientras que la especie *Sephardiella mungoensis* se ha identificado en el Longobardiense de las Zonas Internas. Concretamente, algunos ejemplares de *P. murcianus* con dos plataformas (variedad *huddlei*) han aparecido únicamente en la base de la Sección de Calasparra, mientras que en los demás afloramientos se encuentran formas de *P. murcianus* con una sola plataforma. Ambas formas se reconocen en el Ladiniense de la Provincia Sefardí sin rango particular entre Ladiniense Inferior y Superior (Bandel y Waksmundzki, 1985; Plasencia *et al*., 2015).

FORAMINÍFEROS

El registro de foraminíferos en los materiales del Triásico Sudibérico es muy discontinuo, y se limita a los materiales carbonáticos del Triásico Medio. Pérez-López (1991) aporta los primeros datos sobre la existencia de faunas de foraminíferos en las calizas de facies Muschelkalk de la zona Subbética, y Márquez y Pérez-López (2001) dedican un estudio monográfico sobre este grupo, a partir de las asociaciones encontradas en las secciones de Valdepeñas de Jaén (Capa Bichos) y de Cabra del Santo Cristo (Salmerón), ambas en el sector central de la Cordillera Bética. Más adelante Pérez-López *et al.* (2003) y Pérez-López *et al.* (2005) estudian una asociación de foraminíferos que aparece ligada a un bioevento de colonización situado justamente en el nivel de máxima inundación del cortejo transgresivo que se observa en los materiales del Muschelkalk del Triásico Sudibérico.

Desde el punto de vista bioestratigráfico, los foraminíferos más interesantes son los involutínidos (*Involutinina*). Especies de este grupo han sido identificadas en distintos afloramientos del Muschelkalk del Triásico Sudibérico, en el sector central de la Cordillera Bética (Márquez y Pérez-López, 2001) y también se han encontrado foraminíferos en las secciones de Calasparra, Canara, Arroyo Hurtado y Sierra del Oro, en la provincia de Murcia.

Las especies más abundantes (algunas con valor bioestratigráfico) que se han encontrado son: *Lamelliconus cordevolicus* (Oberhauser), *Lamelliconus* gr. *biconvexus-ventroplanus* (Oberhauser) y *Triadodiscus eomesozoicus* (Oberhauser). Otros foraminíferos que han aparecido en las distintas muestras son: *Endotriadella* cf. *wirzi* (Koehn-Zaninetti), *Trochamina jaunensis* Bronnimann y Page, *Lamelliconus procerus* (Liebus), *Lamelliconus multispirus* (Oberhauser), *Lamelliconus biconvexus* (Oberhauser), *Aulotortus praegaschei* (K.-Zaninetti), *Nodosaria ordinata* Trifonova. Según la bibliografía de las áreas alpinas, las especies de involutínidos encontradas en el Muschelkalk del Triásico Sudibérico corresponden a una edad Ladiniense Superior (Longobardiense)-Carniense inferior (Zaninetti, 1976; Salaj *et al*., 1983 y Trifonova, 1994). Sin embargo, también se han descrito asociaciones similares en el Sinaí, en Israel (Benjamini, 1988), donde aparecen asociados a faunas de ammonoideos del final del Fassaniense, como *Lamelliconus cordevolicus* y *L. multispirus* (Korngreen y Benjamini, 2006). En el Triásico Sudibérico estas faunas de foraminíferos se han encontrado en niveles con ammonoideos del Ladiniense Inferior, lo que implica que, respecto a las áreas alpinas, en la Cordillera Bética estas asociaciones de foraminíferos aparecen desde el principio del Ladiniense.

Por otra parte, respecto a las Zonas Internas de la Cordillera Bética, según Martín-Rojas *et al.* (2012), es significativa la presencia de los siguientes taxones en unidades de la Sierra de Gádor-Turón (Almería), asignadas al Complejo Alpujárride: *Lamelliconus* gr. *biconvexus-ventroplanus*, *Lamelliconus cordevolicus* (Oberhauser), *Lamelliconus procerus* (Liebus) *Triadodiscus eomesozoicus* (Oberhauser) y *Nodosaria ordinata* (Trifonova), asociación descrita también en el Ladiniense de la Provincia del Tethys.

COMPARACIÓN CON LA CORDILLERA IBÉRICA Y RESULTADOS

Para realizar una comparación entre los registros de macro y microfósiles más representativos (con excepción de los ammonoideos) de la Cordillera Bética con la Cordillera Ibérica, se han elaborado dos tablas situando las distintas especies en su correspondiente posición bioestratigráfica, teniendo en cuenta las distintas biozonas descritas en Escudero-Mozo *et al.* (2015), Pérez-Valera, J. A. (2015) y Pérez-Valera *et al.* (este volumen), ver Tablas 1 y 2.

En relación con los bivalvos y para ambas cuencas (B, I) se diferencian más de 40 especies que son especialmente abundantes en el Ladiniense Inferior (Fassaniense) de las cordilleras Bética e Ibérica. La asociación es compatible con una edad Ladiniense. Por otro lado, la mayoría de los taxones se concentran en el Fassaniense tardío (Zonas Curionii-Subzona Awadi y Zona Epigonus en la C. Bética y Zona Vilanovai en la C. Ibérica) siendo minoritarios los registrados en el Ladiniense Superior (Longobardiense, Zona Hispanicum).

De todas las especies citadas, un tercio son comunes en ambas cuencas (BI) y el 10% se registra también en ambas pero, además, pertenecen a la Provincia Sefardí (en rojo). El resto está constituido por elementos comunes con otras provincias como la Alpina y la Germánica. Las especies de bivalvos *Pseudoplacunopsis flabellum* y *Costatoria kiliani* son abundantes y características de las Zonas Externas de la Cordillera Bética y se ha verificado su presencia en Neguev, Israel (Hirsch *et al.,* 2014). El taxón *Elegantina betica* se considera una especie endémica de las Zonas Internas de la misma cordillera. Asimismo, La presencia del braquiópodo inarticulado *Lingularia* se registra en ambas cuencas en ambientes de transición y se trata de una especie cosmopolita.

Las especies de conodontos registradas son elementos sefardíes del Ladiniense y comunes en las dos cuencas hispanas (BI, en rojo). *Pseudofurnishius murcianus* es abundante en el Ladiniense y mayoritaria en el Fassaniense terminal; *Sephardiella mungoensis* es característica del Longobardiense (Zona Hispanicum).

Por su parte, los foraminíferos se registran de forma preferente en la parte alta del Ladiniense Inferiror (Zona Vilanovai) de la Cordillera Ibérica y Zona Curionii (Subzonas Curionii y Awadi) en la Cordillera Bética, y la mayoría son especies descritas en los Alpes con elementos de la provincia del Tethys. No obstante, hay que resaltar la presencia de las especies *Lamelliconus cordevolicus* y *L. multispirus*, que han sido citadas también en Israel (Korngreen y Benjamini, 2006).

Macrofósiles / C. Bética / C. Ibérica	Zona Curionii	Zona Vilanovai / Sbz. Awadi	Z. Vilanovai / Z. Epigonus	Z. Hispanicum
Bivalvos				
Backevelia crispata (Goldfuss)			I	I
Backevelia hallensis Wurm			B	
Backevellia costata (Scholtheim)			BI	I
Backevellia subcostata (Goldfuss)			I	I
Bakevellia sp.			BI	I
Chlamys schroederi Giebel		B	B	
Chlamys sp.			B	
Costatoria curvirostris Lermann	B	BI		
Costatoria kiliani Schmidt	B	B	BI	
Costatoria sp.		B	BI	
Daonella cf. *lommeli* (Wissmann)				B
Daonella sp.	I	I		I
Elegantina sublaevis (Schmidt)		B	BI	I
Elegantina betica (Hirsch)			B	B
Entolium discites (Scholtheim)			I	I
Gervillia joleaudi (Schmidt)	B	BI	BI	BI
Gervillia sp.	BI	BI	BI	BI
Leptochondria alberti (Goldfuss)		BI	I	
Limea costata (Münster)		I	I	
Limea vilasecai (Schmidt)			B I	
Limea (*Plagiostoma*) *striata* (Schloth.)		B		
"*Mytilus*" cf. *eduliformis* (Schloth.)		B	I	I
Modiolus myconchaeformis (Philippi)		BI	BI	I
Modiolus sp.	I	BI	BI	
Myophoria sp.	I	BI	BI	I
Myophoria vulgaris (Schloth)	I		I	I
Neoschizodus laevigatus (Goldfuss)	I	B	BI	I
Paleoneilo eliptica (Goldfuss)			I	
Paleonuculana aff. *goldfussi* Alberti	B			
Paleonuculana sp.	B	B		
Pleuromya claviformis (Schmidt)		I	BI	
Pleuromya elongata (Schlotheim)		B		
Pleuromya sp.		B	I	I
Pleuronectites cf. *laevigatus* (Schloth.)		B	I	
Pseudocorbula gregaria (Munster)	B	BI	BI	BI
Pseudocorbula sp.		B	BI	BI
Pseudoplacunopsis flavellum (Schmidt)			B	
Pseudoplacunopsis ostracina (Schloth.)			BI	
Pseudoplacunopsis plana (Giebel)		BI	BI	I
Pseuplacunopsis teruelensis (Wurm)			BI	BI
Pseudoplacunopsis sp.	B	B	BI	BI
Umbostrea cristadiformis (Schlotheim)	B	BI	BI	I
Unicardium sp.		B	I	
Unionites munsteri (Wissmann)			I	
Braquiópodos			I	I
Lingularia smirnovae (Biernat & Emig)	B	I	BI	I
Coenothyris sp.	B		BI	

Tabla1.- Bivalvos y Braquiópodos de las cordilleras Bética e Ibérica en relación con las biozonas de ammonoideos en donde se registran. Símbolos: B (Cordillera Bética), I (Cordillera Ibérica), el color rojo indica su pertenencia a la Provincia Sefardí.

Microfósiles / C. Bética / C. Ibérica	Zona Curionii	Zona Vilanovai / Sbz. Awadi	Z. Vilanovai / Z. Epigonus	Z. Hispanicum
Conodontos				
Pseudofurnishius murcianus Van den Boogaard	B	B I	B I	I
Sephardiella mungoensis (Diebel)				BI
Foraminiferos				
"*Ammodiscus*" *parapriscus* (Zaninetti)			I	
Astacolus cf. *karnica* (Oberhauser)			I	
Aulotortus planidiscoides (Oberhauser)				I
Aulotortus praegaschei (Khoen-Zaninetti)		B	I	I
Calcitornella sp.				I
Dentalina cf. *bicornis* (Terquem)			I	I
Dentalina cf. *gerkei* (Styk)			I	
Dentalina hoi Trifonova		I	I	
Dentalina subsiliqua Franke		I	I	
Dentalina terquemi (Terquem)			I	
Dentalina zlambachensis Kristan		I		
Duostomina alta Kristan-Tollman		B		
Endotriadella wirzi (Kohen-Zaninetti)		B	I	I
Hoyenella sinensis (Ho)			I	I
Ichtyolaria cf. *phylloidea* (Kristan-Tollman)			I	
Lamelliconus biconvexus (Oberhauser)		B		
Lamelliconus cordevolicus (Oberhauser)	B	B		
Lamelliconus cf. *crassus* (Kristan)		B		
Lamelliconus ex gr. *biconvexus-ventroplanus* (Oberhauser)		BI	I	I
Lamelliconus multispirus (Oberhauser)	B	BI		
Lamelliconus procerus (Liebus)		BI		
Nodosaria ordinata (Trifonova)		B	I	I
Nodosaria shablensis Trifonova		B		I
Ophtalmidium exiguum Kohen-Zaninetti		B		
Planiinvoluta carinata (Leischner)		B		I
Pseudonodosaria polyarthra (Kristan-Tollman)		I	I	
Spirillina oberhauseri Styk		I		I
Tolypammina gregaria (Wendt)				I
Triadodiscus eomesozoicus (Oberhauser)		BI		I
Trochamina almtalensis Zaninetti		BI		I
Trochamina jaunensis Bronnimann & Page		BI		

Tabla 2.- Microfósiles de Conodontos y Foraminíferos de las cordilleras Bética e Ibérica en relación con las biozonas de ammonoideos en donde se registran. Símbolos: B (Cordillera Bética), I (Cordillera Ibérica), el color rojo indica su pertenencia a la Provincia Sefardí.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quisieran agradecer al Prof. Dr. Antonio Goy, del Departamento de Paleontología de la Universidad Complutense de Madrid, su gran labor y su compromiso con el avance de la Paleontología del Triásico Medio de España. Investigaciones financiadas con los Proyectos CGL2014-52699-P, CGL2015-66604, CGL2015-66835-P del Ministerio de Economía y Competitividad.

REFERENCIAS

Bandel, K. y Waksmundzki, B. 1985. Triassic conodonts from Jordan. *Acta Geologica Polonica*, 35(3-4), 288-304.

Benjamini, C. 1988. Triassic foraminifera from Makhtesh Ramon, Central Negev, Southern Israel. *Revue de Paleobiologie. Volume Speciale*, 129-144.

Boogaard, M. v. d. 1966. Post-Carboniferous conodonts from southeastern Spain: *Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenshappen*, B, 69, 691-698.

Boogaard, M. v. d. y Simon, O. J. 1973. *Pseudofurnishius* (Conodonta) in the Triassic of the Betic Cordilleras, SE Spain. *Scripta Geol.*, 16, 1-23.

Escudero-Mozo, M. J., 2015. *Las plataformas carbonáticas del Triásico (Facies Muschelkalk) del este de Iberia y Menorca: Implicaciones en la evolución paleogeográfica del oeste del Tethys.* Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 346 pp. http://eprints.sim.ucm.es/31270/

Escudero-Mozo, M. J., Márquez-Aliaga, A., Goy, A., Martín-Chivelet, J., López-Gómez, J., Márquez, L. Arche, A., Plasencia, P., Pla, C., Marzo, M. y Sánchez-Fernández, D. 2015. Middle Triassic carbonate platforms in eastern Iberia: Evolution of their fauna and palaeogeographic significance in the western Tethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 417, 236–260.

Hirsch, F. 1966. Contribución al conocimiento de las Myophorias del Triásico de la Sierra

Alhamilla. *Estudios geológicos*, 22, 181 184.

Hirsch, F. 1972. Middle Triassic Conodonts from Israel Southern, France and Spain. *Mitteilungen der Gesellschaft der Geologie und Bergbaustudenten*. 21: 811-828.

Hirsch, F., Márquez-Aliaga, A, Plasencia, P. y Pérez-Valera, J.A., 2014. The Triassic Gondwana margin of Tethys: Outline of the Sephardic Bio-Province. *Guide Book for 11th International Workshop Pan-European Correlation Triassic*. Jerusalem (Israel), 22-25.

Hirsch, F., Márquez- Aliaga, A. y Santisteban, C. 1987. Distribución de moluscos y conodontos del Tramo Superior del Muschelkalk en el sector occidental de la Provincia Sefardi. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 11, 799-815.

Korngreen, D. y Benjamini, C. 2006. Foraminiferal assemblage-based biostratigraphy and correlation of the Triassic of northern Israel. *Israel Journal of Earth Sciences*, 55 (4), 209-235.

Martin-Rojas, I., Somma, R., Delgado, F., Estévez, A., Iannace, A., y Zamparelli, V. (2012). The Triassic platform of the Gador-Turon unit (Alpujarride complex, Betic Cordillera, southeast Spain): climate versus tectonic factors controlling platform architecture. *Facies*, 58(2), 297-323.

Márquez, L., Pérez-López, A. 2001. Foraminíferos del triásico medio del sector central de la Cordillera Bética (España). *XVII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. Los fósiles y la paleogeografía.* Albarracín. 354-360.

Márquez-Aliaga, A. 1985. *Bivalvos del Triásico Medio del Sector Meridional de la Cordillera Ibérica y de los Catalánides*. Editorial Universidad Complutense de Madrid, 40, 429 pp.

Márquez-Aliaga, A., Budurov, K. y Martínez, V. 1996. Registro de conodontos del Triásico Medio en un nautiloideo de Espejeras (Alicante, España). *Coloquios de Paleontología*, 48, 76-83.

Márquez-Aliaga, A., Hirsch, F. y López- Garrido, A. C. 1986. Middle Triassic Bivalves from the Hornos-Siles formation (Sephardic province, Spain). *Neues Jahrbuch fur Geologie und Palaontologie Monatshefte*. 173, 2, 201-227.

Márquez-Aliaga, A., Goy, A. y Martínez, G. 1999. Invertebrados del Triásico de Castilla La Mancha. *In* E. Aguirre e I. Rábano (Coord.). *La huella del pasado: Fósiles de Castilla La Mancha. Patrimonio Histórico-Arqueología. Castilla La Mancha. Toledo, Junta de Comunidades IV Serie*, 131-143.

Márquez-Aliaga, A. y Hirsch, F. 1988. Migration of Middle Triassic Bivalves in the Sephardic Province. II *Congreso Geológico de España*, Granada, 1, 301-304.

Márquez-Aliaga, A. y Márquez, L. 2000. Fosildiagénesis de bivalvos del Triásico Medio del Prebético (Murcia, España): una aproximación. *Boletín Geológico y Minero*, 111 (5), 33-46.

Márquez-Aliaga, A. y Martínez, V. 1996. Asociaciones de bivalvos del Triásico en España. *Revista Española de Paleontología*, Número Extraordinario, 101-111.

Márquez-Aliaga, A., Budurov, K. y Martínez, V. 1996. Registro de conodontos del Triásico Medio en un nautiloideo de Espejeras (Alicante, España). *Coloquios de Paleontología*, 48, 76-83.

Pérez-López, A. 1991. *El Trías de facies Germánica del sector central de la Cordillera Bética*. Tesis Doctoral, Universidad de Granada, 400 pp.

Pérez-López, A., Fernández, J., Solé de Porta, N. y Márquez-Aliaga, A. 1991. Bioestratigrafía del Triásico de la Zona Subbética (Cordillera Bética). Revista Española de Paleontología, nº Extraordinario, 139-150.

Pérez-López, A., López-Garrido, A. C., Márquez-Aliaga, A., Galdeano, C. S. y García-Tortosa, F. J. 2003. Ladinian carbonates of the Cabo Cope Unit (Betic Cordillera, SE Spain): A Tethys-Maláguide Palaeogeographic Gateway. *Facies*, 48, 1–7.

Pérez-López, A., Márquez, L., Pérez-Valera, F. 2005. A foraminiferal assemblage as a bioevent marker of the main Ladinian transgressive stage in the Betic Cordillera, southern Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 224, 217-231.

Pérez-Valera, F. 2005. *Estratigrafía y Tectónica del Triásico Sudibérico en el sector oriental de la Cordillera Bética*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada, 301 pp.

Pérez-Valera, J. A. 2015. *Ammonoideos y Bioestratigrafía del Triásico Medio (Ladiniense) del sector oriental de la Cordillera Bética*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, 489 pp.

Pérez-Valera, J.A., Escudero-Mozo, M. J., Arche, A., Goy, A., López-Gómez, J., Márquez-Aliaga, A., Pérez-López, A. y Pérez-Valera, F. (este volumen). Los ammonoideos del triásico medio de España. Implicaciones bioestratigráficas y paleobiogeográficas.

Plasencia, P., Márquez-Aliaga, A., Pérez-Valera, F., Pérez-Valera, J. A, Goy, A., López-Gómez, J., Márquez, L. y Pérez-López, A. 2007. Registro Paleontológico del Triásico Medio de Calasparra (Murcia). *XXIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. Libro de resúmenes, In* J.C. Braga, A. Checa y M. Company (eds.), Caravaca de la Cruz, 187-188.

Plasencia, P., Hirsch, F. Y Márquez-Aliaga, A. 2007. Sephardiellinae, a new Middle Triassic conodont subfamily. *Journal of Iberian Geology,* 33 (2), 163-172.

Plasencia, P., Hirsch, F., Sha, J. y Márquez-Aliaga, A. 2015. Taxonomy and evolution of the Triassic conodont *Pseudofurnishius. Acta Palaeontologica. Polonica,* 60 (2), 385-394.

Plasencia, P. y Márquez-Aliaga, A. 2005. Aportaciones al estudio de la recuperación y extinción de los conodontos durante el Triásico. *Geo-Temas*, 8, 228-232.

Plasencia, P. 2009. *Bioestratigrafía y Paleobiología de conodontos del Triásico Medio del sector oriental de la Península Ibérica*. Universitat de València. 408 pp.

Plasencia, P. y Márquez-Aliaga, A. 2011. Discussion about the stratigraphic range of *Pseudofurnishius murcianus* van den Boogaard (Conodonta) in the Iberian Peninsula, from the Calasparra section (Murcia, Spain). *Journal of Iberian Geology*, 37 (2), 153-160.

Plasencia, P., Márquez-Aliaga, A. y Hirsch, F. 2010. On the ontogeny and orientation of the Triassic Conodont P1-element in *Pseudofurnishius murcianus* Van den Boogaard, 1966. *Geobios*, 43(5), 547-553.

Salaj, J., Trifonova, E. y Gheorghian, D., 1988. A biostratigraphic zonation based on benthic foraminifera in the Triassic deposits of the Carpatho-Balkans. *Revue de Paleobiologie. Volume special*, 2, 153-159.

Trifonova, E., 1993. Taxonomy of Bulgarian Triassic Foraminifera. II. Familes Endothyriidae to Ophthalmidiidae. *Geologica Balcanica*, 23 (2), 19-66.

Zaninetti, L. 1976. Les foraminiféres du Trias. Essai de synthèse et correlation entre les domaines mésogéens européen et asiatique. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 82, 1-258.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LOS RINCONÉLIDOS (BRACHIOPODA, RHYNCHONELLIDA) DEL JURÁSICO INFERIOR DE ESPAÑA: DISTRIBUCIÓN ESTRATIGRÁFICA Y ELEMENTOS DE CORRELACIÓN

F. García Joral[1], B. Andrade[2], J.F. Baeza-Carratalá[3], J. Colás[4], M.J. Comas-Rengifo[1], A. Goy[1] y A. Rodrigo[5]

[1] Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense, José Antonio Novais 12, 28040 Madrid. fgjoral@.ucm.es, mjcomas@.ucm.es, angoy@.ucm.es
[2] I.E.S. Valle Inclán., Gran Vía Montero Ríos s/n, 36000 Pontevedra. bandrade@edu.xunta.es
[3] Departamento de Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente, Universidad Alicante, Apdo. 99, San Vicente del Raspeig, 03080 Alicante. jf.baeza@ua.es
[4] Departamento de Ciencias de la Tierra (Paleontología) – IUCA, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza. jcolas@unizar.es
[5] Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. a.rodrigo@igme.es

RESUMEN

Se describe la distribución estratigráfica de las especies de rinconélidos del Jurásico Inferior de España (excluidos los Pirineos). En el Sinemuriense y el Pliensbachiense se aprecia una clara diferenciación paleobiogeográfica entre, por un lado, las cuencas del norte (Asturias y la Cuenca Vasco-Cantábrica) y del este (cordilleras Ibérica y Costero-Catalana) y por el otro las Cordilleras Béticas. En el Toarciense Inferior esa diferencia se difumina como consecuencia del importante evento de extinción de la base de la Zona Serpentinum. En el Toarciense Superior se aprecia de nuevo una diferencia en las faunas, esta vez entre las cuencas del norte y las del este. Se identifican los elementos de posible correlación entre las cuencas en dos momentos: el Pliensbachiense Inferior y el Toarciense Inferior.

Palabras clave: Brachiopoda, Rhynchonellida, Jurásico, Correlación, Paleobiogeografía

ABSTRACT

The stratigraphic distribution of the species of rhynchonellida recorded in the Lower Jurassic of Spain (excluded the Pyrenees) is described. In the Sinemurian and the Pliensbachian a clear paleobiogeographic differentiation is observed between, on the one hand, the basins of the north (Asturias and the Basque-Cantabrian basin) and the east (Iberian and Coastal–Catalan Ranges) and on the other one the Betics Chains. In the Lower Toarcian this difference fades out as consequence of the important event of extinction on the base of the Serpentinum Zone. In the Upper Toarcian there is again a difference in the faunas, this time between the basins of the north and of the east. The elements of possible correlation between the basins are identified in two moments: the Early Pliensbachian and the Early Toarcian.

Key words: Brachiopoda, Rhynchonellida, Jurassic, Correlation, Paleobiogeography

INTRODUCCIÓN

Los braquiópodos del Jurásico de España se conocen desde muy antiguo. Pueden reconocerse varias especies en la obra de Torrubia (1754). Sin embargo, han sido poco estudiados hasta la década de 1970, cuando aparecieron los primeros trabajos de los autores de esta nota (Goy y Robles, 1975; Comas-Rengifo y Goy, 1975). Desde entonces se han publicado de forma continua más de 60 artículos en los que se han descrito y figurado estos fósiles. El objetivo de este trabajo es realizar una puesta al día, a partir de todos estos trabajos, de la distribución estratigráfica de los rinconélidos en el Jurásico Inferior español. Se ha elegido este grupo por ser seguramente el más útil desde el punto de vista bioestratigráfico y el que menos problemas de homomorfismo y agrupación sistemática presenta. Se ha considerado el registro en las cuencas que rodean la Meseta Ibérica en su parte española. No se incluyen, por tanto, los Pirineos aunque se hacen algunas consideraciones sobre su correlación con el resto de cuencas españolas. En la tabla 1 se expone la síntesis de la distribución estratigráfica reconocida en las diferentes cuencas, agrupadas en tres conjuntos: Asturias y la Cuenca Vasco-Cantábrica, que presentan características muy similares en su registro litoestratigráfico y paleontológico, las cordilleras Ibérica y Costero-Catalana, que también presentan caracteres muy similares en estos aspectos, y las Cordilleras Béticas, cuyo registro está concentrado en su mayor parte en el Subbético Oriental. Las principales obras de las que se han extraído los datos para la tabla 1 son: Comas-Rengifo *et al*. (2008) y García Joral y Goy (2009, 2010) para las cuencas del norte; Rodrigo, 2011 y García Joral y Goy, 2000 para la Cordillera Ibérica; Comas-Rengifo *et al*. (1998) y Fernández-López *et al*. (1998) para la Cordillera Costero-Catalana y Baeza-Carratalá (2008, 2013) y Baeza-Carratalá *et al*. (2011) para las Béticas

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO

Los rinconélidos jurásicos más antiguos reconocidos en las cuencas estudiadas corresponden al Sinemuriense Inferior del Subbético occidental (Pérez-López *et al.,* 1993), y al Sinemuriense Superior de Asturias (Comas-Rengifo *et al.,* 2008) y del Subbético Oriental (Baeza-Carratalá y García Joral, 2012; Baeza-Carratalá, 2013) Estos registros están formados por especies diferentes en las cuencas del norte y en las del sur, dominando las especies de *Piarorhynchia* en Asturias y de *Calcirhynchia* en las Béticas. En la Cordillera Ibérica el registro de rinconélidos sinemurienses es muy escaso; solo se han reconocido algunos ejemplares de *Tetrarhynchia dunrobinensis*, especie presente también en Asturias y en los Pirineos (Alméras y Fauré, 2000).

En el Pliensbachiense, la diversidad de los braquiópodos en general y de los rinconélidos en particular aumenta notablemente en todas las cuencas, manteniéndose la diferenciación paleobiogeográfica entre las cuencas del norte y este y las Béticas. En el Subbético Oriental se reconoce una rica fauna de afinidades mediterráneas, dominada en el Pliensbachiense Inferior por especies de *Calcirhynchia* y por *Gibbirhynchia curviceps,* y en el Pliensabchiense Superior por especies del género *Prionorhynchia.* Otros componentes importantes de estas faunas pliensbachienses subbéticas son los géneros *Cirpa* y *Cuneirhynchia.* En las cuencas del norte y en las cordilleras Ibérica y Costero-Catalana dominan las asociaciones pliensbachienses especies de los géneros emparentados *Tetrarhynchia, Gibbirhynchia* y *Quadratirhynchia*, que se suceden escalonadamente en el tiempo.

En el tránsito Pliensbachiense - Toarciense la diversidad de los rinconélidos alcanza su máximo en las Cordilleras Béticas, dónde Baeza-Carratalá (2013) reconoce un asociación que contiene potencialmente más de 20 especies, caracterizada en cuanto a los rinconélidos por *Quadratirhynchia crassimedia, Pseudogibbirhynchia*? *moorei, Gibbirhynchia orsini* y varias especies de *Nannirhynchia.* En la Cordillera Ibérica y el resto de las cuencas del norte y el este las asociaciones también son algo más diversas, aunque los géneros presentes siguen siendo los mismos.

El cambio más importante en las asociaciones de rinconélidos del Jurásico Inferior tiene lugar en todas las cuencas en la base de la Zona Serpentinum del Toarciense Inferior, coincidiendo con una extinción masiva de 2º orden (García Joral *et al*., 2011, Baeza-Carratalá *et al*., 2015). Esta crisis, de gran importancia para las asociaciones bentónicas, se asocia con el Evento Anóxico Oceánico que se desarrolla en este momento y significa la renovación casi total de los rinconélidos en las cuencas estudiadas y en el resto del Tethys Occidental. Como consecuencia de esta crisis también desaparece el provincialismo tan marcado que caracteriza a todo el Mesozoico de la región, de manera que la repoblación

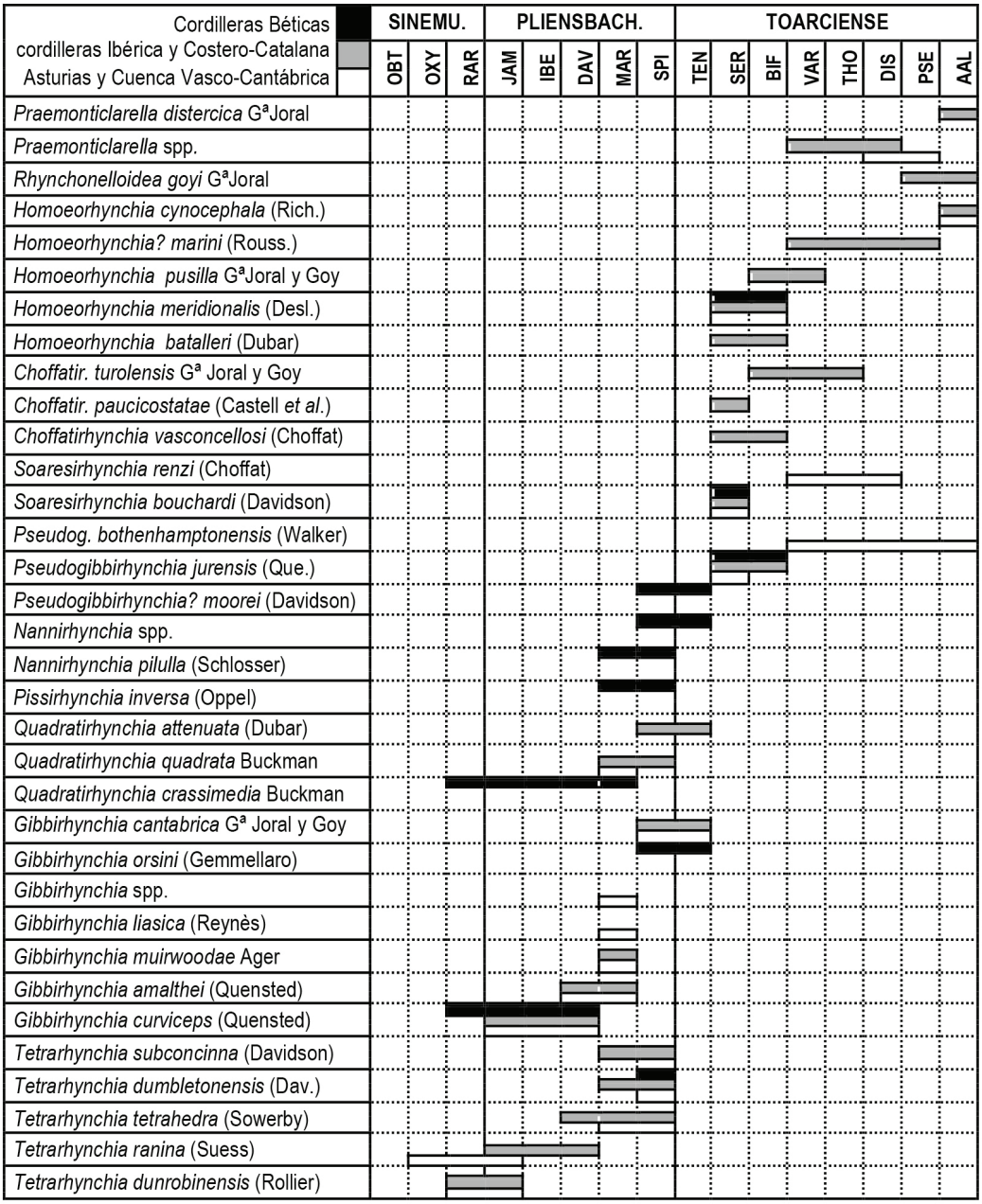


TABLA 1: Distribución estratigráfica por áreas de las especies de rinconélidos del Jurásico Inferior de España. Las abreviaturas corresponden a las zonas de la Escala Standard: OBT=Obtusum, OXY=Oxynotum, RAR=Raricostatum, JAM=Jamesoni, IBE=Ibex, DAV=Davoei, MAR=Margaritatus, SPI=Spinatum,TEN=Tenuicostatum, SER=Serpentinum, BIF=Bifrons, VAR=Variabilis, THO=Thouarsense, DIS=Dispansum, PSE=Pseudoradiosa, AAL=Aalensis.

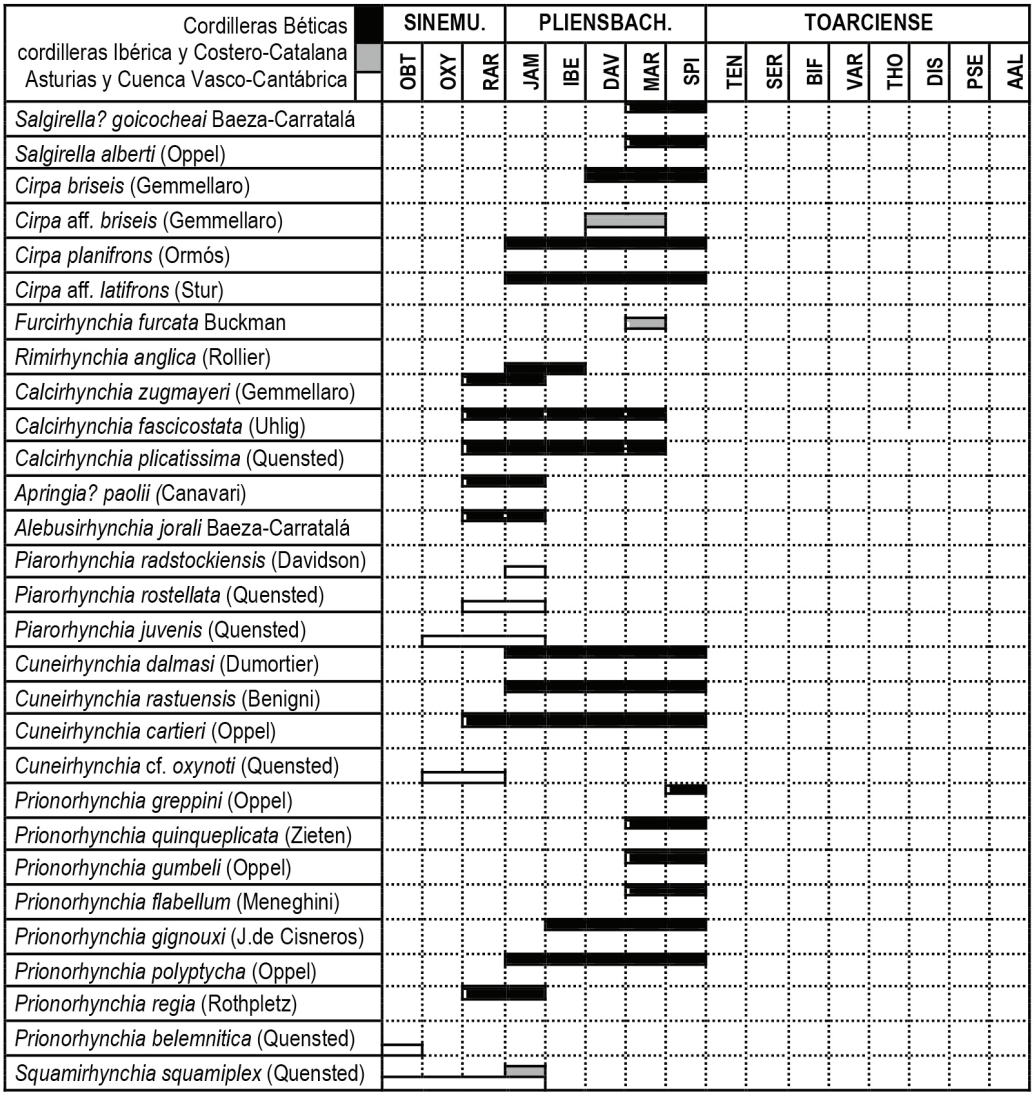


TABLA 1: continuación

es similar en todas las cuencas: empieza con poblaciones prácticamente monoespecíficas de *Soaresirhynchia bouchardi* (a veces acompañada por *Pseudogibbirhynchia jurensis*) que son reemplazadas por la llamada "Fauna Española" con *Homoeorhynchia* y *Choffatirhynchia* como géneros más representativos entre los rinconélidos. La Fauna Española se ha reconocido en todas las cuencas estudiadas salvo en Asturias, donde sí se han recogido escasos ejemplares de *S. bouchardi* y *P. jurensis*.

Después de la Fauna Española el registro de rinconélidos es prácticamente inexistente en las Béticas, mientras que en las cuencas del norte y del este se diferencian dos unidades paleobiogeográficas diferentes que Andrade *et al.* (2016) han denominado "Distrito Ibero-Atlántico y "Distrito Ibero-Mediterráneo" El primero (DIA) incluye, entre otras cuencas, Asturias y la Cuenca Vasco-Cantábrica (considerando dentro de esta última los afloramientos de la Sierra de Cameros en

el Noroeste de la Cordillera Ibérica) y el segundo (DIM) el resto de la Cordillera Ibérica y la Costero-Catalana. El DIA se caracteriza por la presencia de *Soaresirhynchia renzi* y *Pseudogibbirhynchia bothenhamptonensis*, mientras que en el DIM aparecen especies endémicas de *Choffatirhynchia, Homoeorhynchia* y *Praemonticlarella*. En la Zona Aalensis estos distritos tienden a difuminarse y aparecen en los dos varias especies de distribución muy amplia dentro de la recuperada Provincia Noroeste-Europea, como *Homoeorhynchia cynocephala*.

ELEMENTOS DE CORRELACIÓN

Las especies de rinconélidos que permiten la correlación directa entre todas las cuencas estudiadas son muy escasas. En el Pliensbachiense Inferior *G. curviceps* permite esta correlación, extensible además a otras cuencas puesto que se conoce en prácticamente todo el Tethys Occidental, desde Portugal hasta Rumanía y desde Inglaterra hasta Argelia. En el Pliensbachiense Superior se ha citado *Cirpa* aff. *briseis* en Asturias y en la Cordillera Ibérica, pero se trata de una especie claramente diferente de la típica *C. briseis* de la provincia mediterránea.

La homogeneidad paleobiogeográfica que se observa tras la extinción del Toarciense Inferior permite de nuevo la correlación, sobre todo con *S. bouchardi*, especie extraordinariamente abundante en un gran número de cuencas de todo el Tethys Occidental. En menor medida son también elementos de correlación *P. jurensis* y *H. meridionalis*, que se han reconocido en algunas localidades de las Zonas Internas Béticas (Baeza-Carratalá *et al*., 2011) y, con dudas, en el Subbético externo (Baeza-Carratalá, 2013). En el Toarciense superior solo *H. cynocephala* permite la correlación entre las cuencas del norte y las del este, mientras que esta no parece posible con las béticas debido al escaso registro de rinconélidos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución al Proyecto CGL2015-66604-R (MINECO) y al grupo de Investigación VIGROB-167 de la Universidad de Alicante.

REFERENCIAS

Alméras, Y. et Fauré, P. 2000. Les Brachiopodes liasiques des Pyrénées. Paléontologie, Biostratigraphie, Paléobiogéographie et Paléoenvironnements. *Strata, série 2: Mémoires,* 36, 1-395.

Andrade, B., Duarte, L.V., García Joral, F., Goy, A. and Henriques, M.H. 2016. Palaeobiogeographic patterns of the brachiopod assemblages of the Iberian Subplate during the Late Toarcian-Early Aalenian (Jurassic). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 442, 12-22.

Baeza-Carratalá, J.F. 2008. Patrimonio paleontológico de la colección Jiménez de Cisneros y su aplicación al estudio de los braquiópodos del Jurásico Inferior en la Cordillera Bética Oriental (provincias de Alicante y Norte de Murcia) (Braquiópodos del Jurásico Inferior y Medio del Subbético Oriental) *Tesis Doctoral inédita. Universidad de Alicante,* 906 pp.

Baeza-Carratalá, J.F. 2013. Diversity patterns of Early Jurassic brachiopod assemblages from the westernmost Tethys (Eastern Subbetic). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 381-382, 76-91.

Baeza-Carratalá, J.F. and García Joral, F. 2012. Multicostate zeillerids (Brachiopoda, Terebratulida) from the Lower Jurassic of the Eastern Subbetic (SE Spain) and their use in correlation and paleobiogeography. *Geologica Acta*, 10, 1-12.

Baeza-Carratalá, J.F., García Joral, F. and Tent-Manclús, J.E. 2011. Biostratigraphy and palaeobiogeographic affinities of the Jurassic brachiopod assemblages from Sierra Espuña (Maláguide Complex, Internal Betic Zones, Spain). *Journal of Iberian Geology,* 37 (2), 137-151.

Baeza-Carratalá, J.F., García Joral, F., Giannetti, A. and Tent-Manclús, J.E. 2015. Evolution of the last Koninckinids (Athyridida, Koninckinidae), a precursor signal of the Early Toarcian mass extinction event in the Western Tethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 429, 41-56.

Comas-Rengifo, M.J., García Joral, F., Goy, A. y Rodrigo, A. 2008. Los Rhynchonellida (Brachiopoda) del Jurásico Inferior en la costa de Asturias (España). *XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*. Museo del Jurásico de Asturias, Colunga, 261-262

Comas-Rengifo, M.J., Gómez, J.J., Goy, A., Herrero, C., Perilli, N. y Rodrigo, A. 1998. El Sinemuriense y el Pliensbachiense de Alfara, Cordillera Costero-Catalana (Tarragona). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 24, 161-173.

Comas-Rengifo, M.J. y Goy, A. 1975. Estratigrafía y Paleontología del Jurásico de Ribarredonda (Guadalajara). *Estudios Geológicos,* 31, 297-339.

Fernández López, S., García Joral, F., Gómez, J.J., Henriques, M.H. y Martínez, G. 1998. La diferenciación paleogeográfica de la Cuenca Catalana al principio del Jurásico Medio. *Revista Española de Paleontología*, 11 (1-2), 3-22.

García Joral, F. and Goy, A. 2000. Stratigraphic distribution of Toarcian Brachiopods from the Iberian Range (Spain) and its relation to depositional sequences. *GeoReserach Forum* 6, 381-386.

García Joral, F. and Goy, A. 2009. Toarcian (Lower Jurassic) brachiopods in Asturias (Northern Spain): stratigraphic distribution, critical events and palaeobiogeography. *Geobios*, 42, 255-264.

García Joral, F. y Goy, A. 2010. Biozonas de Rhynchonellida (Brachiopoda) del Toarciense de las Cordilleras Ibérica y Cantábrica (España). *V Congreso del Jurásico de España*. Museo del Jurásico de Asturias, Colunga, 65-72.

García Joral, F., Gómez, J.J. and Goy, A. 2011. Mass extinction and recovery of the Early Toarcian (Early Jurassic) brachiopods linked to climate change in Northern and Central Spain. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 302, 367–380.

Goy, A. y Robles, F. 1975. Resultado de un estudio sobre braquiópodos liásicos del NE. de Guadalajara. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, Volumen Extraordinario Primer Centenario (1971), 1: 243-255.

Pérez-López, A., Martín-Algarra, A., Alméras, Y. et Foucault, A. 1993. Découverte de Brachiopodes du Sinémurien dans la Sierra Harana (Subbétique Interne, Cordillères Bétiques, Prov. de Grenade, Espagne). Implications Stratigraphiques. *Estudios Geológicos*, 49, 69-75.

Rodrigo, A. 2011. Los Rinconélidos (Braquiópodos) del Pliensbachiense en la Cordillera Ibérica. *Colección Digital de Tesis de la Universidad Complutense de Madrid*. http://eprints.ucm.es. 450 p.

Torrubia, J., 1754. *Aparato para la Historia Natural Española.* Imprenta de los Herederos de Don Agustín de Gordejuela y Sierra, Madrid. 204 págs.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

ANÁLISIS DE LA ABUNDANCIA Y DIVERSIDAD DE LOS REPRESENTANTES DEL SUBORDEN TEXTULARIINA Y FORAMINÍFEROS ADHERENTES DEL LÍMITE AALENIENSE-BAJOCIENSE EN LA SECCIÓN DE TALVEILA (CORDILLERA IBÉRICA, ESPAÑA)

L. Hernández[1], M.L. Canales[2] y M. H.Henriques[1]

[1] Departamento de Ciências da Terra, Centro de Geociências, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade de Coimbra (Polo II), Rua Sívio Lima, 3030-790 Coimbra, Portugal. laura_52_7@hotmail.com, hhenriq@dct.uc.pt
[2] Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, José Antonio Novais, 12, 28040 Madrid, España. mcanales@geo.ucm.es

RESUMEN

Se describen y analizan las asociaciones de foraminíferos que presentan una elevada abundancia y diversidad de foraminíferos adherentes y de representantes del Suborden Textulariina, registrados en el intervalo Aaleniense inferior-Bajociense inferior en la sección de Talveila (noroeste de la Cordillera Ibérica). Se han identificado 17 especies correspondientes al Suborden Textulariina y 5 especies de foraminíferos adherentes. La composición de las asociaciones de foraminíferos permite mejorar el conocimiento acerca del contexto deposicional en que se desarrollaron estas asociaciones, interpretado como un ambiente proximal, somero y de aguas cálidas, y con condiciones favorables para el desarrollo de asociaciones con esta composición taxonómica.

Palabras clave: Cordillera Ibérica, foraminíferos adherentes, Jurásico Medio, Talveila, Textulariina.

ABSTRACT

This work describes and analyses the benthic foraminiferal assemblages with a high abundance and diversity of adherent foraminifera and representatives of the Textulariina Suborder, recorded in the lower Aalenian-lower Bajocian transition in the Talveila section (northwest of the Iberian Range). A total of 17 species corresponding to the Textulariina Suborder and 5 species of adherent foraminifera have been identified. The composition of the foraminiferal assemblages allows improving the knowledge about the depositional context in which these assemblages were developed, interpreted as a proximal environment, with shallow and warm waters, and displaying favorable conditions for the development of assemblages with this taxonomic composition.

Key words: Iberian Range, adherent foraminifera, Middle Jurassic, Talveila, Textulariina.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Las asociaciones de foraminíferos registradas en los materiales del límite Aaleniense-Bajociense en la sección de Talveila son típicas de las plataformas carbonatadas del Jurásico del Hemisferio Norte, pero presentan ciertas

características propias que hasta ahora no habían sido observadas en ninguna sección estudiada para el mismo intervalo estratigráfico en secciones situadas en torno a la Placa Ibérica. En este contexto, las asociaciones de foraminíferos correspondientes al intervalo Aaleniense inferior-Bajociense inferior presentan un claro predominio de los representantes del Suborden Lagenina, Familia Vaginulinidae y género *Lenticulina* (Gordon, 1970). En Talveila también se observa este predominio, pero algunas de las asociaciones estudiadas (TL-51, TL-77, TL-83 y TL-85) presentan una elevada abundancia y diversidad de los representantes del Suborden Textulariina y de foraminíferos adherentes, que será analizada en este trabajo.

La sección de Talveila está situada en la provincia de Soria, concretamente a 0,5 km al sur de la localidad que le da nombre. Desde un punto de vista geológico, esta sección forma parte del conjunto de afloramientos jurásicos situados en el sector suroccidental de la Sierra de la Demanda, en el noroeste de la Cordillera Ibérica. Los materiales estudiados, correspondientes al Aaleniense p. p. y Bajociense inferior, presentan en esta sección un espesor de aproximadamente 6,5 metros. Están constituidos por una alternancia rítmica de calizas y margas que corresponden a la parte superior de la Formación Turmiel (Grupo Ablanquejo), Formación Casinos y parte inferior de la Formación El Pedregal (Grupo Chelva) (Gómez *et al.*, 2003; Gómez y Fernández López, 2004). En la parte superior de esta sucesión se registra un aumento de la componente calcárea, pudiendo encontrarse nódulos de sílex, oolitos ferruginosos y/o fosfáticos, frecuentes bioturbaciones, costras ferruginosas y superficies de removilización (García-Frank, 2006).

El estudio de los ammonites realizado por Ureta y Goy (1986) y posteriormente por García-Frank (2006) permitió el establecimiento de las unidades bioestratigráficas basadas en este grupo fósil, concretamente la Subzona Comptum (parte superior de la Biozona Opalinum, Aaleniense inferior), Biozona Murchisonae, Biozona Bradfordensis, Biozona Concavun (subzonas Concavum y Limitatum) y biozonas Discites y Laeviuscula del Bajociense inferior.

Las asociaciones de foraminíferos del intervalo Aaleniense inferior-Bajociense inferior en la sección de Talveila fueron estudiadas detalladamente por Hernández (2015) desde un punto de vista taxonómico, biostratigráfico y paleoecológico. Dicho trabajo constituye la primera aportación al conocimiento de las asociaciones de foraminíferos para este intervalo estratigráfico en el sector noroeste de la Cordillera Ibérica.

Para realizar este trabajo se recogieron 13 muestras teniendo en cuenta las condiciones de afloramiento y el espesor de las unidades bioestratigráficas basadas en ammonites. Estas muestras fueron procesadas siguiendo una metodología clásica para el estudio de foraminíferos en levigado, siendo sometidas a un ataque químico con una mezcla de agua, agua oxigenada y sosa durante 48 horas, con el fin de separar la fracción arcillosa y la materia orgánica del sedimento. Posteriormente, cada muestra fue lavada en una columna de tamices, con el objetivo de eliminar el producto químico y la matriz arcillosa, además de separar cada una de las muestras por tamaños (>1mm, >0,5mm, >0,25mm, >0,125mm e >0,063mm). Las muestras se secaron a temperatura ambiente y el residuo obtenido se introdujo en diferentes sobres debidamente siglados. Una vez realizado el trabajo de laboratorio, se procedió al triado del material y estudio de los foraminíferos recuperados. Los ejemplares obtenidos se clasificaron a nivel supragenérico y genérico utilizando la clasificación propuesta por Loeblich y Tappan (1988) y se consultó sistemáticamente la base de datos de Ellis y Messina (1940-1990) en las determinaciones a nivel específico. El material estudiado se encuentra depositado en el Departamento de Paleontología de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

RESULTADOS

Los ejemplares recuperados de las asociaciones estudiadas corresponden a 6 subórdenes (Textulariina, Spirillinina, Miliolina, Lagenina, Robertinina y Rotaliina). En todas ellas los representantes del Suborden Lagenina son los más abundantes, con una abundancia relativa que varía entre 38,3 y 98,6%. En cuanto a los representantes del Suborden Textulariina, presentan una abundancia relativamente elevada en algunas asociaciones, pero nunca superan las abundancias relativas de los representantes del Suborden Lagenina. En la muestra TL-51, correspondiente a la parte superior de la Subzona Comptum, Textulariina presenta un aumento en la abundancia relativa (21%) respecto a las muestras subyacentes, coincidiendo con una disminución de la abundancia relativa de los representantes del Suborden

Lagenina (59%). En las muestras correspondientes a las biozonas Murchisonae y Bradfordensis, las abundancias relativas de los representantes del Suborden Textulariina son muy bajas, volviendo a aumentar la abundancia relativa del Suborden Lagenina. La asociación de foraminíferos estudiada en la muestra TL-77, correspondiente al Aaleniense superior (Biozona Concavum), registra de nuevo una disminución en la abundancia relativa de los representantes del Suborden Lagenina (62%) y un aumento en la abundancia relativa de los representantes del Suborden Textulariina (18%). En las muestras correspondientes a la Biozona Discites se registra un gran aumento de la abundancia relativa de los representantes de Textulariina (33% en la muestra TL-83 y 35% en la muestra TL-85), coincidiendo con una disminución de Lagenina (38% en la muestra TL-83 y 45% en la muestra TL-85). Finalmente, en la muestra correspondiente a la Biozona Laeviuscula, la abundancia relativa de los representantes del Suborden Textulariina continúa siendo relativamente elevada (8,8%) mientras que la de los representantes del Suborden Lagenina se mantiene en 44% (tabla 1).

Respecto a la diversidad de los representantes del Suborden Textulariina, se han reconocido 6 familias, 8 géneros y 17 especies. En las muestras que presentan una mayor abundancia relativa de ejemplares correspondientes a este suborden también se reconoce una elevada diversidad. Se han reconocido las especies *Thurammina jurensis* (Franke), *Ammovertella liassica* Barnard, *Tolypammina flagellum* (Terquem), *Glomospira bulbifera* Paalzow, *Glomospira gordialis* (Jones & Parker), *Glomospira pattoni* Tappan, *Glomospira perplexa* Franke, *Haplophragmoides bartensteini* Kalantari, *Haplophragmoides infracalloviensis* Dain, *Haplophragmoides kingakensis* Tappan, *Ammobaculites fontinensis* (Terquem), *Trochammina canningensis* Tappan, *Trochammina globoconica* Tyszka & Kaminski, *Trochammina praesquamata* Myatlyuk, *Trochammina squamata* Jones & Parker, *Trochammina squamataformis* Kaptarenko-Chernousova y *Verneuilinoides* sp. indet. La asociación con mayor diversidad de representantes de Texulariina corresponde a la muestra TL-51, con 14 especies diferentes, seguida de TL-77 con 10 especies, TL-85 con 6 especies y por último, la muestra TL-83 con 4 especies.

Las características de las muestras en las que se registra esta elevada abundancia y diversidad de representantes del Suborden Textulariina son ligeramente diferentes al resto de las muestras. La muestra TL-51 consiste en margas de color gris claro y aspecto lajoso muy fino, con abundantes óxidos de hierro. En su observación bajo lupa binocular se reconoce una elevada cantidad de bioclastos, algunos oolitos ferruginosos y óxidos de hierro. La muestra TL-77 está formada por margas de color gris y aspecto muy lajoso; bajo lupa binocular se observan óxidos de hierro y una elevada cantidad de bioclastos. La muestra TL-83 es una caliza packstone de color gris oscuro y aspecto lajoso a noduloso. Presenta un alto contenido en óxidos de hierro, bivalvos y ostreidos y la base y el techo son ondulados. Por último, la muestra TL-85 consiste en margas violáceas con aspecto lajoso y oolitos ferruginosos. En ambas, bajo lupa binocular se observan escasos bioclastos y una cantidad muy elevada de oolitos ferruginosos.

Algunos de los representantes del Suborden Textulariina identificados, correspondientes a las especies *Ammovertella liassica* Barnard y *Tolypammina flagellum* (Terquem), presentan un modo de vida fijo, es decir, viven pegados a un substrato duro, como oolitos o fragmentos de conchas de otros organismos. Además, también fueron identificadas otras especies de foraminíferos con este mismo modo de vida, correspondientes a otros subórdenes, como *Vinelloidea rosacea* (Termirbekova), *Bullopora globulata* Barnard y *Bullopora rostrata* Quenstedt. Por otro lado, se recuperaron algunos fragmentos de foraminíferos que, claramente, presentan un modo de vida fijo, pero su estado de conservación ha impedido su determinación taxonómica. Este grupo de foraminíferos también presenta una elevada abundancia, sobre todo en las muestras TL-51 (Subzona Comptum), TL-77 y TL-81 (Aaleniense superior, Biozona Concavum). El número total de ejemplares recuperados a lo largo de la sección con este modo de vida es de 334, lo que supone un porcentaje del 6,5%.

DISCUSIÓN

Las asociaciones estudiadas muestran abundancias relativas de los representantes del Suborden Lagenina comparables con las de otras secciones contemporáneas de la Placa Ibérica, pero las abundancias relativas de los

Edad	Piso	Biozona	Subzona	Muestras	%Textulariina/Muestra	%Lagenina/Muestra	Nº de especies de Textulariina	Foraminíferos adherentes							
								Ammovertella liassica	*Ammovertella* cf. *liassica*	*Tolypammina flagellum*	*Tolypammina* cf. *flagellum*	*Vinelloidea rosacea*	*Bullopora globulata*	*Bullopora rostrata*	Adherente sp. indet.
Jurásico Medio	Bajociense	Laev		TL-87	8,8	**44,0**	4	2	-	1	-	-	1	-	-
		Discites		TL-85	**35,7**	**45,7**	**6**	11	-	1	-	-	7	-	1
				TL-83	**33,3**	**38,3**	**6**	11	2	2	-	1	8	-	3
	Aaleniense	Concavum	Concavum	TL-81	9,4	74,6	**9**	-	-	5	-	-	-	-	**12**
				TL-77	**18,4**	**62,1**	**10**	2	**62**	**20**	-	-	2	-	**32**
				TL-76a	6,0	72,8	7	3	5	7	-	-	-	-	5
		Bradf		TL-73	2,4	89,9	6	-	-	1	-	-	2	-	3
		Murchisonae		TL-65	0,8	97,7	1	3	-	-	-	-	-	-	-
				TL-59	0,9	98,6	1	3	-	-	-	-	1	-	-
		Opalinum	Comptum	TL-55	2,6	91,4	2	16	-	-	-	-	-	-	7
				TL-51	**21,3**	**59,1**	**14**	14	2	7	4	-	4	-	**24**
				TL-47	2,6	95,9	3	12	2	2	-	-	2	1	5
				TL-41	0,8	97,0	2	4	-	1	-	-	5	-	3
				Total	7,9	81,0	17	81	73	47	4	1	32	1	95
								334							

Tabla 1. Abundancias relativas de los foraminíferos representantes de los subórdenes Textulariina y Lagenina por muestra; número de especies de foraminíferos correspondientes al Suborden Textulariina por muestra y número de ejemplares por especie de foraminíferos adherentes por muestra.

representantes del Suborden Textulariiina en esta sección son relativamente elevadas. Como se observa en la tabla 1, en las asociaciones en las que los ejemplares correspondientes al Suborden Textulariina presentan una abundancia relativa alta (superior al 15%), la de los representantes del Suborden Lagenina disminuyen (al 50% o menos).

Según Johnson (1977) y Haynes (1981), durante el Jurásico el Suborden Lagenina alcanza los máximos de diversidad en las zonas interna y media de las plataformas carbonatadas, tal como ocurre en esta sección, si bien puntualmente en Talveila se registra una elevada diversidad de los representantes del Suborden Textulariina. Según Sen Gupta (2002), los foraminíferos de este Suborden están asociados a medios de elevada salinidad y con un aporte relativamente elevado de material detrítico, necesario para formar su concha.

Respecto a los foraminíferos adherentes, también presentan en Talveila abundancias relativas elevadas en las mismas muestras que los Textulariina. Barnard (1950) indica que los foraminíferos con este modo de vida aparecen asociados a *Ostraea fragmenta* spp. y *Gryphaea* spp., que son indicadores de ambientes de poca profundidad. En la muestra TL-83 se ha encontrado un número relativamente elevado de foraminíferos con este modo de vida y han sido reconocidos algunos ostreidos.

En este contexto, en Talveila podrían haberse dado condiciones de una cierta energía, que justificarían la existencia del alto porcentaje de foraminíferos con este modo de vida fijo. Al tratarse de una zona proximal, probablemente la profundidad era relativamente pequeña, sobre todo en el límite Aaleniense-Bajociense, dado que aparecen una elevada cantidad de oolitos ferruginosos para cuya formación es necesaria poca profundidad y elevada energía. Al tratarse de una zona somera, la temperatura del agua debía ser más cálida que en otras zonas de la plataforma, favoreciendo una mayor evaporación y, por tanto, un aumento relativo de la salinidad. Así, los datos disponibles parecen indicar que las asociaciones de foraminíferos registradas en Talveila, con una elevada abundancia y diversidad de foraminíferos correspondientes al Suborden Textulariina y abundantes formas con modo de vida fijo, se habrían desarrollado en una zona de aguas cálidas y poco profundas, con cierta energía y una salinidad relativamente elevada.

Por otro lado, estas variaciones en la abundancia y diversidad de los representantes de los subórdenes Textulariina y Lagenina en las muestras cercanas al límite Aaleniense-Bajociense (TL-77, TL-83 y TL-85) han sido citadas por Hernández (2015) como bioeventos locales en la sección de Talveila. Además, en estas asociaciones, también se registra una notable disminución de la abundancia y la diversidad de las asociaciones en su conjunto. Este bioevento también ha sido reconocido en todas las secciones estudiadas en distintas cuencas de la Placa Ibérica, concretamente en las cuencas Lusitánica (Canales y Henriques, 2007, 2008, 2013; Silva, 2013; Silva *et al.*, 2014), Vasco-Cantábrica y Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica (Canales, 2001), Béticas (Silva *et al.*, 2015) e Ibérica (Canales *et al.*, 2013).

CONCLUSIONES

Las asociaciones de foraminíferos analizadas en la sección de Talveila son comparables con las de otras secciones de la Placa Ibérica, pero presentan ciertas peculiaridades relacionadas con la abundancia y la diversidad de los representantes del Suborden Textulariiina y de foraminíferos con modo de vida fijo, relativamente elevados en esta sección. Se han identificado 17 especies de representantes del Suborden Textulariina y 5 especies de foraminíferos con modo de vida fijo, siendo ambos grupos muy abundantes en algunas asociaciones.

La composición de las asociaciones de foraminíferos permite mejorar el conocimiento de las condiciones ambientales en las que se desarrollaron estas asociaciones. Así, se puede inferir que estas peculiares asociaciones de foraminíferos se desarrollaron en un ambiente proximal, somero, de aguas cálidas y con elevada energía. Esto implicaría una tasa de evaporación mayor, provocando un aumento de la salinidad, siendo estas condiciones favorables para el desarrollo de asociaciones con esta composición taxonómica.

Por último, las asociaciones correspondientes al tránsito Aaleniense-Bajociense son menos abundantes y diversas, lo que coincide con el bioevento registrado en todas las secciones estudiadas en torno a la Placa Ibérica, incluyendo este sector de la Cordillera Ibérica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por el proyecto CGL2015-66604-R (MINECO) y por el grupo de Investigación UCM 910431 (Universidad Complutense de Madrid). El trabajo de laboratorio ha sido financiado por el Consorcio Galp-Petrobras-Partex.

REFERENCIAS

Barnard, T. 1950. The uses of foraminifera in Lower Jurassic stratigraphy. *Reports of the 18th Session of the International Geological Congress*, 1, 34 – 41.

Canales, M. L. 2001 Los foraminíferos del Aaleniense (Jurásico Medio) en la Cuenca Vasco Cantábrica (N de España). *Revista Española de Micropaleontología*, 3 (33), 253 – 438.

Canales, M. L. y Henriques, M. H., 2007, Análisis cuantitativo de los foraminíferos del Aaleniense (Jurásico Medio) de la sección de Murtinheira (Cabo Mondego, W de Portugal). Consideraciones paleoecológicas. En: I. S Carvalho, R. C. T. Cassab, C. Schwanke, M. A. Carvalho, A. C. S. Fernandes, M. A. C. Rodrigues, M. S. S. Carvalho, M. Arai, y M. E. Q. Oliveira (Eds.), *Paleontologia: Cenários de Vida.* 2, 383 – 393.

Canales, M. L. y Henriques, M. H. 2008. Foraminifera from the Aalenian and the Bajocian GSSP (Middle Jurassic) of Murtinheira section (Cabo Mondego, west Portugal): biostratigraphy and paleoenvironmental implications. *Marine Micropaleontology*, 67, 155 – 179.

Canales, M. L. y Henriques, M. H. 2013. Foraminiferal assemblages from the Bajocian Global Stratotype Section and Point (GSSP) at Cape Mondego (Portugal). *Journal of Foraminiferal Research,* 43 (2), 182–206.

Canales, M. L., Ureta, M. S., Hernández, L. & García-Frank, A. 2013. Bioestratigrafía y bioeventos (ammonoideos y foraminíferos) del tránsito Aaleniense/Bajociense (Jurásico Medio) en Hontoria del Pinar (Noroeste de la Cordillera Ibérica). En: C. Álvarez-Vázquez & I. López Rodríguez, (eds.) *Libro de Resúmenes de las XXIX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología y Simposio del Proyecto PICG 596*, Córdoba, 139–140.

Ellis, B. F. & Messina, A. 1940-1990. Catalogue of Foraminifera. Museum of Natural History, New York.

García-Frank, A. 2006. Evolución biosedimentaria y secuencial del Jurásico Medio inferior en la Cuenca Ibérica (Sector NO). 529 p. Tesis Doctoral: Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones, disponible online en http://www.ucm.es/BUCM/tesis/geo/ucmt%2029198.pdf.

Gómez, J. J., Comas-Rengifo, M. J. y Goy, A. 2003. Las unidades litoestratigráficas del Jurásico Inferior de las Cordilleras Ibérica y Costero Catalana. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 16 (3 – 4), 227–237.

Gómez, J. J. y Fernández López, S. 2004. Las unidades litoestratigráficas del Jurásico Medio y Superior en facies carbonatadas del Sector Levantino de la Cordillera Ibérica. *Estudios Geológicos,* 35, 569–598.

Gordon, W. A. 1970. Biogeography of Jurassic Foraminifera. *The Geological Society of America Bulletin*, 81, 1689–1704.

Haynes, J. R. 1981. Foraminifera. Macmillan Publishers Ltd., London.

Hernández, L. 2015. Foraminiferos da passagem Aaleniano-Bajociano no setor setentrional da Cordilheira Ibérica. Trabajo de fin de máster, No Publicado. Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, Coimbra, 115 p.

Johnson, B. 1977. Ecological ranges of selected Toarcian and Domerian (Jurassic) foraminiferal species from Wales. En: G. H. T. Schafer & R. P. Bernard (Eds.), *1st International Symposium on Benthonic Foraminifera of Continental Margins. Part B: Paleoecology and Biostratigraphy (Halifax, 1975).* Maritime Sediments, Special Publication, 1, 545–556.

Loeblich, A. R. y Tappan, H. 1988. *Foraminifera genera and their classification*. Van Nostrand Reinhold Company, New York (2 vol.).

Sen Gupta, B. K. 2002. Foraminifera in marginal marine environments. En: Barun K. Sen Gupta (ed.), *Modern Foraminifera.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, 141–160.

Silva, S., Canales, M.L, Sandoval, J. y Henriques, M.H, 2015. Análisis paleoecológico de las asociaciones de foraminíferos bentónicos del tránsito Aaleniense-Bajociense en la sección Barranco de Agua Larga (Dominio Subbético, España).

En: M. Reolid, (Ed.) Libro de Resúmenes, *XXXI Jornadas de Paleontología*. Sociedad Española de Paleontología. 296-298.

Silva, S., 2013. Foraminíferos da passagem Aaleniano – Bajociano no setor setentrional da Bacia Lusitânica: o perfil da Serra da Boa Viagem II. Trabajo de fin de master, No Publicado, Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia da Universidade de Coimbra, 100 p.

Silva, S., Henriques, M.H. y Canales, M.L. 2014. High resolution ammonite-benthic foraminiferal biostratigraphy across the Aalenian-Bajocian boundary in the Lusitanian Basin (Portugal). *Geological Journal.* 50 (4), 477–496.

Ureta, S. & Goy, A. 1986. El Aaleniense en el área de Talveila (Soria) Bioestratigrafía y Evolución Sedimentaria. *Estudios Geológicos*, 42, 331–339.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

MIDDLE-UPPER JURASSIC (CALLOVIAN TO KIMMERIDGIAN) IN SOME POINTS AROUND THE TETHYS: ANALYSING DIFFERENT EXAMPLES AND SEDIMENTARY ENVIRONMENTS

G. Meléndez[1], J. Ramajo[1], R. Scherreicks[2], G. Fermeli[3], C. D'Arpa[4], P. Di Stefano[5], A. Cusumano[6], J.D. Yáñez[7], L. Sequeiros[8], A. Núñez[1] and M. Tomás[1]

[1] Departamento Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza. gmelende@unizar.es;
[2] r.scherreiks@hotlinemail.com;
[3] gfermeli@geol.uoa.gr;
[4,6] G.G. Gemmellaro Museum, Palermo, Sicily. carolina.darpa@unipa.it, ninocusu@hotmail.com;
[5] Geology Department, University of Palermo, Sicily. pietro.distefano@unipa.it;
[7] juyaje@hotmail.com; 8 lsequeiros@probesi.org

ABSTRACT

The Middle-Upper Jurassic boundary stands as a stratigraphic interval in which, in different areas of the Tethys, different processes have led, in some cases, to different results and, in others, to remarkably similar results although the reasons can be different. A detailed account is presented of the different situations recorded in such areas as the Iberian Range (Eastern Spain), the external margin of the Baetic Cordillera (S Spain), the regions of Roccapalumba (central Sicily) and Contrada Diesi, around Sciacca in southern Sicily; and the island of Evvoia and the section of Klissoura in Greece. In all cases, with some few exceptions, although the situations are clearly different, some similarities can be found, pointing to a general shallowing process at the Bathonian-Callovian and Callovian-Oxfordian boundary, followed by a deepening process during the Oxfordian stage. The most probable reason seems to be the intense block tectonics recorded during this interval. In the case of the Baetic margin and the epioceanic platforms of Sicily, it seems to be the isolation of blocks (in Sicily) and the breaking up of the epicontinental platform during the Callovian stage in the Baetic margin. In Greece, Callovian uplift had taken place, related to the obduction of an ophiolite. Ammonite successions stand as the key, and best group for biostratigraphic dating. Some recent proposals to change the position of the Oxfordian-Kimmeridgian boundary in the external part of the Iberian range are considered unjustified and rejected.

Key words: Callovian, Oxfordian, Kimmeridgian, block tectonics, epicontinental platforms, epioceanic platforms, Cimmerian orogeny, Alpine orogeny.

RESUMEN

El límite entre el Jurásico Medio y Superior constituye un intervalo en el que, en diferentes áreas del Tethys, procesos diferentes han dado origen a resultados también diferentes y en otros a situaciones notablemente similares, si bien las razones pueden haber sido claramente distintas. En el presente trabajo se presentan algunos casos particularmente significativos áreas tales como la Cordillera Ibérica (Este de Iberia) el margen externo del Subbético (margen meridional del Bloque Ibérico), las áreas de Roccapalumba (cerca de Palermo) y Contrada Diesi, cerca de Sciacca, en Sicilia, y la Isla de Evvoia y la sección de Klissoura en Grecia. En todos estos casos, aunque las situaciones

son claramente diferentes, se pueden encontrar también notables similitudes, que de un modo general apuntan a un proceso de somerización generalizado en el límite Bathoniense-Calloviense y Calloviense-Oxfordiense, seguido de un proceso de profundización en el Oxfordiense. El factor condicionante más probable sería la intensa tectónica de bloques que tendría lugar durante este intervalo. En el caso del margen externo de las Béticas y de las plataformas epioceánicas, el factor principal sería el aislamiento de bloques epioceánicos y la desarticulación de la plataforma epicontinental durante el Calloviense. Las sucesiones de ammonites se mantienen como el grupo clave para realizar las dataciones y las escalas bioestratigráficas. Otras propuestas recientes de resituar el límite Oxfordiense-Kimmeridgiense por debajo de la Fm Loriguilla en la parte externa de la cuenca Ibérica son consideradas injustificadas, no apoyadas por dataciones de ammonoideos, y son rechazadas.

Palabras clave: Calloviense, Oxfordiense, Kimmeridgiense, tectónica de bloques, plataformas epicontinentales, plataformas epioceánicas, Orogenia Cimérica, Orogenia Alpina.

INTRODUCTION

The Callovian-Kimmeridgian interval around the Tethys is characterised by a series of different features reflecting different sedimentary dynamics. A case study is presented in some relevant key points around the Tethyan Ocean during this interval. The selected points include some classical sections in the Iberian Range (E Spain), the external margin of the Baetic Cordillera (S Spain), The Sicilian blocks of Contrada Diesi and the section of Roccapalumba, and some significant areas in Eastern Greece (Evvoia Island) and Western Greece (the section of Klissoura, south from Ioannina).

(1) Iberian Range (NE Spain)

In the NE (Aragonese) branch of the Iberian Range the sedimentary history is to some extent ruled by a combination of a distensive block dynamics (which reflects in an active role played by listric faults) and the tilting effect produced by of both the action of the opening of the North Atlantic ocean and the opening of the ligurian-piamontese oceanic trough, which progressed during the Middle Jurassic along the eastern margin of the Iberian block, and would get in contact with the Gibraltar transform fault at the Callovian-Oxfordian boundary. These factors led to the development of expanded sequences at the proximal parts of the platform, such as it is the case of Ricla, where the Middle Jurassic sequence shows values over 400 m thick or Aguilón (where this same sequence reaches only 200 m thickness), and condensed sequences at the distal areas, as it is the case of Moneva, Ariño, Andorra, or Calanda, where the same materials reach little more than 20 or 40 meters. Yet the Bathonian-Callovian and the Callovian-Oxfordian boundaries are marked by a huge stratigraphic gap of variable thickness but marking clear intervals of subaerial exposure of the platform, as remarked by Gómez and Fernández-López (2004). Condensation reaches a maximum in the surrounding area of Alcorisa, where the Bathonian-Callovian sequence is represented by little more than 3-4 metres. The Oxfordian beds, lie unconformably over the latter and are represented by a less than 2 meter thick breccia, indicating that a very shallow, high energy environment had existed. These conditions seem to change suddenly at the Oxfordian-Kimmeridgian boundary, marked in this area by the record of *Sutneria praecursor, Sutneria galar* and *Sutneria platynota* along successive levels of the overlying unit known as Loriguilla Fm. This unit, characterised by a thick sequence of lithographic limestones, has provided a detailed sequence of ammonites including representatives of families Aspidoceratidae, Ataxioceratidae, Aulacostephanidae and Lithacoceratidae (Atrops and Meléndez, 1984). The record of *Progeronia* and *Aspidoceras binodum* at the middle part of the sequence allows precisely marks the position of the middle-upper Kimmeridgian boundary at this point. *Aulacostephanus eudoxus* found just above this boundary, clearly characterizes the higher Kimmeridgian levels, whilst the record of common specimens of *Lithacoceras* (*Subplanites*) at the upper part of the unit, as well as some other representatives of *Sutneria* (Atrops and Meléndez, *loc.cit*) at the upper third of the unit constitutes a clear, irrefutable marker of the Kimmeridgian-Tithonian boundary at this point. These data have been subsequently confirmed by similar records in such areas as Alcorisa, Ráfales, la Cañada de Verich and other surrounding areas. Consequently, the recent proposal by Campos-Soto *et al*. (2016) to replace the Kimmeridgian-Tithonian boundary in a much lower position (based

Figure 1. Passendorferia teresiformis from the middle Oxfordian of Klissoura. 2. The Middle-Upper Jurassic contact at Roccapalumba (Sicily). 3. Early Callovian deposits showing high degree of encasement and verticalisation. Estepa. 4. Geyssantia geissanti from the upper Oxfordian of the Atenores quarry (Estepa). The specimen shows a disarticulation surface along a septum.

on the record of the benthic foraminifera *Alveosepta jaccardi)* can only be taken as highly unlikely, and untenable. The sudden increase of thickness of the Kimmeridgian sequence surely reflects, again, the block tectonics related to the action of distensive faults and the opening of an oceanic trough in the western Tethys during the Middle-Upper Jurassic, which would have triggered a more intensive block tectonics.

(2) The external margin of the Subbetic

In the Surrounding area of Estepa (Sevilla) within the external margin of the so-called Subbetic Zone, the Middle and Upper Jurassic crops out in a series of discontinuous outcrops (Sandoval *et al*. 2009; Meléndez *et al*. 2015). The Bajocian-Bathonian deposits appear as well-developed sequences of oolitic/corallian beds, interrupted by an erosional, partly iron-encrusted surface, above which some sparse remains of, supposedly, Callovian deposits are preserved. In other areas, however, middle Oxfordian deposits are found directly overlying the erosional surface. A close look at the "Callovian" deposits shows some taphonomic features reflecting complex sedimentary processes, as most of the preserved specimens are preserved as "Hollow ammonites" (= having no sedimentary filling in the phragmocone) or else as phragmented moulds showing a disarticulation surface along a septum and lithological, textural and structural discontinuity between the sedimentary infilling and the surrounding matrix, and in most cases, a certain degree of verticalization (Figure 3). Middle Callovian representatives of subfamilies Hecticoceratinae and Oppelinae and, in other cases, late Callovian specimens of *Peltoceras* of the *P. trifidum/athleta* group are preserved as taphonomically reworked phragmented moulds. Also, some specimens of Middle Oxfordian *Otosphinctes* and even, perhaps, *Paraspidoceras*, show a high degree of encasement, verticalization and clear features of being taphonomically reworked. All these features suggest these deposits being in fact turbiditic deposits, formed in a deep subtidal environment and would support the hypothesis of the tectonic disarticulation of the epicontinental platform at the Bathonian-Callovian boundary, keeping as a continuous process until late in the Oxfordian stage.

The Oxfordian materials lie unconformably above the Bathonian/Callovian discontinuity. They are clearly *debris flow* deposits that formed in a deep subtidal environment (verticalised disarticulated and early-cemented moulds of early Transversarium Biozone specimens of *Glochiceras*, *Otosphinctes* or *Dichotomosphinctes*) with late Transversarium specimens of *Passendorferia erycensis* or *Larcheria subschilli*. This is further confirmed by the common occurrence of specimens of

Geyssantia Meléndez preserved as wholly septated internal moulds filled in until the innermost whorls, and showing a truncational surface on the upper flank having microbial growths, which seal the disarticulation surface (Meléndez *et al*. 2015; see figure 4). The ammonite succession allows the recognition of the main Oxfordian units, although their preservation as reworked internal moulds makes their precise assignment to a biostratigraphic unit somewhat uncertain.

(3) The Callovian-Kimmeridgian successions in Western and central Sicily

In the North-western and western margin of Sicily the Callovian-Kimmeridgian sequences show developments which reflect different sedimentary and environmental conditions. Epicontinental and epioceanic platform isolation as a consequence of the opening of the western Tethys during the Jurassic period led to the development of a series of different sedimentary environments (horst and graben dynamics) that are nowadays represented by somewhat different lithologies and ammonite successions. Alpine tectonic movements led to the development of a series of tectonic thrusts (a piling up of thrusts) in the central part of the island, where the falling of big blocks (megaturbidites) in the flysch sequences are common. This is the case e.g. of the sections of Regalmici, the type locality of *Passendorferia regalmicensis* (Gemmellaro) where Jurassic big (megaturbidite) blocks are found in normal stratigraphic order within the so-called Numidic (Oligocene) Flysch deposits. In the case of the section of Roccapalumba, the succession of E-W oriented thrusts forms an inverted Middle-Upper Jurassic sequence. This reflects the intense compressional tectonics that characterised the alpine movements in this area. Both sequences, which belong to the Trapanese Domain, show a similar development and lithology during the Callovian-Oxfordian interval. The Oxfordian-Kimmeridgian boundary is only partly recognisable in Regalmici but in Roccapalumba, a well-developed (although inverted) Kimmeridgian sequence can be followed and characterised (see figure 2). Some typical Kimmeridgian taxa, such as *Nebrodites agrigentinum* or *Nebrodites hospes* allow characterizing different stages of the lower Kimmeridgian. Other representatives of more typically submediterranean areas, such as Ataxioceratidae or Aspidoceratidae are less common (Meléndez *et al*., 2010).

In western Sicily, in the classical localities of Erice, Contrada Diesi or Cava ex Capraria The Callovian-Oxfordian-Kimmeridgian sequences also show some similarities although there are important differences as well. Typical Ammonitico Rosso facies characterizes the Callovian-Oxfordian interval at Erice, the type locality of the species *Passendorferia erycensis* Meléndez with, again, a remarkable stratigraphic gap at the Callovian-Oxfordian boundary. The condensed Rosso Ammonitico facies of Callovian and Oxfordian age are followed by a more expanded Kimmeridgian sequence in a more proximal platform carbonate facies. These facies clearly change at Contrada Diesi (giving place to a more condensed sequences) and reach maximum values at the area of Cava ex Capraria, where sedimentary condensation reaches maximum values, the whole Callovian to lower Kimmeridgian sequence reaching less than two metres.

(4) The Callovian-Kimmeridgian successions in Eastern (Evvoia Island) and western Greece (section of Klissoura, south from Ioannina).

During the Hellenide, Balcan orogenes, tectonic evolution was ruled by the Cimmerian movements, which led to the successive collisions of crustal blocks, involving one or more ophiolite obductions, (see Scherreicks *et al*., 2016 and references therein) and an intense block tectonics in the western Hellenides, leading to a very different development of Middle-Upper Jurassic sequences.

The Pelagonian carbonate platform (eastern Hellenides) was overthrust during Jurassic times by an ophiolite sheet during the closure of the Vardar ocean (Scherreiks *et al*., *loc. cit*.). This apparently led to the emersion of the platform during Callovian time. The Bathonian-Callovian boundary is marked by shallowing facies that subsequently were overlain by bauxite mineralisations, which are overlain by shallow marine Oxfordian carbonates. During the Kimmeridgian stage the platform was characterised by the development of deepening marine environments in which the development of scleractinian groups (*Cladocoropsis*) was the most common colonizer, forming important colonial growths. During the obduction of the ophiolite sheet, rapid subsidence led to the below-ccd deposition of turbidites and radiolarites. This environment continued until the Early Cretaceous, when the ophiolite was finally emplaced. It is remarkable noting that the ammonite content of these materials is so far extremely scarce.

In western Greece, at the locality of Klissoura, some 30 Km south of the town of Ioannina, the middle-late Oxfordian materials consists of a grey carbonate sequence containing scarce sponge remains and some typical

ammonites such as *Passendorferia* of the *torcalense-teresiformis* group (see figure 1) and *Gregoryceras* of the *fouquei* group. They show some clear features of taphonomic reworking and overlay a limestone unit; the Louros limestone Formation; a unit of uncertain age but traditionally considered as Middle-Late Lias. Should this be the case, it would clearly mean that the ophiolite obduction and emplacement in the eastern Hellenides was coeval with different tectonic processes during Jurassic and Cretaceous times in the western Hellenides, including tilting of blocks and other dynamics. These processes are still active presently, as the African block is still pushing northwards and generating active volcanism in the Aegean Sea.

CONCLUSIONS

The sedimentary evolution of the epicontinental and epioceanic platforms across the Tethys during Jurassic times resulted from very different limiting and controlling factors. Despite some differences of development of the sequences in different places, some successions in different areas show similarities that could indicate similar conditioning factors. In epicontinental platforms the tilting effect of listric faults led to very different development of facies and thickness in different stratigraphic intervals, but with more or less synchronous episodes of subaerial exposure of the platform. These intervals are documented at the Bathonian-Callovian; Callovian-Oxfordian and (in distal areas) Oxfordian-Kimmeridgian boundary. In the Subbetic and Sicilian domains instead, the block tilting and isolation of epioceanic platforms led to the development of very different facies and thickness. The apparent deep conditions of some of these environments, as it seems to be the case of the surroundings of Estepa, might not have been the case in other areas, such as the Sicilian sections of Contrada Diesi, Roccapalumba or Cava ex Capraria, where the sedimentary conditions might have been much shallower and many of the recorded ammonite assemblages could have, actually, been drifted adult shells on shallow environments. In the case of the described areas in Greece, the conditions fluctuated from deep carbonate platform facies to emergent platform, and then to drowned, below the CCD, platform facies between Bathonian and late Kimmeridgian times (Evvoia island) whilst in the western part (around Klissoura) the block tectonics also led to long intervals of subaerial exposure of the platform.

ACKNOWLEDGEMENTS

Research project from the DGA, E-17: "*Palaeontological Museum and Heritage*". Mme Marcelle BouDagher-Fadel for her valuable information about Upper Jurassic foraminifera.

REFERENCES

Atrops, F. and Meléndez, G. 1984. Kimmeridgian and Lower Tithonian from the Calanda-Bergé area (Iberian Chain, Spain). Int Symposium on Jurassic stratigraphy. Erlangen, 2, 378-392.

Campos-Soto, S., Benito, M.I., Mas, R., Caus, E., Cobos, A., Suárez-González, P. and Quijada, I. 2016. Revisiting the Late Jurassic-Early Cretaceous of the NW South Iberian basin: new ages and sedimentary environments. *Journal of Iberian Geology,* 42 (1), 69-94.

Gómez, J.J. and Fernández-López, S. 2004. Las unidades litoestratigráficas del Jurásico Medio de la Cordillera Ibérica. *Geogaceta*, 35, 91-94.

Meléndez, G., d'Arpa, C., Di Stefano, P., Bello, J. and Ramajo, J. 2010. Callovian to Lower Kimmeridgian ammonite successions from west Sicily (Roccapalumba) and Northeast Iberian Range (Ariño, Teruel): A key for palaeogeographical reconstruction. *V Congreso de Jurásico de España. Museo del Jurásico de Asturias* (2010), 103-111.

Meléndez, G., Yáñez, J. and Sequeiros, L. 2015. *Geyssantia* Meléndez from Estepa (Subbetic Range, Andalucía, Spain) and *Subnebrodites* Spath: Searching for their possible origin and evolution. *XXXI Jornadas de Paleontología* (SEP). *Libro de resúmenes*, 190-192.

Sandoval, J., Yáñez. J de D. and Checa, A. 2009. El Calloviense (Jurásico Medio) en la Sierra de Estepa, provincia de Sevilla, Cordillera Bética. XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología Colunga, Asturias, Octubre 2008, 275-276.

Scherreiks, R., Meléndez, G., Boudagher-Fadel, M., Fermeli, G. and Bosence, D. 2016. The Callovian unconformity and the ophiolite obduction onto the pelagoniann carbonate platform of the Internal Hellenids. *Bulletin Geological Society of Greece*, L, 2016. Proc. 14th Int. Congress Thessaloniki, May 2016, 1-9.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LA APORTACIÓN CIENTÍFICA AL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO DE JUAN VILANOVA DURANTE SUS VIAJES POR EUROPA

M.R. Alcalde-Fuentes[1], F. Barroso-Barcenilla[2,3] y M. Segura[3]

[1] Dpto. de Geología y Geoquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España - Spain. mariar.alcalde@uam.es
[2] Dpto. de Paleontología (Grupo de Investigación Procesos Bióticos Mesozoicos), Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, España - Spain.
[3] Dpto. de Geología y Geografía (Grupo de Investigación IberCreta), Facultad de Ciencias, Universidad de Alcalá, 28771 Alcalá de Henares, España - Spain.

RESUMEN

Uno de los rasgos distintivos de Juan Vilanova que lo diferencian de otros científicos españoles de su época, es su motivación e interés por conocer las novedades que acontecían en los círculos científicos europeos. Para ello, aplicará unos criterios conforme a su propósito de seleccionar diversas muestras geológicas y paleontológicas que atesorará durante sus viajes con la intención, en algunos casos, de intercambiarlas para finalmente dotar al Real Gabinete de Historia Natural de una colección de muestras lo más completa posible. De este modo, contribuirá, en todo caso, a la investigación y conservación de tan importante patrimonio. Su metódico trabajo queda recogido en las diversas publicaciones que fue realizando en los años posteriores a su participación en los congresos y excursiones geológicas. Por otra parte, su probada eficacia le permite abrir nuevas relaciones internacionales que facilitarán la recogida de una importante colección, de la que actualmente se está llevando a cabo una revisión con respecto al material paleontológico.

Palabras clave: Vilanova, patrimonio, divulgación, inventario, fósiles.

ABSTRACT

One of the important features of Juan Vilanova, that differentiate from other Spanish scientists of his time, was his motivation and interest for knowing the innovations that were happening in the scientific European circles. For it, he would apply the criteria in accordance with the aim of selecting of the diverse geological and paleontological samples, which gathered during his travels with intent, in some cases, to exchange finally providing the Real Gabinete de Historia Natural of a collection of samples as complete as possible. In this way, he will also contribute to research and conservation of important heritage. His methodical work reflected in the various publications that he realized years later to his participation in the congresses and geological excursions. His proven efficiency allows him to open new international relations that will facilitate the obtaining of an important collection, of which nowadays a review is carried out with regard to the paleontological material.

Key words: Vilanova, heritage, dissemination, inventory, fossils.

INTRODUCCIÓN

Sin duda, la característica más llamativa y definitoria de Juan Vilanova sería su carácter ávido de conocimiento que le llevará a ser de los pocos representantes españoles en los congresos científicos europeos, hecho del que ciertamente se lamentaba (Vilanova, 1888). Además, su gran disposición con respecto a la divulgación, revalorización y conocimiento de las ciencias geológicas quedará recogida con la publicación de las memorias redactadas años posteriores a su asistencia a las diversas reuniones y excursiones científicas europeas. La participación en los diversos Certámenes, Exposiciones y Congresos a lo largo de sus viajes, le ofrecieron, por una parte, abundante material de estudio y, por otra, contribuyeron a estrechar sus relaciones internacionales. En este trabajo se aporta una visión completa de la contribución científica en el campo de la geología y la paleontología que Vilanova recopiló durante sus viajes por Europa.

ANTECEDENTES

Las referencias bibliográficas sobre estudios realizados en torno a las colecciones geológicas traídas por Juan Vilanova y Piera (1821-1893) al Real Gabinete de Historia Natural (actual Museo Nacional de Ciencias Naturales) han sido escasas, y actualmente el inventario y catálogo está pendiente de revisión. Los datos que se conocen forman parte de sus propios trabajos de inventariado y catalogación, algunos de los cuales son confusos por no tener inconveniente en mezclar ejemplares de la misma especie de localidades diferentes (Montero, 2003). Con todo, las primeras citas existentes hacen referencia a sus publicaciones. De éstas, se pueden destacar el Compendio de Geología (Vilanova, 1872) y el Tratado de Geología (Vilanova, 1878). Además de los inventarios de las colecciones geológicas traídas por él mismo de diversos lugares de Europa, encontramos referencias durante los años posteriores, como las de Vilanova (1884) en las que se revela, entre otras observaciones, información específica referente a terrenos jurásicos y cretácicos franceses y se determinan los hallazgos de distintas especies de ammonoideos. También el trabajo de Vilanova (1888) contribuye con diversos datos importantes, destacando, en primer lugar, la intención, por parte de las comisiones internacionales constituidas para la realización de la Carta Geológica de Europa, de aportar mayor sencillez y uniformidad al lenguaje científico y a la representación gráfica de los mapas geológicos, con el propósito de divulgar la ciencia. En segundo lugar, este mismo trabajo detalla las visitas geológicas y las relaciones de intercambio que existían para conseguir excelentes ejemplares fósiles. Además, sus memorias recogen una visión convulsa en esos momentos, acerca del concepto de patrimonio en Europa.

Algunos de los trabajos recientes más importantes y que han arrojado datos de la vida biográfica de Vilanova y sus periplos por Europa son los de Gozalo *et al.* (1993), quienes en conmemoración del centenario de su muerte, llevan a cabo una publicación en torno a su figura en Europa. Asimismo, Pelayo (1995) aporta una visión más detallada de su biografía. Por su parte, Montero (2003) desarrolla una importante labor de investigación en torno a las colecciones de Vilanova en el Real Gabinete de Historia Natural. Por último, destacar Pelayo y Gozalo (2012), quienes aportan un trabajo profundo sobre su vida.

Por otra parte son importantes los trabajos llevados a cabo por Cape l (2014) en referencia a la evolución del concepto de Patrimonio, así como por Martín-Guglielmino (2007) que recoge la difusión como uno de los tres pilares de la gestión del patrimonio.

DISCUSIÓN

Afortunadamente, los resultados del trabajo confiado a Juan Vilanova quedaban publicados en años posteriores, para nuestro conocimiento, después de sus viajes realizados con motivo de los diversos congresos científicos. Asimismo, a mediados del siglo XIX, su participación en excursiones geológicas, a su paso por distintos países europeos, serían intensas y se extenderán durante años, permitiéndole recolectar interesantes muestras de material geológico que enviará al Real Gabinete de Historia Natural (Montero, 2003). Las cajas con rocas, minerales y fósiles llegaban al

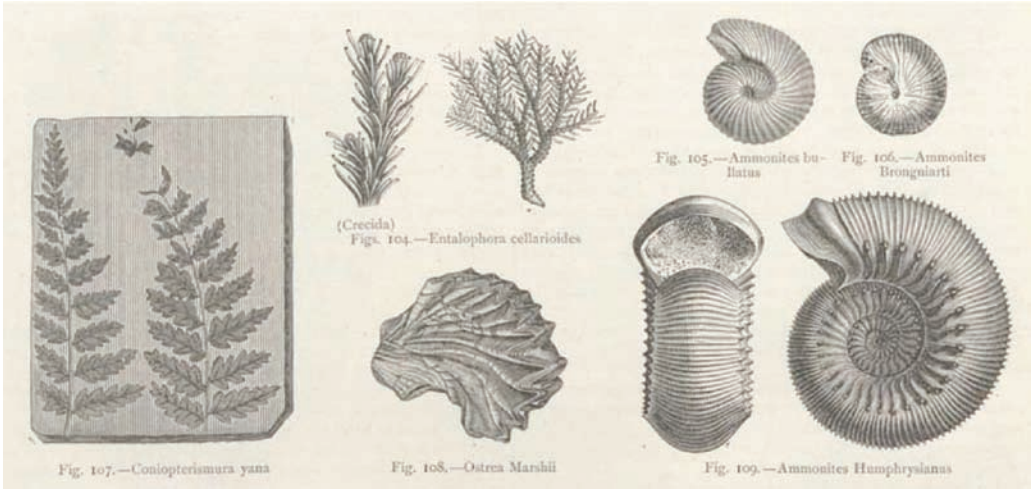


Figura 1. Fósiles característicos de edad Jurásica. Tomado de Vilanova (1878).

Gabinete posiblemente inventariadas y clasificadas por Vilanova, excepto la colección de fósiles de Soleures (Montero, 2003). Entre el material fósil recogido es destacable el correspondiente a los moluscos cefalópodos de las formaciones jurásicas y cretácicas que él mismo recolectó. Por otra parte, las donaciones, regalos (Montero, 2003) y compras (Vilanova, 1888) de diversos fósiles completarían los fondos destinados al Gabinete.

Además, su activa relación con el mundo científico europeo le llevará a ser miembro activo en diversos congresos, relacionándose desde su primer viaje a Francia con la élite de la geología (Pelayo y Gozalo, 2012). Sirva de ejemplo que resultó ser el único socio español de la Sociedad Geológica Suiza, tal y como él mismo manifestaba (Vilanova, 1888). Destacar su participación en los Congresos Científicos de Zürich, Rouen y Charleville, pormenorizando observaciones precisas a su paso por Suiza, Francia, Bélgica y Holanda. Sus memorias detallan el vertiginoso movimiento científico europeo, fundamentalmente en el último tercio del siglo XIX. El círculo intelectual del que bebía Vilanova le propiciaría los conocimientos necesarios para divulgar en nuestro país los avances científicos europeos (Fig. 1). Y, de tal modo, que apuntaba la conveniencia de difundir esta clase de conocimientos entre todas las esferas sociales, para despertar el gusto por semejantes estudios (Vilanova, 1888).

En esos momentos, el concepto de Patrimonio comenzaba incipientemente a adquirir nuevos significados, debatiéndose entre la noción de lo colectivo y de la propiedad privada. Por su parte, los museos europeos adquirían un patrimonio de carácter geológico y paleontológico, y las Exposiciones Internacionales favorecían el acercamiento de un nuevo sector de la sociedad a su interpretación a través de modelos geológicos. Asimismo, la influencia de las obras de relatos de viajes científicos fue notoria para entender el proceso de valorización patrimonial, en lo que respecta a tan particular patrimonio. El proceso avanzó en toda Europa al mismo tiempo que se tomaba conciencia de que el patrimonio permite vincularse al pasado y se convierte en un lugar de la memoria (Capel, 2014). Sin embargo, es hoy en día cuando se debe establecer el vínculo entre el patrimonio y la sociedad (Martín-Guglielmino, 2007), motivo sobradamente justificado para realizar una revisión del material paleontológico que Vilanova, durante sus viajes, adquiere, recolecta y recibe con el propósito de completar los fondos del Real Gabinete de Historia Natural.

CONCLUSIÓN

Las características señaladas de la activa vida científica de Juan Vilanova resaltan, con particular evidencia, la importantísima aportación al conocimiento del patrimonio geológico y paleontológico europeo en España y, que

halló destino en los fondos del Real Gabinete de Historia Natural. La mayor parte de sus memorias recogen tanto datos científicos como investigaciones de carácter más práctico, que permiten vislumbrar información de índole social y económica, así como sus impresiones recogidas a lo largo de sus viajes científicos. Todo ello resulta especialmente importante para el entendimiento del inicio del proceso de valorización patrimonial, que se produjo ya en el s. XIX, y que actualmente encuentra su lugar en la democratización del acceso y el uso del mismo, motivo por el cual, el material paleontológico obtenido por Vilanova está siendo objeto de estudio.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Juan Alberto Pérez-Valera, de la Universidad Complutense de Madrid, y a Dña. Julia Audije-Gil, de la Universidad de Alcalá. Proyectos de Investigación CGL2015-66604 y CGL2015-68363 del Ministerio de Economía y Competitividad (España).

REFERENCIAS

Capel, H. 2014. *El Patrimonio: la construcción del pasado y el futuro*. Ediciones del Serbal, 184 pp.

Gozalo, R., Pelayo, F. y Sequeiros, L. 1993. Juan Vilanova y Piera: Centenario de su muerte (1893-1993). *Revista Española de Paleontología*, 8, 121-124.

Martín Guglielmino, M. 2007. La difusión del patrimonio. *Revista electrónica de Patrimonio Histórico,* 1. http://revistaseug.ugr.es/index.php/erph/article/view/3319/3331

Montero, A. 2003. *La Paleontología y sus colecciones desde el Real Gabinete de Historia Natural al Museo de Ciencias Naturales.* Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC, 383 pp.

Pelayo, F. 1995. Un capítulo en la creación de la cátedra de Geología y Paleontología de la Universidad Central: La formación científica de Juan Vilanova por Europa. *Llull*, 18, 493-516.

Pelayo, F. y Gozalo, R. 2012. *Juan Vilanova y Piera (1821 -1893), la obra de un naturalista y prehistoriador valenciano: La donación Masiá Vilanova en el Museo de Prehistoria de Valencia*. Serie de Trabajos Varios, 114, Servicio de Investigación Prehistórica del Museo de Prehistoria de Valencia, 323 pp.

Vilanova, J. 1872. *Compendio de geología*. Imprenta de Alejandro Gómez Fuentenebro, Madrid, 588 pp.

Vilanova, J. 1878. *Tratado de Geología.* Montaner y Simón, Eds. Barcelona, 377 pp.

Vilanova, J. 1888. *De Madrid a Amsterdam pasando por Zurich, Rouen y Charteville*. Congresos científicos de 1883. Imprenta del Colegio Nacional de Sordo-Mudos y de Ciegos, Madrid, 397 pp.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

YACIMIENTOS PALEONTOLÓGICOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID (2000-2015), RESUMEN DE SITUACIÓN: I - PLEISTOCENO

F. Arroyo Rey

c/ Greco 18, Colmenar Viejo, 28770 Madrid, España. farroyorey@gmail.com.

RESUMEN

Desde el comienzo del siglo XXI se han descubierto en la Comunidad de Madrid cerca de 100 yacimientos miocenos y pleistocenos, la mayoría relacionados con la construcción de grandes infraestructuras y desarrollos urbanísticos.

Palabras clave: Yacimientos paleontológicos, Pleistoceno, Madrid.

ABSTRACT

Since the beginning of the XXIth century, there have been discovered around the Madrid region about 100 Miocene and Pleistocene sites, most of them related to the construction of major infrastructure and urban development.

Key words: Paleontological sites, Pleistocene, Madrid.

INTRODUCCIÓN

Desde la publicación de los catálogos o listados de yacimientos en los libros "Patrimonio Paleontológico de la Comunidad de Madrid" (Morales, 2000) y "Bifaces y Elefantes" (Panera y Rubio, 2002) no se ha vuelto a llevar a cabo ningún trabajo de similares características.

En estos aproximadamente 15 años se han descubierto y documentado unos 100 yacimientos cenozoicos, la mayoría relacionados con alguna de las obras, tanto públicas como privadas, que se han llevado a cabo en la Comunidad de Madrid. Los mayores descubrimientos están relacionados normalmente con las grandes infraestructuras (ampliación de la Red de Metro de Madrid, soterramiento de la M30,...) o complejos urbanísticos (Cañaveral, Vallecas,...) aunque en obras de menor envergadura también se han descrito yacimientos muy importantes.

Se han preparado sendos listados de yacimientos, uno para el Mioceno y otro para el Pleistoceno, con la bibliografía más relevante en cada caso. Unos pocos siguen, a día de hoy, inéditos y así se indica en cada caso.

LISTADO DE YACIMIENTOS PLEISTOCENOS

12 de Octubre – Madrid (Alarcón e Yravedra, 2014).
Abrigo del Monte – El Vellón (Vega *et al*., 2010; Sevilla *et al*., 2009).
Cañaveral Parcela 32 (Cuaternario) – Madrid (Baena *et al*., 2008).

Cueva de la Ventana – Torrelaguna (Vega *et al*., 2010).
Cueva del Oso – Patones (Vega *et al*., 2010).
E.D.A.R. Culebro (Cuaternario) 1 – Getafe (Manzano *et al*., 2010).
Estanque de Tormentas de Butarque – Madrid (Álvarez *et al*., 2009; Arcos *et al*., 2008).
Falso Túnel Perales – Getafe (López *et al*., 2015).
HAT – San Martín De La Vega (Sesé *et al*., 2011a).
Pista de Motos – Madrid (Domínguez Alonso y Vírseda, Sanz 2009).
PRERESA – Getafe (Blain y Sesé, 2014; Sesé *et al*., 2011b; van der Made y Mazo, 2014).
Prolongación Línea 3 de Legazpi a San Cristóbal de los Ángeles – Madrid (López Recio *et al*., 2006).
Puente de los Tres Ojos – Madrid (Tapias *et al*., 2012).
Puente de Praga (M30) (Cuaternario) – Madrid (Inédito).
Real Fábrica de Paños – San Fernando de Henares (Dones *et al*., 2010).
Túneles Atocha 2 – Madrid (Dones y Tapias 2015).
U.Z.P. 1.05. Villaverde-Barrio de Butarque – Madrid (Alarcón *et al*., 2014).
Valdocarros – Arganda Del Rey (Sesé *et al*., 2011a).

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Museo Arqueológico Regional de la Comunidad de Madrid el acceso al *Catálogo de Yacimientos Arqueológicos de la Comunidad de Madrid*, lo que ha permitido completar la información recopilada en la bibliografía y localizar yacimientos inéditos. A Susana Fraile, por su colaboración y consejos

REFERENCIAS

Alarcón, A., Alcalde, R., Expósito, E. y Yravedra, J. 2014. VI. Paleontología. En: López-Recio, M., Morín de Pablos, J. y Silva, P.G. (Eds.): *Villaverde-Barrio de Butarque (Madrid). Geoarqueología de la zona de desembocadura del arroyo Butarque en el río Manzanares*. MArq SPhA Audema, Serie Prehistoria Antigua, Madrid, 87-148.

Alarcón, A. y Yravedra, J. 2014. VI. Restos paleontológicos. En: López-Recio, M., Morín de Pablos, J. y Silva, P.G. (Eds.): *El yacimiento paleolítico del 12 de Octubre. Geoarqueología en el valle inferior del Manzanares*. MArq SPhA Audema, Serie Prehistoria Antigua, Madrid, 89-101.

Álvarez, V., Arcos, S., Gallego, N., Gil, C., González, I., Herráez, E., Ruiz Zapata, B. y Yravedra, J. 2009. Yacimiento Paleolítico del Estanque de Tormentas de Butarque. 718-05-H-02. *Actas de las Cuartas Jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid*, 333-338.

Arcos, S., Gallego, N., Gil, C., González, I. y Yravedra, J. 2008. Geoarqueología del yacimiento paleolítico del Estanque de Tormentas de Butarque (Villaverde, Madrid). *I Jornadas de Jóvenes en Investigación Arqueológica,* I, 135–140.

Baena, J., Bárez, S., Pérez, A., Lázaro, A., Nebot, A., Roca, M., Pérez, T., González, I., Cuartero, F., Rus, I., Polo, J. Márquez, R., Cabanes, D. y Carrancho, A. 2008. El yacimiento paleolítico Cañaveral (Coslada, Madrid). La captación de recursos líticos durante el musteriense peninsular. *ArqueoWeb. Revista sobre Arqueología en Internet,* 9(2), 1-32.

Blain H.A. y Sesé C. 2014 Microvertebrados de PRERESA. En: *El Presente de la Arqueología Madrileña (Col.),* Haploidoceros mediterraneus, *Una nueva especie de ciervo en el Pleistoceno ibérico*. Museo Arqueológico Regional, Alcalá de Henares, 55-57.

Domínguez Alonso, R.M. y Vírseda Sanz, L. 2009. Excavación en el yacimiento Pista de Motos (Villaverde, Madrid). *Actas de las cuartas jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid*, 327-331.

Dones, V., Agustí, E., Arango, C., Tapias, F., de Arcos, P., Alarcón, A., López Recio, M., Morín, J. y Villaverde, R. 2010. Hallazgos faunísticos y líticos en depósitos pleistocenos del río Jarama. Proyecto de Nuevos Edificios en el solar de la Real Fábrica de Paños de San Fernando de Henares. *Actas de las quintas jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid,* 305-310.

Dones, V. y Tapias, F. 2015 Los enclaves paleontológicos en la traza del AVE en el entorno sur de Madrid. En: Mena, P. y Berzosa, L. (coord.), *La arqueología en el trazado ferroviario del sur de la Comunidad de Madrid. Una aventura fascinante*. Madrid, 15-36.

López, O., Sánchez-Cervera, B., Uribelarrea, D., Garcia Somoza, C. y Gallego, C. 2015. Las terrazas del Manzanares, área de singular riqueza arqueológica. En: Mena, P. y Berzosa, L. (coord.), *La arqueología en el trazado ferroviario del sur de la Comunidad de Madrid. Una aventura fascinante*. Madrid, 223-232.

López Recio, M., Silva Barroso, P.G., Tapias Gómez, F., Fernández Calvo, C., Morín de Pablos, J., Canales Fernández, M.L., Cuartero Monteagudo, F., Martín Puig, D., Lázaro Lázaro, A., Alcalde Fuentes, R., Arroyo Sánchez, F., del Moral González, B., Dones García, V., González Hernández, F.M., Agustí García, E., Burjachs, F., Expósito, I., Escalante García, S., Cuezva, S., Inclán Gutiérrez, Y., Alarcón Hernández, A., de Arcos Pérez, P., Escolá Martinéz, M., Gómez Moreno, J., Illán Illán, J., Sánchez Hidalgo, F. y Víctores de Frutos, R. 2006. Prolongación de la Línea 3 de Metro de Madrid de Legazpi a San Cristóbal de los Ángeles. En: Mena Muñoz, P., Caballero Casado, C. y Nicolás Helena, M.E. (Coords.) *El patrimonio arqueológico y paleontológico en las obras de Ampliación de Metro de Madrid. 2003-2007*. Comunidad de Madrid, 441-457

Manzano, I., Expósito, A., Pérez-González, A., Soto, E., Sesé, C., Yravedra, J., Ruiz Zapata, B., Millán, A., Beneitez, P., Torres, T., Mondéjar, J.A., Zarco, E., Sánchez, H., Citores, A., Ramos, M. y Rodríguez, A. 2010. El yacimiento arqueopaleontológico de E.D.A.R. Culebro 1 (Estación Depuradora de Aguas Residuales de la cuenca baja del arroyo Culebro. Ministerio de Medio Ambiente. Confederación Hidrográfica del Tajo). *Actas de las Quintas Jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid*, 203-214.

Morales, J. (Coordinador) (2000): Patrimonio Paleontológico de la Comunidad de Madrid. *Arqueología, Paleontología y Etnografía*, 6. Consejería de Educación, Com. de Madrid, 371 pp.

Panera, J. y Rubio, S. (Eds). 2002 Bifaces y Elefantes. La investigación del Paleolítico Inferior en Madrid. *Zona Arqueológica*, 1, Museo Arqueológico Regional, Alcalá de Henares, 510 pp.

Sesé, C., Panera, J., Rubio-Jara, S. y Pérez-González, A. 2011a. Micromamíferos del Pleistoceno Medio y Pleistoceno Superior en el Valle del Jarama: yacimientos de Valdocarros y HAT (Madrid, España). *Estudios Geológicos*, 67 (1), 131–151

Sesé, C., Rubio-Jara, S., Panera, J. y Pérez-González, A. 2011b. Micromamíferos del Pleistoceno Superior del yacimiento de PRERESA en el valle del Manzanares y su contribución a la reconstrucción paleoambiental de la cuenca de Madrid durante el Pleistoceno. *Estudios Geológicos*, 67 (2), 471–494.

Sevilla, P., Laplana, C., Blain, H.A., Colino, F., Rodríguez, R. y Vega Toscano, G. 2009. Microvertebrados del nuevo yacimiento del Pleistocneo superior tardío del Abrigo del Monte (El Vellón, Madrid). En: Palmqvist, P. y Pérez-Claros, J.A. (coords.), *Comunicaciones de las XXV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología: "Darwin, la Teoría de la Evolución y la Paleontología"*. Málaga, 263-267.

Tapias, F., López Recio M, Manzano I, Alcaraz M, Morín J, Sesé C, Dapena L, Alarcón A, Yravedra J, Arteaga C. 2012. Geoarqueología y paleontología de los depósitos del Pleistoceno superior del antiguo arroyo abroñigal (Cuenca Del Manzanares, Madrid): El yacimiento del puente de los Tres Ojos. *Cuaternario y Geomorfologia*. 26, 105-132.

van der Made, J. y Mazo, A.V. 2014. Los grandes mamíferos del yacimiento de PRERESA. En: *El Presente de la Arqueología Madrileña (Col.),* Haploidoceros mediterraneus, *Una nueva especie de ciervo en el Pleistoceno ibérico.* Museo Arqueológico Regional, Alcalá de Henares, 39-54.

Vega, G., Sevilla, P., Colino, F., De la Peña, P., Rodríguez, R., Gutiérrez, F. y Bárez, S. 2008. Nuevas investigaciones sobre los yacimientos paleolíticos de la Sierra Norte de la Comunidad de Madrid. *Actas de las Quintas Jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid*, 115-132.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

YACIMIENTOS PALEONTOLÓGICOS DE LA COMUNIDAD DE MADRID (2000-2015), RESUMEN DE SITUACIÓN: II - MIOCENO

F. Arroyo Rey

c/ Greco 18, Colmenar Viejo, 28770 Madrid, España. farroyorey@gmail.com.

RESUMEN

Desde el comienzo del siglo XXI se han descubierto en la Comunidad de Madrid cerca de 100 yacimientos miocenos y pleistocenos, la mayoría relacionados con la construcción de grandes infraestructuras y desarrollos urbanísticos.

Palabras clave: Yacimientos paleontológicos, Mioceno, Madrid.

ABSTRACT

Since the beginning of the XXIth century, there have been discovered around the Madrid region about 100 Miocene and Pleistocene sites, most of them related to the construction of major infrastructure and urban development.

Key words: Paleontological sites, Miocene, Madrid.

INTRODUCCIÓN

En estos aproximadamente 15 años se han descubierto y documentado unos 100 yacimientos cenozoicos, la mayoría relacionados con alguna de las obras, tanto públicas como privadas, que se han llevado a cabo en la Comunidad de Madrid. Los mayores descubrimientos están relacionados normalmente con las grandes infraestructuras (ampliación de la Red de Metro de Madrid, soterramiento de la M30,...) o complejos urbanísticos (Cañaveral, Vallecas, ...) aunque en obras de menor envergadura también se han descrito yacimientos muy importantes.

LISTADO DE YACIMIENTOS MIOCENOS

Avda. de las Dos Castillas (Tren Ligero de Colonia Jardín a Pozuelo de Alarcón) – Pozuelo de Alarcón (Sánchez y Bernal, 2006).
Barajas 13 a 16 (Madrid) y 17 (Alcobendas) – Madrid (Esteban Jiménez, 2004).
Bronce – Madrid (Anuario de Actuaciones Arqueológicas y Paleontológicas de la CAM).
By-Pass Sur (M30) – Madrid (Cárdaba y Presumido, 2009).
Cabecera de Atocha – Madrid (Dones y Tapias 2015).

Cañaveral (Mioceno) – Madrid (Pesquero *et al.*, 2008).
Casa de Campo - Marqués de Monistrol – Madrid (Burbano y Rubio, 2013).
Casa Montero – Madrid (López Guerrero *et al.*, 2007).
Cerro Batallones 02 a 10 – Torrejón de Velasco (Morales *et al.*, 2008).
Ciudad Pegaso - calle Séptima – Madrid (Anuario de Actuaciones Arqueológicas y Paleontológicas de la CAM).
Conexión Centro de Carga – Madrid (Morín *et al.*, 2010).
Depuradora Leganés Sur A – Leganés (Sesé y Jiménez Rodríguez, 2014).
El Esparragal-Valdecanto II (El Ayudén) – Pinto (Díaz Miguel *et al.*, 2015).
Estación Arganzuela-Planetario (M2) (M-10) – Madrid (Herráez y Presumido, 2006).
Estación Vía Carpetana 1 – Madrid (Hontecillas *et al.*, 2014).
Estación Vía Carpetana 2 – Madrid (Hontecillas *et al.*, 2014).
Estadio de la Peineta (Línea 7 Metro - Tramo 1) – Madrid (Simón Pérez *et al.*, 2006).
Estadio de Madrid - La Peineta – Madrid (Tapias *et al.*, 2014).
Euterpe – Madrid (Anuario de Actuaciones Arqueológicas y Paleontológicas de la CAM).
Glorieta de Embajadores PG1 a PG4 – Madrid (Artra S.L. *et al.*, 2006).
Húmera - Glorieta de Acceso – Pozuelo de Alarcón (Cárdaba *et al.*, 2013).
Intercambiador Príncipe Pío – Madrid (Roca *et al.*, 2009).
Interestación Argüelles-Moncloa – Madrid (Artra S.L. *et al.*, 2006).
La Bruja (Astarte y Arqueología y Restauración Soc. Coop.).
La Elipa - Parque Arriaga – Madrid (Cantalapiedra *et al.*, 2006).
La Hidroeléctrica - Paseo Virgen del Puerto 57 (Hotel) – Madrid (Inédito; Catálogo de Yacimientos Arqueológicos de la Com. de Madrid).
La Hidroeléctrica M30 – Madrid (Martínez Díaz y Rus, 2007).
Las Rejas – Madrid (Inédito; en fase de estudio).
Los Nogales – Madrid (Herráez *et al.*, 2006).
M-407 Enlace 2 – Leganés (Arcos y Rincón, 2012).
Maternidad de la calle O'Donnell – Madrid (Anuario de Actuaciones Arqueológicas y Paleontológicas de la CAM).
Méndez Álvaro Norte I – Madrid (Inédito; Catálogo de Yacimientos Arqueológicos de la Com. de Madrid).
Metronorte (Tramos 1B, 1C y 2A) – Alcobendas (Penedo *et al.*, 2006).
Moraleja de Enmedio (2004) – Moraleja de Enmedio (Anuario de Actuaciones Arqueológicas y Paleontológicas de la CAM).
Moraleja de Enmedio (El Lazareto/La Mangada) – Moraleja de En medio (Anuario de Actuaciones Arqueológicas y Paleontológicas de la CAM).
Móstoles - Aparcamiento K – Móstoles (Anuario de Actuaciones Arqueológicas y Paleontológicas de la CAM).
Móstoles 5 – Móstoles (López Olmedo *et al.*, 2004).
Móstoles 6 – Móstoles (López Olmedo *et al.*, 2004).
Paseo de la Chopera 2 (Inédito; Catálogo de Yacimientos Arqueológicos de la Com. de Madrid).
Plomo nº 18 – Madrid (Anuario de Actuaciones Arqueológicas y Paleontológicas de la CAM).
Polígono Industrial La Carpetania – Getafe (Martínez Campo y López Jiménez, 2015).
Pozo extracción Móstoles – Móstoles (Guerrero Recio *et al.*, 2013).
Prolongación de la Línea 1 de Metro (Tramo P. Castilla-Intercambiador Chamartín) – Madrid (Fraguas *et al.*, 2006).
Prolongación de las Líneas 1 y 4 de Metro (Tramo Intercambiador de Chamartín-Parque de Santa María) – Madrid (Barroso *et al.*, 2006).
Prolongación del Túnel de O´Donnell (Madrid) – Madrid (López Fraile *et al.*, 2007).
Prolongación Línea 11 a Carabanchel Alto – Madrid (Cuezva *et al.*, 2006).
Prolongación Línea 7 de Metro (Tramos II y III) – Coslada (López Fraile *et al.*, 2006).
Puente de Praga (M30) - Mioceno – Madrid (Martínez Díaz y Rus, 2007).
Ramal Parla pK. 1,250 – Pinto (Fernández Marrón *et al.*, 2004).
Túneles Atocha 1 – Madrid (Dones y Tapias, 2015).
Urbanización La Tenería – Villaviciosa de Odón (Sesé y Jiménez Rodríguez, 2014).

REFERENCIAS

Anuario de Actuaciones Arqueológicas y Paleontológicas de la CAM, desde http://213.4.104.210/cgi-bin/WebObjects/arqueologiaCAM

Arcos, S. y Rincón, I. 2012. M407: un nuevo yacimiento del Aragoniense superior en la Comunidad de Madrid. *Actas de las novenas jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid*, 355-361.

Artra S.L., Paleoconsult, S.L. e IPHES. 2006 Las actuaciones arqueopaleontológicas en los proyectos de ampliación de andenes y mejoras de la línea 3 de Metro de Madrid. En: Mena, P., Caballero, C. y Nicolás, M.E. (Coords.) *El patrimonio arqueológico y paleontológico en las obras de Ampliación de Metro de Madrid. 2003-2007*. Com. de Madrid, 217-241.

Astarte y Arqueología y Restauración Soc. Coop. 2015. Investigando los lugares arqueológicos, paleontológicos y etnológicos excavados en la traza del AVE. Tramo Pinto-Torrejón de Velasco-ramales de conexión con la L.A.V. Madrid-Levante y Madrid-Sevilla. En: Mena, P., Caballero, C. y Nicolás, M.E. (Coords.) *El patrimonio arqueológico y paleontológico en las obras de Ampliación de Metro de Madrid. 2003-2007*. Com. de Madrid, 319-380.

Barroso, R., Fraguas, A.R., Corrochano, J.F., de Felipe, R., Morín, J., Arribas, M., de Arcos, P., Dones, V., Escolá, M., López, F.J., Rodríguez, M.A., Tapias, F., Gómez, J., del Moral, B. y Cantallops, L. 2006 Construcción de la infraestructura de la prolongación de las Líneas 1 y 4 de Metro de Madrid (Tramo intercambiador de Chamartín-Parque de Santa María). En: Mena, P., Caballero, C. y Nicolás, M.E. (Coords.) *El patrimonio arqueológico y paleontológico en las obras de Ampliación de Metro de Madrid. 2003-2007*. Com. de Madrid, 321-329

Burbano, H y Rubio, C. 2013. Vertebrados fósiles descubiertos en las obras de la M-30 en Madrid. El yacimiento paleontológico de la Casa de Campo-Monistrol. *Naturaleza aragonesa*, 30, 12-20.

Cantalapiedra, V., García-Blanco, V.E., Ísmodes, A. y VILA, S. 2006. Prolongación de la Línea 2 de Metro de Madrid a la Elipa En: Mena, P., Caballero, C. y Nicolás, M.E. (Coords.) *El patrimonio arqueológico y paleontológico en las obras de Ampliación de Metro de Madrid. 2003-2007*. Com. de Madrid, 420-429.

Cárdaba J.A. y Presumido, M. 2009. Estudio de los materiales paleontológicos recuperados en la obra "Calzada derecha de la conexión del Paseo de Santa María de la cabeza – AIII, correspondiente al By-pass sur de la M-30 (Túnel Sur) en Madrid. (Exp. 244/04).

Cárdaba, J.A., Presumido, M., Fesharaki, O., Casado, A.I., Perales, R. y Muñiz, M. 2013. New data on the mammalian systematics and biostratigraphy of the middle Miocene from Húmera (Pozuelo de Alarcón, Madrid). *Spanish Journal of Palaeontology,* 28 (1): 29–42.

Cuezva, S., Oñate, P., Pozas, S., Marañón, J., Nicolás, M.E. y García I. 2006 Actuación arqueológica y paleontológica en el proyecto de construcción de infraestructura para la prolongación de la Línea 11 de Metro de Madrid a Carabanchel Alto En: Mena, P., Caballero, C. y Nicolás, M.E. (Coords.) *El patrimonio arqueológico y paleontológico en las obras de Ampliación de Metro de Madrid. 2003-2007*. Com. de Madrid, 459-477.

Díaz Miguel, M.A., Martínez, V. y García Somoza, C. 2015. La zona arqueológico-paleontológica de El Esparragal-Valdecanto-El Ayudén (Pinto). En: Mena, P. y Berzosa, L. (coord.), *La arqueología en el trazado ferroviario del sur de la Comunidad de Madrid. Una aventura fascinante*. Madrid, 277-305.

Dones, V. y Tapias, F. 2015 Los enclaves paleontológicos en la traza del AVE en el entorno sur de Madrid. En: Mena, P. y Berzosa, L. (coord.), *La arqueología en el trazado ferroviario del sur de la Comunidad de Madrid. Una aventura fascinante*. Madrid, 15-36.

Esteban Jiménez, Mª Cruz 2004: Actuaciones arqueológicas y paleontológicas en el Plan Barajas. *Actas de las primeras jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid,* 55-67.

Fernández Marrón, M.T., Fonollá, J.F., Sesé, C. y Jiménez, J.C. 2004. Estudio paleoambiental de nuevos yacimientos de plantas y vertebrados de la "Unidad Intermedia" del Mioceno Medio de la cuenca de Madrid. *Revista Española de Paleontología*, 19(2), 199-213.

Fraguas, A.R., Barroso, R., Pérez, V., Rodríguez, M.A., García, L., Canales, M.L., Martínez, A., Morín, J., González, L., De Felipe, R., Arribas, M., Tapias, F. y Catallops, L. 2006. Construcción de la infraestructura de la prolongación de la Línea 1 del Metro de Madrid (Tramo Plaza de Castilla-Intercambiador de Madrid). En: Mena, P., Caballero, C. y Nicolás, M.E. (Coords.) *El patrimonio arqueológico y paleontológico en las obras de Ampliación de Metro de Madrid. 2003-2007*. Com. de Madrid, 312-319.

Guerrero Recio, E., de Arcos, P., Dones, V., Alarcón, A., Casas, M. y Prieto, L. 2013. Últimos hallazgos de faunas terciarias en Móstoles (Madrid). *Actas de las séptimas jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid*, 445-448.

Herráez, E, García, I., Peláez-Campomanes, P. y Morales, J. 2006. Los Nogales, nueva fauna de vertebrados del Mioceno medio de Madrid. *Estudios Geológicos*, 62 (1): 257–262.

Herráez, E. y Presumido, M. 2006. Estación de Arganzuela en la Línea 6 de Metro de Madrid. En: Mena, P., Caballero, C. y Nicolás, M.E. (Coords.) *El patrimonio arqueológico y paleontológico en las obras de Ampliación de Metro de Madrid. 2003-2007*. Com. de Madrid, 441-457

Hontecillas, D., Abella, J., Valenciano, A., Montoya, P. y Morales,J. 2014. Estudio preliminar de los Hemicyonidae (Mammalia, Carnivora) de los yacimientos de El Cañaveral y Carpetana (Mioceno Medio, Madrid, España). En: Arreguín-Rodríguez, G., Colmenar, J., Díaz-Berenguer, E., Galán, J., Legarda-Lisarri, A., Parrilla-Bel, J., Puértolas-Pascual, E. y Silva-Casal, R. (Eds.). *New Insights on Ancient Life,* Huesca, 150-152.

López Fraile, F.J., del Estal, A., Espinosa, J.A., Donés, V., García, M., Tapias, F., Morín, J., Alarcón, A., Arribas, M., Canales, M.L. y López Recio, M. 2007. Prolongación del Túnel de O´Donnell (Madrid). *Actas de las segundas jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid*, 351-354.

López Fraile, F.J., Agustí, E., Morín, J., Sánchez, M., Escolà, M., Fernández, C., Canales, M.L., Curado, J.M., Martínez, A., Yravedra, J., González, L., Gómez, M. C., Prieto, L., Cantallops, L., Velasco, A., Martínez, A., Villaverde, R., García, R., de Arcos, P., Dones, V., Fraguas, A.R., Gómez, J. y del Moral, B. 2006. Proyecto de prolongación de la Línea 7 del Metro de Madrid a Coslada y San Fernando de Henares (Tramos 2 y 3, M-40-Coslada-San Fernando de Henares). En: Mena, P., Caballero, C. y Nicolás, M.E. (Coords.) *El patrimonio arqueológico y paleontológico en las obras de Ampliación de Metro de Madrid. 2003-2007*. Com. de Madrid, 374-383

López Guerrero, P., Oliver, A., Álvarez, M.A., García, I., Van den Hoek Ostende, L.W. y Peláez-Campomanes, P. 2007. Paleontología del yacimiento de vertebrados Aragoniense de Casa Montero (Madrid). En: Cambra-Moo, O., Martínez-Pérez, C., Chamero, B., Escaso, F., de Esteban Trivigno, S. y Marugán-Lobón, J. (eds.). *Cantera Paleontológica* Diputación Provincial de Cuenca, Castilla La Mancha, 247-254.

López Olmedo, F., Díaz, A., Martín, A., Calvo, J.P., Morales, J. y Peláez-Campomanes, P. 2004. Unidades estratigráficas en el registro sedimentario neógeno del sector occidental de la Cuenca de Madrid. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 17, 87–101.

Martínez Campo, V. y López Jiménez, O. 2015. Yacimientos en el 200+. Los enclaves arqueológicos en la traza del AVE. Tramo Getafe-Pinto. En: Mena, P., Caballero, C. y Nicolás, M.E. (Coords.) *El patrimonio arqueológico y paleontológico en las obras de Ampliación de Metro de Madrid. 2003-2007*. Com. de Madrid, 217-317.

Martínez Díaz, B. y Rus, I. 2007. M-30, un viaje al pasado: exposición celebrada en el Museo de los Orígenes, Casa de San Isidro del 9 de abril del 2007 al 13 de enero de 2008. Consejería de Cultura y Deportes, Madrid. 101pp.

Morales, J., Pozo. M., Silva, P.G., Domingo, M.S., López-Antoñanzas, R., Álvarez, M.A., Antón, M., Martín, C., Quiralte, V., Salesa, M.J., Sánchez, I.M., Azanza, B., Calvo, J.P., Carrasco, P., García, I., Knoll, F., Hernández, M., Hoek Ostende, L. van den, Merino, K., Meulen, A.J. van der, Montoya, P., Peigné, S., Peláez-Campomanes, P., Sánchez-Marco, A., Turner, A., Abella, J., Alcalde, G.M., Andrés, M., Miguel, D. de, Cantalapiedra, J.L., Fraile, S., García, B.A., Gómez, A.R., López Guerrero, P., Oliver, A. y Siliceo, G. 2008. El sistema de yacimientos de mamíferos miocenos del Cerro de los Batallones, Cuenca de Madrid: estado actual y perspectivas. *Palaeontologica Nova, SEPAZ*, 8: 41-117.

Morín, J., Escalante, S. y López Recio, M. 2010. Yacimientos paleolíticos en Barajas. Trabajos de seguimiento arqueológico y paleontológico (2003-2005) en la obra Autopista de peaje Eje Aeropuerto, Acceso N-S al Aeropuerto Madrid-Barajas (Madrid). *Actas de las quintas jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid,* 299-303.

Penedo, E., Sancho, D., Cuezva, S., Marañón, J. y Nicolás Checa, M.E. 2006. Actuación arqueológica y paleontológica para el Proyecto de Construcción de la Infraestructura de Metronorte (Tramos 1B, 1C y 2A) Alcobendas, Madrid. En: Mena, P., Caballero, C. y Nicolás, M.E. (Coords.) *El patrimonio arqueológico y paleontológico en las obras de Ampliación de Metro de Madrid. 2003-2007*. Com. de Madrid, 481-489.

Pesquero, M.D., Siliceo, G., Bárez, S., Salesa, M.J. y Morales, J. (2008): El Cañaveral: Un nuevo yacimiento del Aragoniense medio de Madrid. *Libro de resúmenes. XXIV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*. Colunga (Asturias)

Roca, Lara Pilar y otros 2009: Nuevos hallazgos Paleontológicos y Arqueológicos en el Intercambiador de Príncipe Pío. Plan de Intercambiadores. Madrid.

Sánchez, V. M. y Bernal, G.M 2006. Intervención arqueopaleontológica en la construcción de la nueva infraestructura de tren ligero de Colonia Jardín a Pozuelo de Alarcón. En: Mena, P., Caballero, C. y Nicolás, M.E. (Coords.) *El patrimonio arqueológico y paleontológico en las obras de Ampliación de Metro de Madrid. 2003-2007*. Com. de Madrid, 481-489.

Sesé, C. y Jiménez Rodrigo, J.C. 2014: El Aragoniense Medio y Superior en el Suroeste de Madrid: Los nuevos yacimientos de Micromamíferos del Mioceno Medio de Villaviciosa de Odón y Leganés. *Estudios Geológicos* 70, 1-25.

Simón Pérez, G., Sánchez, F., de Arcos, P., Alarcón, A., Calvo, J., Canales, M.L., Dones, V., Herráez, Á.R., Gómez, J., López, G., del Moral, B., Gómez, M.C., Morín, J., Arribas, M. y Villaverde, R. 2006. Proyecto de prolongación de la Línea 7 de Metro de Madrid a Coslada y San Fernando de Henares. (Tramo 1, Las Musas-M-40). En: Mena, P., Caballero, C. y Nicolás, M.E. (Coords.) *El patrimonio arqueológico y paleontológico en las obras de Ampliación de Metro de Madrid. 2003-2007*. Com. de Madrid, 362-371.

Tapias, F., Dones, V., de Arcos, P., Víctores, R. y Morín, J. 2014. Fauna con "Hispanotherium" en el subsuelo de "La Peineta". *Actas de las décimas jornadas de Patrimonio Arqueológico en la Comunidad de Madrid,* 187-190.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

THE BARGALLÓ TEACHING METHODOLOGY AT THE EARLY 20TH CENTURY: CONTRIBUTIONS TO PALAEONTOLOGICAL RESEARCH AND GEOLOGICAL HERITAGE

J. Audije-Gil[1], F. Barroso-Barcenilla[1,2] and M. Segura[1]

[1] Grupo de Investigación IberCreta, Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente, Universidad de Alcalá, 28871 Alcalá de Henares, España-Spain. julia.audije@uah.es
[2] Grupo de Investigación Procesos Bióticos Mesozoicos, Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, España-Spain.

RESUMEN

A comienzos del siglo XX, el Profesor Modesto Bargalló desarrolló en España una metodología didáctica en la que promovía la participación activa de los estudiantes en su aprendizaje, "descubriendo" la naturaleza por sí mismos a través de excursiones y actividades prácticas en el aula. Su innovador método permitió, no sólo la óptima formación de futuros maestros de la Escuela Normal de Guadalajara, sino también el descubrimiento de cuatro nuevos yacimientos paleontológicos y una valiosa aportación al patrimonio geológico, el cual se halla actualmente en el Museo Nacional de Ciencias Naturales y la Universidad de Alcalá.

Palabras clave: Didáctica, innovación docente, colecciones, patrimonio geológico, Historia de la Ciencia.

ABSTRACT

During the early 20th century, the Professor Modesto Bargalló developed in Spain a teaching methodology that promoted the active participation of the students in their training, "discovering" the nature by themselves through practical field trips and classroom activities. His innovative method allowed not only the optimal training of several classes of future teachers at the Normal School of Guadalajara, but also the discovery of four new palaeontological sites and the getting of a rich geological heritage that nowadays is hold at the Spanish National Museum of Natural Sciences and the University of Alcalá.

Key words: Didacticism, educational innovation, collections, geological heritage, History of Science.

INTRODUCTION

At the beginning of the 20th century, an interesting figure for Natural Sciences stands out. This is Modesto Bargalló (Figure 1a), whose contribution to Sciences Didacticism, History of Sciences study and Palaeontology research, has gone scarcely unnoticed despite its importance. This professor taught different subjects of Natural Sciences, Physics and Chemistry at the Normal School (Teacher Training College) of Guadalajara (Spain) for twenty years. This educational institution for teachers was created in 1841. Since its inception, this school went

through successive stages of growth and contempt. In 1914, new staffs, young professors with great interest on educational improvements, were employed. This new group of professors made the Normal School of Guadalajara an exemplary institution (Pozo *et al.*, 1986). Within that group was Professor Bargalló. He developed a renewed teaching methodology which promoted the active participation of the students in their training, "discovering" the nature by themselves through field trips and practical activities in the classroom. His innovative method allowed the optimal training of future teachers but also the discovery of new palaeontological sites and the getting of a rich geological heritage.

First, his field trips were the context in which the discovery of the palaeontological sites was made. He was not strictly a palaeontologist but, as a specialist in natural sciences, he could recognize the importance of four sites, discovered thanks to the contribution of his students: the Silurian graptolite site of Sierra Menera, the Eocene vertebrate site of Huérmeces (Figure 1b), and the Miocene mammal and turtle sites of Chiloeches. Thus, parallel to his career as professor, Bargalló made some important contributions to research in Palaeontology, working as collaborator of two prestigious naturalist institutions: the Spanish National Museum of Natural Sciences (Museo Nacional de Ciencias Naturales: MNCN) and the Spanish Royal Society of Natural History (Real Sociedad Española de Historia Natural: RSEHN) (Segura *et al.*, 2011; Segura and Gomis, 2012).

Second, those field trips and subsequent practical activities in the classroom included the collection, preparation and study of minerals, rocks and fossil samples (Díez *et al.*, 1984; Segura *et al.*, 2011). On the one hand, some of the palaeontological samples from the four sites that he discovered are nowadays hold at the MNCN (Segura and Gomis, 2012). On the other hand, among the research and teaching material hold at the University of Alcalá, some samples, which were prepared by this professor during the 20s and 30s of the last century for the Normal School of Guadalajara, have been recovered (Audije-Gil *et al.*, *in press.*). The specimens of minerals, rocks and fossils, as well as the annexed boxes of this historical collection 'Bargalló' have been removed from its teaching use because of its historical value.

Simultaneously, Professor Bargalló described in his writings his field trips and teaching methodology with meticulous detail. As a whole, the assembly formed by the samples recovered from the collection 'Bargalló' and the writings of this professor are the evidence of an innovative and implemented teaching methodology and a thorough research work. However, these texts have not been widely publicized so his contributions have gone relatively unnoticed even after posterior studies of the sites and his collection. With the present work we want to highlight and publicize the contribution of Bargalló to the Palaeontology research and the Didacticism of Natural Sciences at the early 20th century.

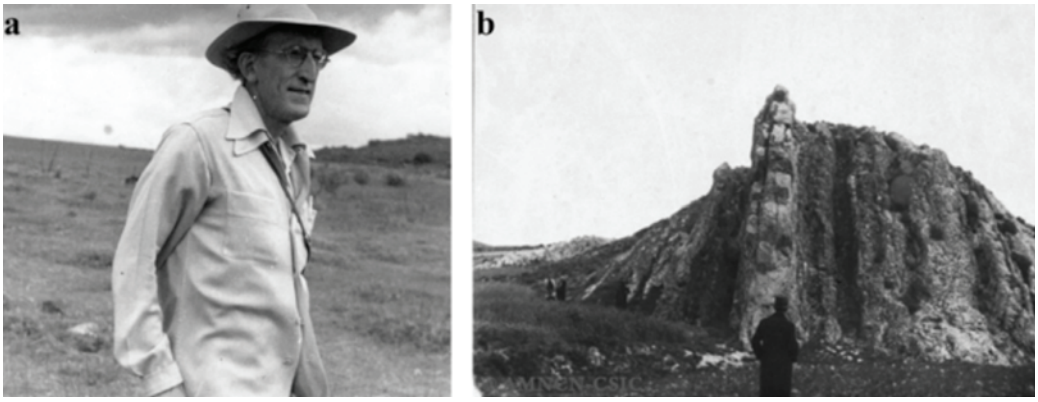


Figure 1. a) Personal picture of Professor Bargalló *circa* 1940. b) Picture of 1931 of the vertebrate Huérmeces site discovered by Bargalló. Archives of the MNCN Special Photograph Collection. José Royo Gómez, shelf mark ACN001/003/03755.

HISTORICAL CONTEXT

The Normal School of Guadalajara

The Normal School of Guadalajara was one of the first Normal Schools (Teacher Training Colleges) established in Spain. Classes began in September 1842 at the ancient convent of San Juan de Dios. It was born as exclusively male school, but in 1857, another female school was created (Pozo *et al*., 1986). During the last part of the 19th century and the early beginning of the 20th, the school went in a progressive stage of abandonment because of the social and political contingencies of that historical moment. Nevertheless, in 1914, new laws promoted a reorganization of the Normal Schools and that of Guadalajara started one of the best periods of its history (Pozo *et al*., 1986; Segura *et al*., 2011). The new staff, among them Bargalló, developed an important work in the didacticism reform. In this way, the school acquired great prestige and was a centre of reference during the first half of the 20th century and, in general, the leading role of this institution as an exemplary centre for Sciences education continued during the second half of the century. In 1962, it was moved to another building with better conditions for teaching and, in 1977, several historical and prestigious institutions were attached to the recently re-founded University of Alcalá, including the Normal School of Guadalajara, which disappeared to become the Faculty of Education of that university.

Professor Bargalló

Modesto Bargalló was born in Sabadell (Spain) on January 4th, 1894. In 1915 he became professor at the Normal School of Guadalajara, where he taught since that year to 1937. He developed an innovative teaching methodology and he wrote numerous works on Didacticism and Sciences Methodology. Many of these texts were published in the Journal of Normal Schools (Revista de Escuelas Normales) which he founded in 1923 along with other professors (Díez *et al*., 1984; Segura *et al*., 2011). Besides, he maintained contacts with other educational and scientific surroundings of his time. In parallel to his career as a professor of the Normal School, he studied Natural Sciences at the university. In 1926 Bargalló began a period of collaboration with the MNCN and the RSEHN, making exceptional and interesting contributions to Palaeontology (Segura and Gomis, 2012). Between 1928 and 1933 he discovered four palaeontological sites in the region of Guadalajara, thanks to the contribution of some of his students of the Normal School.

In 1939, before the end of the Spanish Civil War, he crossed the Spanish-French border with his family, and they boarded in the *Sinaia* ship heading to Mexico with a large group of Spanish exiles. In Mexico he continued his intense teaching and scientific works. From 1942 until his retirement in 1979 he was professor in the National School of Biological Sciences (Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Mexico D.F.). Even if he focused his career in teaching, his interest in palaeontology continued in Mexico. In 1952 he published the existence of the Lake Chapala *Mammuthus* remains (Segura and Gomis, 2012).

Bargalló developed throughout his career a great research and teaching work that went on for more than 50 years. The last years of his life, he received recognition from the international academic and research community. He died in Mexico D.F. on July 1st, 1981.

SCIENCES METHODOLOGY AND CONTRIBUTIONS

Teaching Methodology

Bargalló wrote very thorough about his teaching methodology in his articles and books. They constitute an important testimony of his teaching model (Díez *et al*., 1984; Segura *et al*., 2011). His teaching method was based on four successive phases. The first one was the direct contact with nature. It consisted in field trips in which his students studied nature by themselves. These excursions allowed the students to acquire an interdisciplinary knowledge of geology, biology and geography of a region. The realization of these trips included a documentation session to keep students posted about the possibility of finding interesting research material (Díez *et al*., 1984). The second phase consisted in the preparation of scientific collections. During the field trips he collected samples of minerals, rocks and fossils that were later used in further studies at the Normal School. He distinguished two kinds of collections, teaching and research collections, depending on the type of samples. The third phase was the classroom teaching, being usually

practical classes, before the field trips to prepare them and afterwards as an explanatory phase. The fourth phase of his teaching method was writing reports. This phase of the learning process allowed his students to improve their intellectual abilities by the practice of the scientific method.

Palaeontological Sites

The main legacy of Professor Bargalló to the Palaeontology took place between 1928 and 1933 (Segura and Gomis, 2012). He was an active member of the RSEHN from 1923 to 1940. During this time he presented four proceedings on Palaeontology in the oral sessions of that institution. Through those texts he exposed the importance of his discovery of four new palaeontological sites.

The first news of those sites existence had come to him through some of his students of the Normal School of Guadalajara. The students showed him the place and Bargalló performed an initial assessment. He was not a specialist in Palaeontology but he was a natural scientist who was able to discern the scientific interest of the place and its remains. When he considered the places interesting to palaeontological research, he sent the samples for classification and study to the expert hands of José Royo (1895-1961), who was then the head of the Palaeontology Section of the MNCN. Usually he destined the samples to the collections of the museum if they were important to research. Afterwards, they published the main results in the proceedings of the RSEHN.

The first place of palaeontological interest discovered by Bargalló was the Silurian graptolite site of Sierra Menera (Bargalló, 1928). Sierra Menera is a place of mining interest located to the northeast of Guadalajara. Bargalló made in 1928 a field trip to its iron mines with his students. During this excursion, he observed *in situ* the presence of interesting graptolites on several slates. He sent some specimens to Royo, who proposed a first systematic classification and attached them to the collections of the MNCN, where they still remain (Segura and Gomis, 2012).

The second palaeontological site discovered by Bargalló was the mammal site of Chiloeches (Bargalló, 1931a). Chiloeches is a town located near the city of Guadalajara. Some of his students recovered from the place some fossilized bones in the marly limestone levels. Bargalló gave the specimens to Royo and then, both visited the place due to the huge interest of the discovery. Its mainly Miocene mammal remains (especially those of the genus *Hipparion*) allowed the dating of the concerned stratigraphic interval. The evidence of this field trip consists of eight pictures that still remain in the Archive of the MNCN (Segura and Gomis, 2012).

The third site was the one of vertebrate of Huérmeces (Bargalló, 1931b). Huérmeces is a small town in the north of Guadalajara. It is located in the vertical layers of limestones and molasses, and it is the only upper Eocene and Oligocene site with terrestrial vertebrates of the region. The collected remains correspond to long bones, vertebrae and teeth, mostly belonging to the genus *Palaeotherium*. They were attached to the collections of the MNCN by Royo, although they are not currently there and its placement is unknown. Nevertheless, as in the case before, there are still several photographs of the visit to the site of both researchers (Figure 1b) (Segura and Gomis, 2012).

The last site found by Bargalló in Spain was the turtle site of Chiloeches (Bargalló, 1933). Its material was not sent to the MNCN because Bargalló and Royo did not consider of such importance. There were some other upper Miocene sites with large turtles that had already been described and studied. However, Bargalló presented its discovery in a session of the RSEHN in 1933.

Even though some of these four sites have remained interesting for the scientific community, there are no publications where the contributions of the Professor Bargalló to the discovery of them are recognized. This fact is probably because the sessions of the RSEHN were not widely publicized at that historical moment and thus, the discovery of these palaeontological sites went relatively unnoticed till present.

Geological heritage at the National Museum of Natural Sciences and the University of Alcalá

As advanced above, the palaeontological material collected by Bargalló on his visits to the four sites he discovered was deposited in the MNCN thanks to his collaboration with Royo. A part of the collected samples (such as those from Sierra Menera) are still in the MNCN and they constitute nowadays a proof of the important legacy of Bargalló to the Natural Sciences. However, other samples have been lost through time, remaining in the Archive of the MNCN just the photographs of the visit of Bargalló and Royo to the site, and also, in some cases, the evidence of the donation of samples that they did.

The other part of the main legacy of Bargalló to the Geology is constituted by his didactical geology and palaeontology collection (Audije-Gil *et al*., *in press*.). It has been found and recovered among the historical material from the University of Alcalá. This collection of minerals, rocks and fossils was prepared by Professor Bargalló during the first decades of the 20th century for teaching in his classes. The preparation of scientific collections was the second phase of his methodology. He collected scientific materials together with his students of the Normal School of Guadalajara during field trips. The main part of the samples come from his birthplace Catalonia and Guadalajara, the places where he made most of his educational excursions (Díez *et al*., 1984; Segura *et al*., 2011; Audije-Gil *et al*., *in press*.).

The collection remained in the Normal School of Guadalajara after the exile of the professor. Over time, some of its specimens were attached to other educational collections, and some others fell into disuse or were lost by what, nowadays the collection is incomplete. It is unknown the original number of specimens that composed the collection, but those that still remains are in a good state of preservation. The authors of this work have identified, collected and preserved the specimens to keep them separate from other educational collections of the University of Alcalá (Audije-Gil *et al*., *in press*.).

The collection is composed of about 50 samples of which, at least, 20 belong undoubtedly to the original collection. The labels handwritten by Bargalló attached to the samples and the original boxes that contained them, have allowed us to recognize the material that was catalogued by the professor. Additional samples have been attributed to the collection 'Bargalló' thanks to the pictures in the publications of the professor (*e.g*., some minerals). Finally, a third set of samples in which again the label is absent have been also collected because: first, there is evidence of the presence of this material in the Normal School of Guadalajara before 1977, year of foundation of the University of Alcalá; second, they have a similar look (same medium size, signs of aging) as the material undoubtedly attached to the original collection; and third, its origin coincides with that of other specimens catalogued reliably to the collection (places visited by Bargalló during his educational and personal field trips). Besides those specimens, some boxes with labels handwritten by the professor have been found, including a large wooden box which maintains the name of Bargalló on the front (Audije-Gil *et al*., *in press*.). The specimens of minerals, rocks and fossils, as well as the annexed boxes of this historical collection have been removed from its teaching use due to its historical value.

The collections nowadays hold at the MNCN and the University of Alcalá are useful for the study of the History of Natural Sciences and its Didacticism. Both collections constitute two material evidences of the innovative didactic method of Professor Bargalló at that historical moment and demonstrate the importance of the recovery of the geological heritage, as well as the improvement of the management, study and conservation of historical collections.

AKNOWLEDGMENTS

Research Projects PEJ2014-A13668, CGL2015-66604 and CGL2015-68363 of the Ministerio de Economía y Competitividad (Spain).

REFERENCES

Audije-Gil, J., Barroso-Barcenilla, F. and Segura, M. *In press*. Recuperación de la Colección Histórica "Bargalló" de la Universidad de Alcalá. *Geotemas*.

Bargalló, M. 1928. Graptolites de Sierra Menera. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 28, 258.

Bargalló, M. 1931a. Yacimiento de vertebrados en las margas infracalizas de la Alcarria, en Chiloeches (Guadalajara). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 31, 162-163.

Bargalló, M. 1931b. Yacimiento de vertebrados en Huérmeces del Cerro (Guadalajara). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 31, 322-323.

Bargalló, M. 1933. Yacimiento de tortugas en Chiloeches (Guadalajara). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 33, 128.

Díez, A., Pozo, M.M. del and Segura, M. 1984. Aportaciones a la didáctica de las Ciencias Naturales de Modesto Bargalló, durante su etapa de docencia en la Escuela Normal de Guadalajara (1914-1936). *III Congreso de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias, San Sebastián*, 3, 215-242.

Pozo, M.M. del, Segura, M. and Díez, A. 1986. Guadalajara en la historia del magisterio español: 1839-1939, cien años de formación del profesorado. *Editorial Universidad de Alcalá de Henares*, Guadalajara, 339 pp.

Segura, M., Gomis, A. and Sánchez Jiménez, J.M. 2011. Modesto Bargalló Ardévol (1894-1981), maestro de maestros e historiador de la ciencia. *Llull*, 34, 419-442.

Segura, M. and Gomis, A. 2012. Las comunicaciones paleontológicas de Modesto Bargalló presentadas en la Real Sociedad Española de Historia Natural. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sección Geológica),* 106, 85-98.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LA COLECCIÓN DE PROBOSCÍDEOS FÓSILES DEL "MONTE DE LA ABADESA" (BURGOS) DEL MUSEO GEOMINERO (IGME, MADRID): TRATAMIENTOS DE CONSERVACIÓN

E. Baeza y S. Menéndez

Museo Geominero (IGME), Ríos Rosas 23, 2803 Madrid. e.baeza@igme.es, s.menendez@igme.es

RESUMEN

El examen previo a la necesaria intervención sobre una mandíbula de proboscídeo procedente del "Monte de la Abadesa" (Burgos) ha tenido como resultado la observación de distintos tratamientos antiguos aplicados sobre la misma. Con el objeto de determinar los materiales y los métodos que se utilizaron para esto, se lleva a cabo un análisis del resto de piezas procedentes de esta misma localidad burgalesa, en total 13 ejemplares. Se constata que muchos de los tratamientos fueron aplicados durante la década de los años cincuenta del pasado siglo, fecha en la cual los ejemplares ingresaron en las colecciones del Museo Geominero. Estos afectan por igual a la mayoría de las piezas. Se proponen diversos tratamientos para conservarlas y mejorar su comprensión.

Palabras clave: Colecciones históricas, conservación, patrimonio mueble, Restauración, vertebrados fósiles.

ABSTRACT

Previous analysis of an intervention on a proboscidea mandible from "Monte de la Abadesa" (Burgos) has concluded the existence of ancient treatments on it. A deep evaluation of the rest of samples from the same locality, thirteen specimens, has carried out in order to determine the materials and methods used for these previous treatments. It has been confirmed that many of these treatments were applied during 50's decade of last century, when fossils were deposited into the museum collections. The most of the samples are affected for the treatments equally. Various treatments to preserve and improve the understanding of the fossils are proposed.

Key words : Fossil vertebrates, historical collections, movable heritage, preservation, restoration.

INTRODUCCIÓN

El conjunto de proboscídeos fósiles procedentes del "Monte de la Abadesa" (Burgos) y que forma parte de la colección "*Fósiles Vertebrados Españoles*" del Museo Geominero está constituido por trece ejemplares, fundamentalmente piezas dentales, elementos craneales y en mucha menor medida restos óseos postcraneales. En su momento, todos ellos fueron determinados por Badillo (1952) como *Mastodon longirostris*, y como *Serridentinus hispanicus* por Zbyszewski (1954). Bergounioux y Crouzel (1958) publican un extenso estudio, donde además describen

más restos de proboscídeos que provenían de esa misma localidad burgalesa, creando un nuevo taxón para todo este material, *Geisotodon hispanicus*. Con posterioridad y tras ser revisados taxonómicamente, las piezas del Museo Geominero se incluyeron dentro de las especies *Gomphotherium angustidens* (Cuvier) y *Tetralophodon longirostris* (Kaup) (Tobien, 1978; Mazo y Montoya, 2003).

El ingreso de los ejemplares de proboscídeos fósiles del "Monte de la Abadesa" en las colecciones del museo del Instituto Geológico y Minero de España tuvo lugar durante la primera mitad de la década de los cincuenta del pasado siglo. Luis Badillo, uno de los ingenieros de minas encargados de las colecciones del museo por aquel entonces, recibió a lo largo del año 1952, del Padre José María Ibero (1870-1961) cinco envíos de cajones que contenían los fósiles que se habían ido recogiendo durante los trabajos de explotación en una cantera localizada en el paraje de "El Monte de la Abadesa" a unos 4 km de la cuidad de Burgos (Íbero, 1955; Osaba y Ruiz de Erenchun, 1963). En el año 1955 aparecieron nuevos restos de proboscídeos, la mandíbula y el maxilar de un ejemplar joven. En este caso son recogidos y trasladados a Madrid por parte del propio Luis Badillo y del ayudante técnico del museo José de la Revilla, durante el transcurso de una serie de excursiones programadas con el objeto de recolectar fósiles para las colecciones del museo (Badillo, 1952; IGME, 1955: 97).

Es digno de tenerse en cuenta la conciencia patrimonial de las personas implicadas en el descubrimiento, y conservación en primera instancia, de los ejemplares fósiles en cuestión. Por una parte, el contratista, D. Ataulfo Fidalgo, de la cantera para la extracción de arena, que fue quien informó en primer lugar al Padre José María Ibero del hallazgo, llevándole las piezas personalmente (Íbero, 1955). Por otra parte, el propio Padre José María Ibero que contactó con los científicos y el personal técnico de modo que este material fuera incorporado en una institución acorde a sus características y se conservara de forma satisfactoria a lo largo del tiempo. Con muy buen criterio, consideró que los restos encontrados no debían ser guardados en un Museo Arqueológico (Museo Arqueológico Burgalés de la Casa Miranda) sino en un Museo Paleontológico, como el mismo expone: *"como las arenas que contenían los mastodontes son Pontienses y muy anteriores a la aparición del hombre en la tierra, el museo propio para custodiarlos no es el arqueológico burgalés de la Casa Miranda, sino un museo paleontológico"* (Íbero, 1955: 6).

El material conservado actualmente en el Museo Geominero es la mayoría del que aparece figurado por Badillo (1952) (Menéndez y Rábano, 2015: Tabla 1), mientras que algunas de las piezas figuradas no se encuentran entre las colecciones. Por otro lado, se conservan otros ejemplares que no fueron figurados por este autor, pero sí que se encuentran citadas en el texto.

CONSERVACIÓN Y RESTAURACIÓN DE LOS PROBOSCÍDEOS FÓSILES

Estado de conservación

El estado de conservación de las piezas del "Monte de la Abadesa", en general, es bastante aceptable, teniendo en cuenta que muchas de ellas habían sufrido cierto menoscabo desde su recolección y estancia en Burgos antes de ser enviadas a Madrid en los años 50 (Badillo, 1952; Íbero, 1955).

El ejemplar MGM-1197M, mandíbula de *Gomphotherium angustidens* (Cuvier, 1871), tal vez represente la mejor pieza del conjunto de restos de proboscídeos fósiles procedentes del yacimiento burgalés anteriormente citado (Fig. 1). La mandíbula conserva la siguiente dentición en la rama izquierda: Incisivo (I_2) fracturado; DP_2–DP4 en buen estado de conservación; germen del molar (M_1), visible y de superficie mate aún. La rama derecha presenta: Incisivo (I_2) fracturado; DP_2 y DP4 en buen estado de conservación, mientras que DP_3 se ha fracturado y perdido; germen del molar (M_1), igualmente visible y de superficie mate.

Sobre la pieza habían sido realizados diversos tratamientos, tanto en un primer momento, como en fechas más recientes. Sin embargo presentaba una serie de problemas estructurales que desencadenaba un estado de conservación preocupante. Esto hizo necesaria una rápida intervención, no tanto motivada para solucionar el problema estético que suponía, sino con el objeto de estabilizar una serie de grietas que afectaban a ambas ramas de la mandíbula asegurando la conservación de la muestra a largo plazo.

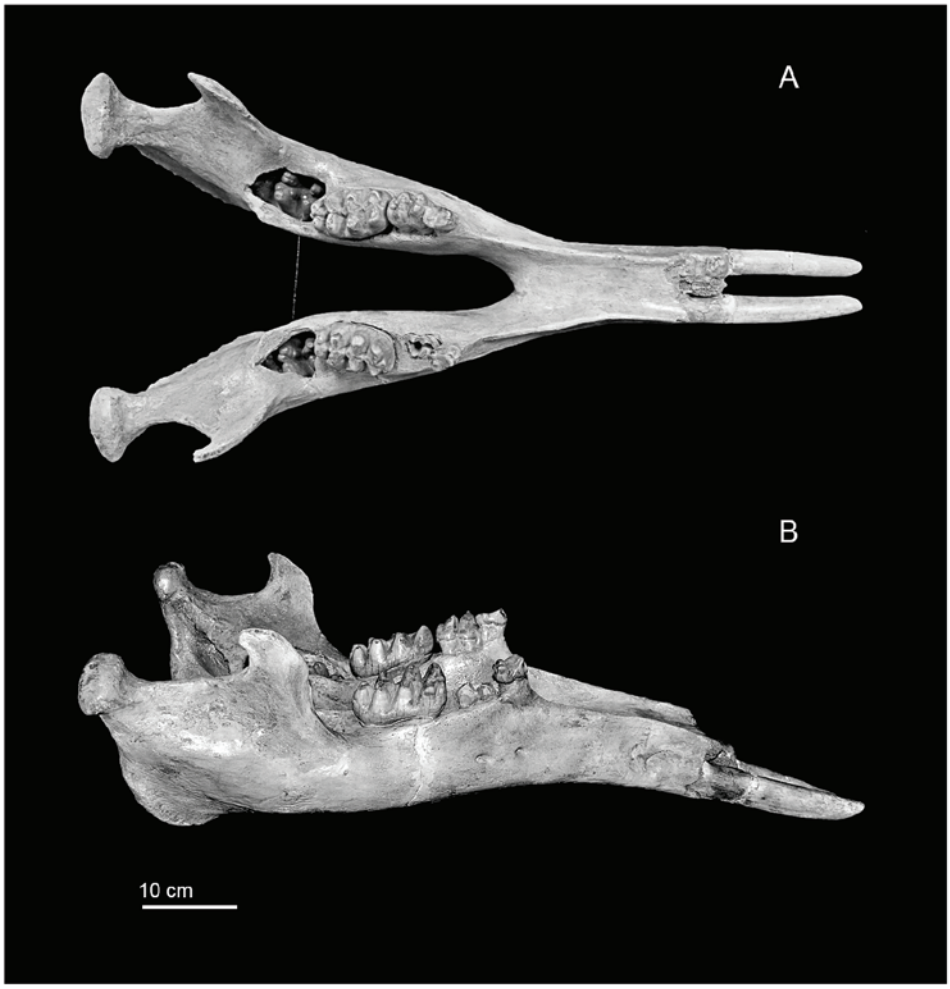


Figura 1. Vistas cenital (a) y lateral (b) de la mandíbula de *Gomphotherium angustidens* (Cuvier, 1871) (MGM-1197M) procedente de la localidad del "Monte de la Abadesa" (Burgos) y que forma parte de las colecciones del Museo Geominero.

Intervenciones y tratamientos previos

Las intervenciones detectadas sobre el conjunto de las piezas debieron ser realizadas una vez estas estuvieron en las dependencias del Museo en Madrid, por lo que se deduce de la bibliografía relacionada (Badillo, 1952; Íbero, 1955; IGME, 1955) y la meticulosidad con que fueron llevados a cabo alguno de los trabajos analizados. Las de mayor entidad datarían de los años 50, aunque muchas también se han ido efectuando en distintos periodos de tiempo hasta el momento.

Existen dos tipos de intervenciones utilizadas para la conservación, estabilización y recuperación de las piezas. Por un lado la aplicación de tratamientos de tipo estructural, como la inserción de anclajes o reintegraciones volumétricas en áreas inestables, imprescindibles para la correcta lectura de la pieza, su manipulación y exhibición. Por otro lado, otras intervenciones, la mayor parte posteriores a los años 50, como bases de escayola, policromías y repintes de diversa naturaleza, encaminadas a mostrar la pieza con un mejor aspecto con respecto a facilitar su exhibición.

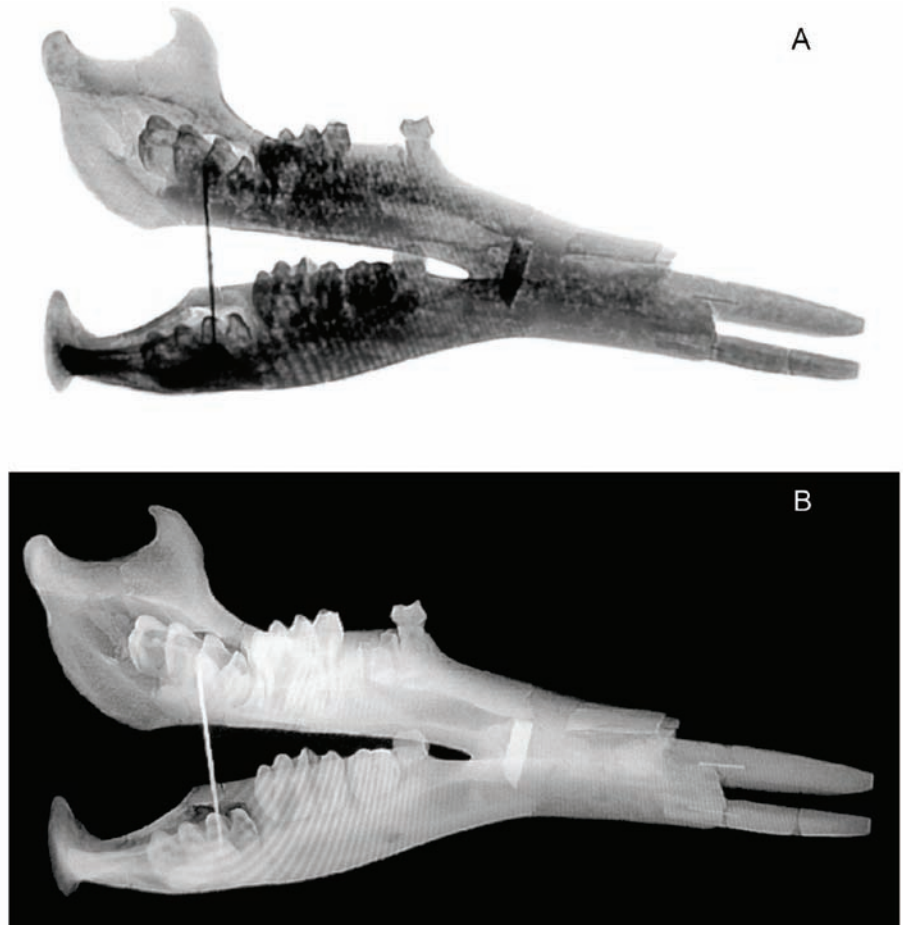


Figura 2. Vistas de la mandíbula MGM-1197M bajo rayos X utilizando diferentes filtros. a) Filtro para priorizar la observación de las reintegraciones llevadas a cabo sobre la pieza. b) En este caso se observan con más detalle los tratamientos previos que han utilizado elementos metálicos: inserción de varillas, chapas, alambres y otras estructuras.

Se ha constatado que los tratamientos de tipo estructural fueron más meticulosos que el resto haciendo posible que las piezas hayan podido llegar hasta nuestros días en un estado de conservación aceptable. Los tratamientos aplicados se resumen básicamente en la inserción de varillas, chapas, alambres y otras estructuras, todas ellas de hierro, además del proceso de reforzado de los huecos anexos a las varillas para dar solidez al conjunto. Este proceso afectó a cuatro de las piezas (Fig. 2). También fue llevada a cabo una cuidadosa reintegración de elementos anatómicos perdidos, basándose en la simetría, como determinados fragmentos mandibulares, utilizando diversas masillas de color gris, posiblemente con base de yeso negro y algún aglutinante orgánico a los que se adiciona áridos de forma selectiva en áreas determinadas.

El examen detallado de la mandíbula (MGM-1197M) y el maxilar (MGM-930M) durante el proceso de restauración actual, ha permitido observar la presencia de restos de varias intervenciones previas en diferentes épocas. Los materiales utilizados para ello, eran, desde masilla gris estructural/original hasta estucos blancos, diversas lacas, pinturas y resinas epoxídicas. La aplicación de esta masilla gris estructural en ambos casos fue necesaria y complementaria de los vástagos. Mientras que en la primera pieza se consolida los vástagos metálicos y reintegra volúmenes perdidos, en la segunda

se sitúa bajo las piezas dentales al objeto de adherirlas entre sí y darle estabilidad, actuando además como soporte. Seguramente, y con posterioridad se añade una masa importante de masilla de color blanco policromado de naranja, al igual que en otras piezas de la vitrina, para resaltar las piezas dentales y hacer menos visible la masilla.

Además se ha podido comprobar la utilización de algunos tratamientos y materiales que afectan por igual a la mayoría de las piezas, como la aplicación de lacas y barnices con objeto de consolidar, impermeabilizar y hacer más visibles las superficies de las piezas dentales, al mismo tiempo que se dotaba a la pieza de una mayor homogeneidad cromática y se ocultaban las reintegraciones y añadidos en el resto del tejido óseo.

Propuestas actuales de tratamiento

Previamente a la intervención del conjunto de fósiles analizados se realizará un estudio pormenorizado de cada pieza a tratar mediante las siguientes técnicas analíticas: Análisis superficial mediante métodos ópticos y pruebas de solubilidad, análisis de rayos X y fluorescencia de luz ultravioleta de onda larga. Con posterioridad se analizarán algunos materiales de intervención (masillas y áridos), mediante difracción de rayos X (XRD) y cromatografía de gases–espectrometría de masas (GC-MS) para caracterizar barnices, repintes y adhesivos.

En la mandíbula, (MGM-1197M) se eliminarán materiales de reintegración inestables así como aquellos que enmascaren la superficie de los incisivos u otros elementos singulares. Más adelante se procederá a la consolidación y reintegración de fracturas, previa eliminación de barnices inestables o resinas que ya no cumplan su función. Y por último la colocación de un soporte en la zona anterior de las defensas para evitar un sobrepeso y una nueva fracturación.

Tratamiento realizado

Sobre la mandíbula (MGM-1197M) se realizó una limpieza superficial para poder diferenciar con claridad las diferentes intervenciones. Se ha eliminado el mortero gris que recubría las grietas abiertas en la misma. Los estucos y adhesivos con pérdida de función presentes en los colmillos de la mandíbula han sido eliminados, así como los repintes y barnices que ocultan por completo la pieza original.

Las grietas expuestas han sido reintegradas en su zona interna con un epoxy y microesferas de vidrio, y en el exterior con un mortero acrílico. Sobre las grietas, y otras zonas con pérdida de material original, se ha completado la reintegración volumétrica y cromática mediante puntillismo.

Para evitar nuevas roturas en los colmillos, se realiza una impronta mediante *optosil confort putty* a fin de colocar un soporte bajo la mandíbula y la base de los colmillos.

Y por último se ha aplicado una protección final sobre todas las zonas tratadas, especialmente los colmillos, con resina acrílica diluida (fluoline A).

CONCLUSIONES

Las piezas tratadas con materiales heterogéneos y de cierta antigüedad han de ser priorizadas en los controles y seguimientos de conservación preventiva, no solo por su valor histórico sino por su mayor riesgo de deterioro. Sin embargo, se comprueba que piezas de gran valor paleontológico han llegado hasta nosotros gracias a la meticulosidad y acertado criterio de personas que aplicaron tratamientos e intervenciones drásticas, ya en los años cincuenta, haciendo de la restauración una disciplina imprescindible para la conservación de muchos fósiles. De forma que se constata para el caso del material procedente del "Monte de la Abadesa" que las piezas que no fueron no tratadas "*in situ*" o de forma inmediata sufrieron gran deterioro o se perdieron, quedando solamente algunos elementos de mayor dureza como las piezas dentales, en el mejor de los casos.

REFERENCIAS

Badillo, L. 1952. Nota sobre un nuevo yacimiento de "*Mastodon longirostris*", Kaup. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 28, 89-94.

Bergounioux, F. M. y Crouzel, F. 1958. Les mastodontes de l'Espagne. *Estudios Geológicos*, 14, 223-365.

Íbero, J. M. 1955. Remembranzas geológicas y protohistóricas de Burgos y Oña: discurso leído en la Academia Burgense de Historia y Bellas Artes por José María Ibero. *Publicaciones de la Institución Fernán González Academia Burgense de Historia y Bellas Artes*, 1-16.

IGME, 1955. *Memoria general*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 107 pp.

Menéndez, S. y Rábano, I. 2015. Proboscídeos fósiles de la provincia de Burgos en las colecciones paleontológicas del Museo Geominero (Instituto Geológico y Minero de España, Madrid). *Libro de resúmenes. XXI Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, Burgos, 79-80.

Mazo, A. V. y Montoya, P. 2003. Proboscidea (Mammalia) from the Upper Miocene of Crevillente (Alicante, Spain). *Scripta Geologica*, 126, 79-109.

Osaba y Ruiz de Erenchun, B. 1963. Yacimiento neolítico en el centro de la ciudad de Burgos. *Boletín de la Institución Fernán González,* 161, 653-661.

Tobien, H. 1978. On the evolution of mastodonts (Proboscidea, Mammalia). Part. 2: The bunodont tetralophodont groups. *Geologisches Jahrbuch Hessen*, 106, 159-208.

Zbyszewski, G. 1954. Note sur l'existence d'un Serridentinus dans le Miocène d'Espagne. *Comunicacoes dos Servicos Geologicos de Portugal*, 35, 1-9.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

3DPALEO.NET, UNA PLATAFORMA WEB DE FÓSILES EN 3D HIPERREALISTA PARA FOMENTAR LA DIFUSIÓN Y EL CONOCIMIENTO DEL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO

J.L. Barco[1, 2], L. Rovés[3], J. J. Ruiz[3], J.I. Canudo[2,4], J.C. García-Ramos,[5], L. Piñuela,[5], P. Navarro[1,2], P. Cantabrana[1], C. Rubio[1,2] y C.J. Rubio[1,2]

[1] Paleoymás, Retama, 17, nave C-24, 50720, Cartuja Baja (Zaragoza)
[2] Grupo Aragosaurus-IUCA, Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna 12, 50009, Zaragoza
[3] CINN-CSIC. Avenida de la Vega 4-6, 33940 El Entrego, Asturias
[4] Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza. Plaza Basilio Paraíso, 4, 50008, Zaragoza
[5] Museo del Jurásico de Asturias (MUJA). Rasa de San Telmo, s/n, 33328 Colunga, Asturias

RESUMEN

3Dpaleo.net es una plataforma web en fase de desarrollo que muestra modelos tridimensionales hiperrealistas y en alta definición de algunos de fósiles más emblemáticos del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza y del Museo del Jurásico de Asturias (MUJA), colaboradores de la primera fase del proyecto. Se trata de una iniciativa promovida por la empresa Paleoymás con el fin de explorar y explotar las posibilidades de las nuevas tecnologías, aplicándolas a la divulgación de la paleontología y a la mejora de técnicas expositivas y de difusión del conocimiento. 3Dpaleo.net facilita, a través de internet, la visualización de los fósiles y de algunos de sus detalles más interesantes.

Palabras clave: Divulgación paleontológica, nuevas tecnologías, TICs, digitalización de fósiles, innovación museográfica.

ABSTRACT

3Dpaleo.net is a website, under development, that shows high definition hyperrealistic 3D models of some emblematic fossils of the museums that have collaborated in this first stage of the project: The Natural Sciences Museum of the University of Zaragoza and the Jurassic Museum of Asturias (MUJA). It is promoted by Paleoymás with the aim of exploring and developing the possibilities of new technologies, applying them to the popularization of paleontology and the improvement of both; expositive technics and knowledge sharing. 3Dpaleo.net helps through the internet to display fossils and some of their most interesting details.

Key words: Popularization of the paleontology, new technologies, TICs, fossil digitalization, museographic innovation.

INTRODUCCIÓN

La innovación y el desarrollo de métodos y procesos relacionados con las denominadas nuevas tecnologías, también conocidas como TICs, por sus acrónimos en inglés, es vertiginosamente rápido en todos los ámbitos sociales.

Tanto que, la línea entre estar a la última y quedarse obsoleto, cada vez es más delgada. O lo que es lo mismo, la no aplicación de técnicas asociadas a las TICs, nos convierte en menos competitivos, menos eficientes y finalmente menos eficaces, sea cual sea nuestro ámbito de interés.

Esto incluye, por supuesto, a las colecciones y lugares de interés paleontológico y a su divulgación. El interés del público general por la Paleontología, en especial de los más jóvenes, siempre ha sido importante y aprovechado por multitud de museos en la divulgación científica. Pero la musealización y divulgación paleontológica debe adaptarse a los nuevos instrumentos tecnológicos y aprovechar el gran abanico de oportunidades que ofrecen las nuevas tecnologías, las cuales llevan años siendo utilizadas en los estudios científicos, y han permitido analizar aspectos de los fósiles desconocidos hasta ahora.

El proyecto 3Dpaleo.net es una buena muestra de como los museos de Paleontología son capaces de aprovechar las innovaciones audiovisuales y tecnológicas para mejorar las técnicas de difusión del conocimiento que supone el estudio del registro fósil.

DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El proyecto 3Dpaleo.net, consiste en la creación de una plataforma web que "expone" modelos tridimensionales hiperrealistas y en alta definición de fósiles emblemáticos. Se trata de un proyecto promovido por Paleoymás y desarrollado en colaboración con el Centro de Investigación en Nanomateriales y Nanotecnología (CINN-CSIC), con el fin de explorar y explotar las posibilidades de las nuevas tecnologías, aplicándolas a la divulgación de la Paleontología y a la mejora de técnicas expositivas y de difusión del conocimiento. En la primera fase del proyecto han participado el Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza y el Museo del Jurásico de Asturias. Este es un paso más por potenciar el patrimonio paleontológico y su conocimiento adaptándolo a las demandas de una sociedad cada vez más digitalizada.

3Dpaleo.net está principalmente enfocado a mejorar el proceso de generación y producción de contenidos rigurosos, y a su vez amenos y atractivos. Pone al servicio de la divulgación y la museografía técnicas que se adaptan a los públicos más jóvenes, ávidos y buenos conocedores de las nuevas tecnologías, por lo que se consigue despertar y avivar su curiosidad (el motor del interés por la divulgación). Pero también satisfacen al público más tradicional, ya que sorprenden y facilitan la interpretación. Adicionalmente la digitalización del registro fósil contribuye también a la conservación de los fósiles y facilita el intercambio de información entre investigadores y conservadores de museos.

Objetivos y logros

3Dpaleo.net facilita la visualización de los fósiles y muchos de sus detalles más relevantes de manera virtual, gestionando archivos a través de herramientas de visualización y motores utilizados por la industria de los videojuegos. El grado de detalle es máximo y equiparable a visualizar la pieza in situ. En ocasiones, incluso se mejora la experiencia, ya que la interactividad permite observar detalles no visibles en una vitrina, por lo que el uso de la tecnología puede utilizarse en el propio museo.

Este tipo de recursos, gestionados adecuadamente pueden convertirse en una herramienta de gran interés para cualquier museo de Paleontología o de historia natural en general. Además de permitir mostrar los fósiles de forma atractiva y novedosa, existen algunas utilidades y posibilidades que se pueden ampliar enormemente o incluso algunos procesos de investigación:

- Los fósiles adquieren mayor importancia al permitir comparar diferencias o similitudes entre ellos, lo que hasta ahora no es fácil cuando se trata de piezas que se encuentran en museos situados a miles de kilómetros de distancia. Pero gracias a esta nueva forma de visualización se hace posible la generación de "ventanas virtuales" a otros fósiles del mundo, contribuyendo a aumentar el atractivo y las posibilidades didácticas de los museos.
- Gracias a la calidad de los modelos, incluso los propios investigadores pueden utilizarlos para realizar medidas y comparaciones, algo que hasta día de hoy sólo era posible mediante fotografías y estancias temporales en las propias sedes para la consulta del material. Además, los museos dispondrán de los archivos a máxima resolución, que podrán ser enviados a los investigadores que así lo soliciten para sus estudios o comparaciones. Trabajos semejantes ya se han realizado con éxito en el pasado (Barco *et al.*, 2010; Moros *et al.*, 2009).

- Se consigue un nuevo tipo de visitante, que no debe desplazarse necesariamente al museo, sino que puede consultar, disfrutar y aprender sobre fósiles albergados en diferentes lugares del mundo desde su propia casa, a través de plataformas adaptadas a ordenadores y próximamente a *smartphones* y *tablets*.

El proceso

Para conseguir estos modelos tridimensionales de alta calidad, el trabajo que se lleva a cabo se divide en 3 fases bien diferenciadas:

- La captura de datos consiste principalmente en la toma de imágenes de cada una de las piezas y de un escaneo en 3 dimensiones. Ésta se realiza en los propios museos, con el fin de evitar en la medida de lo posible la excesiva manipulación de los fósiles, teniendo en cuenta la fragilidad, las dimensiones y el peso de algunos de ellos. Por ello, tanto el personal especializado como el material se trasladan a las respectivas sedes para la obtención de todos los datos tridimensionales necesarios.
- El post procesado de los datos se realiza mediante software especializado para este tipo de tecnologías, buscando obtener modelos tridimensionales de la máxima calidad, fieles a la realidad y compatibles con la técnica elegida (motor 3d para divulgación, visor 3d para especialistas y multiplataformas interactivas, de realidad virtual y de realidad aumentada). En esta fase se utilizan diferentes programas de software especializado, cuya elección varía de nuevo en función de las características y calidad de los datos obtenidos en la fase anterior.
- Para la generación de los modelos tridimensionales, se utiliza software especializado creado en origen para la industria del videojuego, una de las industrias más innovadoras y de mayor crecimiento en la actualidad. Los modelos 3D importados, con sus mapas de texturas, se adecúan a la ventana virtual expositiva donde van a ser mostrados y donde se incluye información breve sobre cada pieza. El juego de iluminación estudiada previamente durante la toma de datos, se utilizará para dar un toque hiperrealista a la visualización, con sombras e iluminaciones dinámicas que cambian al interactuar con la pieza.

Estado actual del proyecto

3Dpaleo.net incluye actualmente piezas de los dos museos que han colaborado en la primera fase del proyecto, Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza y Museo del Jurásico de Asturias. Entre ellas destacan el holotipo de *Maledictosuchus riclaensis,* un cráneo de un crocodilomorfo marino del Jurásico de Zaragoza (Parrilla-Bel *et al*., 2013) y el esqueleto de ictiosaurio más completo de la Península Ibérica.

La siguiente fase, en la que ya se está trabajando, pretende incluir fósiles de otros museos y yacimientos importantes de España y Portugal, así como nuevas funcionalidades en la web. El proyecto está abierto a incluir a cualquier museo, o entidad depositaria de fósiles que desee que sus fósiles sean añadidos a la plataforma.

A MODO DE CONCLUSIÓN

La divulgación del mundo de la Paleontología debe adaptarse a una sociedad que avanza y crece cada vez más de la mano de las nuevas tecnologías, que ofrecen multitud de nuevas posibilidades en el mundo de la divulgación y la museística. En vista de esto, 3Dpaleo.net pretende acercar el mundo de los fósiles y la paleontología a la sociedad, con una presentación atractiva y a través de las plataformas digitales, cuya utilización ha cambiado nuestra manera de ver y de interactuar con el mundo.

AGRADECIMIENTOS

3Dpaleo.net está parcialmente financiado con una ayuda del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte para la modernización e innovación de las industrias culturales y creativas mediante proyectos digitales y tecnológicos. Agradecemos al Museo del Jurásico de Asturias y el Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza las facilidades en el desarrollo de este proyecto.

REFERENCIAS

3Dpaleo, 10/05/16, http://www.3dpaleo.net/

Barco, J.L., Cuenca-Bescós, G., Sauque, V., Canudo, J.I., Moros, A., Perruca, R. and Lorente, J. 2010. Using digitization and rapid prototyping technologies to replicate an urus cranium. *The Geological Curator,* 9 (3), 199 - 206.

Moros, A., Barco, J.L., Canudo, J.I., Cuenca-Bescós, G. y Sauque V. 2009. Appliying techniques of digitalization using structured withe ligth and modelling by sintering to replicate vertebrate fossils. *Journal of Vertebrate Paleontology, 29, 3, 152a.*

Parrilla-Bel, J., Young, M.T., Moreno-Azanza, M. and Canudo, J.I. 2013. The First Metriorhynchid Crocodylomorph from the Middle Jurassic of Spain, with Implications for Evolution of the Subclade Rhacheosaurini". *PLoS ONE,* 8, e54275.

Paleoymas - Proyectos destacados - 3Dpaleo.net, fósiles en 3D hiperrealista, 10/05/16, http://paleoymas.com/index.php?seccion=proyectos&id_proyecto=90

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

DIDACTIC AND DIVULGATIVE RESOURCES OF THE MIDDLE TRIASSIC VERTEBRATE TRACKSITE OF LOS ARROTUROS (GUADALAJARA PROVINCE, SPAIN)

M. Berrocal-Casero[1], M. Arribas[1] and J.J. Moratalla[2]

[1] Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, José Antonio Novais 12, 28040, Madrid (España-Spain). melani.berrocal@ucm.es
[2] Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid (España-Spain). j.moratalla@igme.es

ABSTRACT

The Middle Triassic reptile track site Los Arroturos (Guadalajara, Spain) provides a high scientific and didactic interest. This locality can be very useful for developing educational goals such asfieldtrips and divulgate activities. To check its potential, some fieldtrips with scholar students have been carried out. These activities were a great opportunity to promote the interest in geosciences and to improve awareness about the importance of palaeontological heritage. The weathering is one of the main dangerous threats for this tracksite and, if no adequate protection is provided, these tracks will be quickly totally deteriorated. The surrounding area offers an outstanding cultural heritage and it would be interesting publicize this tracksite as well as use this method to promote their protection.

Key words: Reptile tracks, divulgation, fieldtrip, palaeontological heritage.

RESUMEN

El yacimiento de icnitas de reptiles del Triásico Medio Los Arroturos (Guadalajara, España) presenta un alto interés científico y didáctico. Este lugar puede ser muy útil para desarrollar diferentes objetivos educativos a través de excursiones y actividades divulgativas. Para comprobar su potencial, se han llevado a cabo salidas de campo con estudiantes escolares. Esta actividad presentó una gran oportunidad para promover el interés por las ciencias de la tierra y concienciar sobre la importancia del patrimonio paleontológico. La meteorización es la principal amenaza de este yacimiento y si no se proporciona una protección adecuada, estas icnitas se deteriorarán completamente en poco tiempo. Los alrededores de este lugar presentan un patrimonio cultural excepcional y sería interesante dar a conocer este yacimiento, así como utilizar este método para promover su adecuada protección.

Palabras clave: Huellas de reptiles, divulgación, excursión, patrimonio paleontológico.

INTRODUCTION

The importance of protecting the geological heritage is increasing for our society. The tracksites provide excellent scientific, educational and touristic potentials. They offer the possibility of combining scientific study with didactic and cultural purposes (Marty *et al*., 2004). The Middle Triassic reptile track site of Los Arroturos have been preliminary

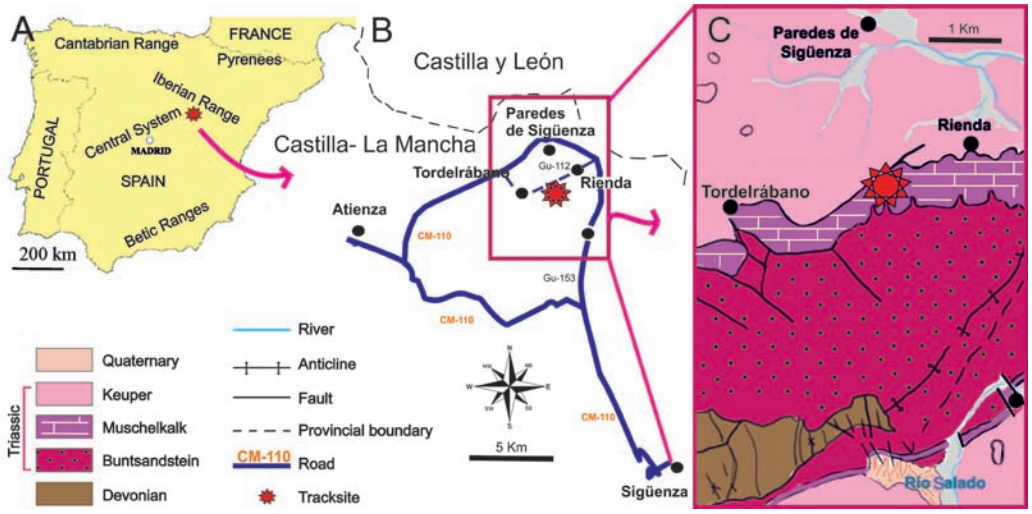


Figure 1. Geographical context of the reptile track site of Los Arroturos (Guadalajara, Spain). A) General geographical context. B) Detailed geographical context. C) Geological context.

studied by Meléndez and Moratalla (2014) whom are currently involving in a more complete publication. This track site shows the impression of isolated tracks and several quadrupedal archosaur trackways preserved in Muschelkalk facies. In Spain, the presence of vertebrate tracksites from Muschelkalk facies was practically unknown until now. This palaeontological site is testimony of a significant period in the evolution of life and particularly in that of the Mesozoic vertebrate evolution. In addition to their scientific value, this site represents a significant paleontological resource that could be developed for the geo-educational benefit. The geological heritage is an educational resource which, adequately managed, should generate attitudes and aptitudes concerning the fragility of the Earth through the geological history (Martínez-Graña *et al*., 2011). The vertebrate tracksite of Los Arroturos is very susceptible of weathering. The conservation and documentation of such places are necessary to prevent the permanent loss of what is today a finite natural resource. The aims of this paper consist in the diffusion of this site thorough fieldtrips and promote their protection.

GEOGRAPHICAL AND GEOLOGICAL SETTING

The paleontological site Los Arroturos is located in Paredes de Sigüenza municipality, between Rienda and Tordelrábano villages, in the North-West of the Province of Guadalajara, Central-Eastern Spain (Fig.1).This area is framed in the geological map MAGNA 434 (Adell Argiles *et al*., 1978). This reptile tracksite belongs to the "Cuesta del Castillo" Formation (Ladinian in age) and it is included in the Muschelkalk facies (Middle Triassic) (Meléndez and Moratalla, 2014).

SCIENTIFIC DIDACTIC AND DIVULGATIVE VALUES

The Los Arroturos seems to be the first vertebrate tracksite from the Muschelkalk facies in the Spanish fossil record. Its surface (of about 1700 m^2) shows the impression of abundant isolated tracks and several quadrupedal trackways. The footprint morphology allows to identify them within the group formed by the *Chirotherium-Isochirotherium-Brachichirotherium* icnogenera. The trackways shows a quadrupedal locomotion pattern. They are relatively narrow

showing a high pace angle that suggest consistent locomotion, with the tracks oriented parallel respect to the longitudinal axis of the trackway (Meléndez and Moratalla, 2014). Its exclusivity and weirdness, the dimension of the track site and the number of preserved trackways make an amazing locality and therefore a high scientific interest point.

In order to check the educational value of this tracksite, we have conducted fieldtrips with primary and secondary school students. The activities were adapted according to academic levels (two groups of primary school, between 7-10 years old and one group of secondary school, between 14-16 years old). The purpose of the activity was to stimulate students and teachers to explore Earth Sciences by means of fieldtrips. At first, a small lecture was held, allowing students to understand the concepts that would be seen later in the field. They learned concepts such as geological time, the definitions of a track and trackway, trackmakers affinity, behavioral interpretation of trackways as well as the palaeogeographic, palaeoecological and palaeoenviromental utility of tracks. Afterwards the activity consisted of a guided visit to Los Arroturos (Fig. 2A-D).

At the tracksite, there are interpretative panels describing its features (Fig. 2C). A drainage wall to divert the water current was also constructed. The performances were arranged by Dirección General de Forestales y Áreas Naturales of Castilla-La Mancha and the panels were financed by Obra Social La Caixa. These panels contain information about paleoenviroment, paleobiogeography and the life during Triassic as well as information about the tracks and trackways. One of these panels explains that this ichnological site is dated as Ladinian (Middle Triassic, around 242 million years ago), when the world was recovering from one of the worst mass extinctions in its history (Permian-Triassic extinction). It also contains information about the palaeoenviroment of Los Arroturos during the Middle Triassic, when the climate was

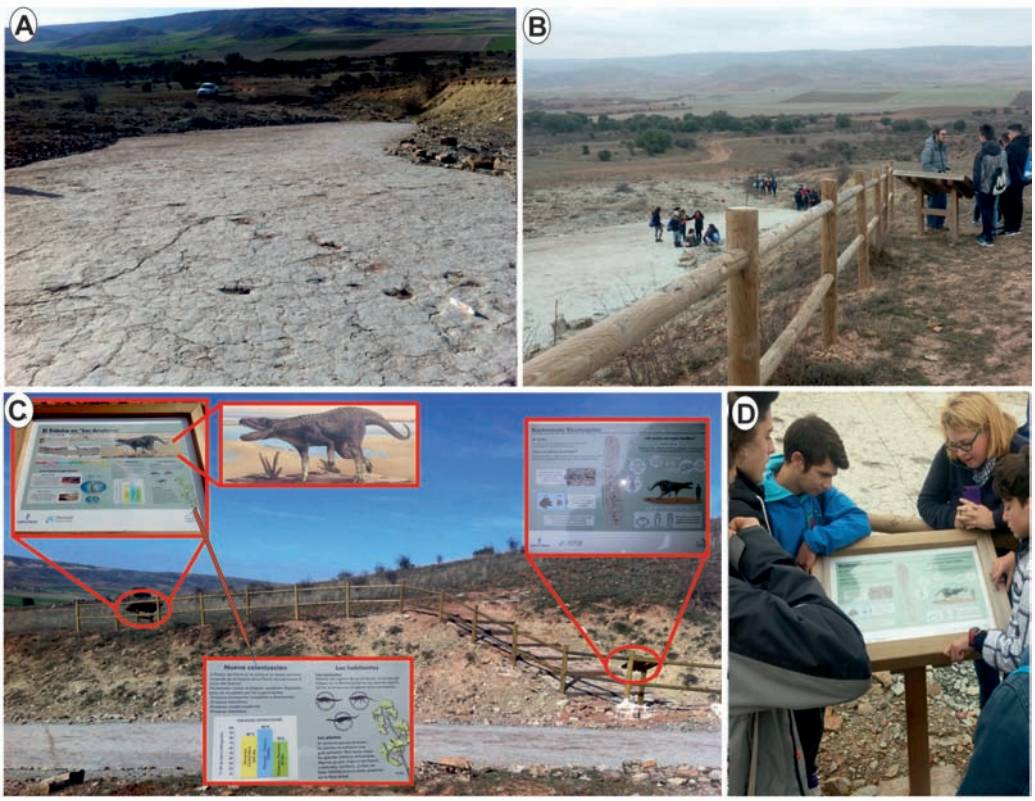


Figure 2. A) General view of the reptile tracksite Los Arroturos. B) Photograph taken during the realization of fieldtrips. C) Interpretative panels about the tracksite. D) Scholars and teachers showing the panel during the fieldtrip.

arid and the site was situated in the shore of the Tethys Sea. Moreover the panel shows the palaeogeography during this period of time. The other panel contains information about the features of the tracks, the manus and pes print, the trackways and the features of the potential trackmakers.

After arriving at the tracksite, the students were separated into groups of five so that were equal opportunities to see the tracks. Then a guide would explain the tracks to each group so they could see and touch the prints (Fig. 2B-D). At the same time, the other guide would explain the panels and the trackways to the other group. In this activity, the pupils of all learning levels could get an idea about different process like how a trace fossil could be formed, the organisms which lived in a determined period in the Earth's history, the processes that formed the rock and their fossils, the corresponding palaeoenvironmental conditions and the concept of geological time. The knowledge and interest that the students obtained during this trip have provided very positive results, even in primary scholar groups. These activities demonstrate that the knowledge obtained through these observations in situ during the fieldtrip experiences is probably greater than that acquired in the traditional classroom setting. Moreover, these fieldtrips got to raise awareness of children and teachers about palaeontological heritage. This resource could be very didactic for audiences of all learning levels, from pre-school to post-graduate, and for varied target-groups: families, individuals, schools and college groups, and adults.

NEED OF PROTECTION AND FUTURE PROJECTION

Fossil footprint sites are actually considered an important part of the natural heritage and have become integral parts of the cultural heritage in the regions where they are located (Lockley and Meyer, 1997). As they are normally very large sites, they have to be observed *in situ* therefore simply transporting footprints of this magnitude to a museum is not viable solution. Despite of a drainage wall to divert the water current was constructed (Fig. 3) these tracks are not completely protected from the rain. Both erosion and weathering are the main dangerous threatening for this tracksite and if no protection (by a roof or other adequate structure) is provided, it will eventually be destroyed (Winkler, 1987).

The ichnological site of Los Arroturos was discovered and uncovered in 2014 and over the span of two years, the site shows significant deterioration. The erosion caused by the weather has abraded many footprints in the area (Fig.4). As noted by Endere and Prado (2014), "the statement that fossils are non-renewable scientific resources is the main justification for their protection and the reason for being considered part of our shared 'heritage'".

Like other components of the geodiversity of planet Earth, the palaeontological heritage should require geoconservational measures under a protective point of view (Henriques and Pena dos Reis, 2014). In this case, it would be of interest to promote a tourist itinerary for the nearby villages. In fact, this area and its surroundings are famous by its outstanding cultural heritage. Beside this site passes the tourist route of Don Quixote and the archaeological site of Tordelrábano. At only 12 km south is situated the designated historic-artistic site of Sigüenza with an impressive medieval castle and at 12 km north the medieval village of Atienza, where three museums with numerous fossils are situated. Near of Los Arroturos also appears the Riba de Santiuste castle, which was registered under the category of "Good of Cultural Interest" in the Spanish heritage. These landscapes are also interesting by their numerous saltplains. So, in addition, a geologist itinerary exist through Riba de Santiuste town in which it is described the geology of this place (Sánchez Moya *et al*., 2015). So, the relation of Los Arroturos tracksite with other natural and cultural elements provide greater value to this site as one of geological interest. The geological patrimonial resources, like rocks and

Figure 3. Drainage wall to divert the water current.

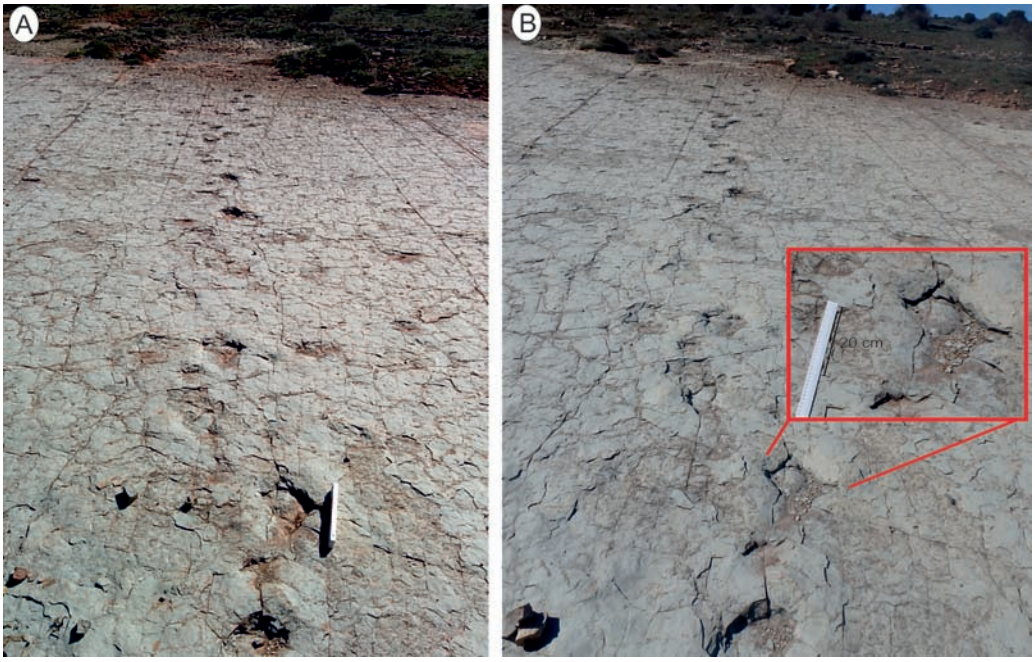


Figure 4. A) Photograph showing a reptile trackway taken in 2014. B) Photograph of the same trackway taken in 2016. The zoom shows one footprint little broken by its edges and some little rock fragments can be visible inside the footprint.

fossils represent assets that promote tourism, and also cultural and scientific activities. The nearby area promotes much tourism and it would be interesting to include geological itineraries and publicize this tracksite.

ACKNOWLEDGEMENTS

To Dr. Fernando Barroso-Barcenilla from the Universidad de Alcalá, Jorge González Salvat and María Albendin. Researchproject CGL2015-66604 of Ministerio de Economía y Competitividad (Spain). Ayudas para Contratos Predoctorales de Personal Investigador en Formación (CT45/15-CT46/15) UCM.

REFERENCES

Adell Argiles, F., González Lodeiro, F. and Tena-Dávila Ruiz, M. 1978. *Mapa Geológico de España MAGNA nº 434 Barahona*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid.

Henriques, M.H. and Pena dos Reis, R. 2015. Framing the Palaeontological Heritage within the Geological Heritage: An Integrative Vision. *Geoheritage*, 7, 249-259.

Lockley, M.G. and Meyer, C.A. 1997. Sacred Ground: Walking in the Footsteps of our ancestors. In Huh, M., Yang, S.S.Y., Lockley, M.G. and Lee, Y.N. (eds.), *Proceedings of the International Dinosaur Symposium for the Uhangri Dinosaur Centre and Theme Park*. Chonnam National University, 211-220.

Martínez-Graña, A.M., Goy, J.L. and Zazo, C.Z. 2011. Natural Heritage Mapping of the Las Batuecas-Sierra De Francia and Quilamas Nature Parks (SW Salamanca, Spain). *Journal of Maps*, 600-613.

Marty, D., Cavin, L., Hug, W.A., Jordan, P., Lockley, M.G. and Meyer, C.A. 2004.The protection, conservation and sustainable use of the Courtedoux dinosaur tracksite, Canton Jura, Switzerland. *Revue de Paléobiologie*, 9, 39-49

Meléndez, N. and Moratalla J.J. 2014. Los Arroturos: new reptile tracksite from the Muschelkalk (Middle Triassic) of Paredes de Sigüenza (Guadalajara province, Spain). *74th Annual meeting Society of Vertebrate Paleontology*, Berlin, 186.

Sánchez-Moya, S., Muñoz, A., De Vicente, G. and Sopeña, A. 2015. Las cuencas del Pérmico y Triásico en la zona de enlace entre el Sistema central y la Cordillera Ibérica. *Reduca* (*Geología*). *SerieItinerariosDidácticos*, 7 (2), 1-27.

Winkler, E.M. 1987. Weathering and weathering rates of natural stones. Enviroment. *Geology and Water Sciences*, 9 (2), 85-92.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LOS HOLOTIPOS DEL MUSEO DE CIENCIAS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

J.I. Canudo[1,2]

[1] Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza. Plaza Basilio Paraíso, 50008 Zaragoza
[2] Aragosaurus–IUCA, Paleontología, Facultad de Ciencias, C/ Pedro Cerbuna 12, Universidad de Zaragoza 50009, Zaragoza. jicanudo@unizar.es

RESUMEN

El Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza conserva una de las colecciones de fósiles más significativas de España, teniendo en cuenta el número de ejemplares, la diversidad de grupos y edades. La Tipoteca del Museo es donde se guardan más de 30.000 ejemplares publicados en revistas científicas, entre los que se incluyen los holotipos de casi 200 especies e icnoespecies diferentes. Todos estos ejemplares están inventariados en una base de datos con más de 30 campos diferentes que permite hacer búsquedas cruzadas. Los invertebrados del Paleozoico, especialmente del intervalo Cámbrico-Devónico son los que están mejor representado en cuanto al número de holotipos. La mayoría provienen de la provincia de Zaragoza (casi un centenar).

Palabras clave: Museo, tipoteca, holotipos, Universidad de Zaragoza.

ABSTRACT

The Museum of Natural Sciences of the University of Zaragoza holds one of the most significant fossil collections of Spain, considering the number of specimens, the diversity of groups and ages represented. The "Tipoteca" of Museum is where more than 30,000 copies published in scientific journals are stored, amongst which the holotype of nearly 200 species and different icnoespecies are stored. All these specimens are inventoried in a database with more than 30 different fields. Most holotypes are Paleozoic invertebrates, especially of Cambrian, Ordovician and Devonian. The majority have been collected in the province of Zaragoza (almost a hundred)

Key words: Museum, tipoteca, holotypes, Zaragoza University.

EL MUSEO DE CIENCIAS NATURALES DE LA UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

Las Ciencias Naturales han tenido siempre un especial interés para la sociedad como resultado de la curiosidad que despierta nuestro entorno más cercano. Las universidades como canalizadores y difusoras del conocimiento fueron las primeras instituciones europeas que guardaron los objetos naturales. La Universidad de Zaragoza ha tenido diferentes iniciativas para conservar sus colecciones recopiladas desde el siglo XVIII. La complicada historia de nuestro país ha impedido que tuvieran una continuidad a través de un única estructura museística. Pero esto no ha impedido

que conserve una importante colección histórica incrementada sustancialmente en los últimos años especialmente en cuanto a los fondos paleontológicos.

El 24 de Junio del 2013 del Consejo de Gobierno de la Universidad de Zaragoza aprobó por unanimidad la creación del Museo de Ciencias de Ciencias Naturales. Su exposición permanente se ha inaugurado en Diciembre del 2016 (Canudo, 2015, 2016). Los estatutos del Museo lo definen como "una estructura de carácter estable dedicada a la catalogación, investigación, conservación, restauración, exhibición, divulgación e incremento del patrimonio relativo a las Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza, con fines de estudio, educación y recreo". Las colecciones fundacionales fueron la del "Museo Paleontológico" (Canudo y Lorenzo, 1997; Liñán, 2009a, b) y la de Longinos Navás (Bastero Monserrat, 1989). Además el Museo se plantea como objetivos a medio y largo plazo la conservación y puesta en valor del resto de colecciones de objetos naturales de la Universidad, entre las que destaca la Colección histórica de herbarios, esqueletos y animales naturalizados guardada en la Facultad de Ciencias y la colección Lucas Mallada formada por minerales y fósiles conservados en la Facultad de Educación de Huesca. Una parte significativa de la colección del "Museo Paleontológico" esta compuesta por ejemplares publicados en revistas científicas, incluyendo un número importante de holotipos de fósiles (Gámez Vintaned *et al*., 2012) guardados en la Tipoteca. El objetivo de esta comunicación es dar a conocer como se gestionan las colecciones del Tipoteca del Museo y el número de holotipos que se conservan en ella.

COLECCIÓN DEL "MUSEO PALEONTOLÓGICO"

La colección histórica de fósiles depositada en la Facultad de Ciencias de la Universidad fue el punto de partida para que el antiguo Departamento de Paleontología, con el apoyo de las autoridades académicas y el Gobierno de Aragón, abriera en 1985 la exposición permanente del Museo Paleontológico situada en el edificio de Geológicas. La colección histórica estaba formada por unos pocos cientos de fósiles recogidos en el XIX de gran valor patrimonial e histórico, pero escaso valor científico. Sin embargo, el número de fósiles de la colección paleontológica ha aumentado de manera exponencial en los últimos 30 años debido a la actividad investigadora de los profesores e investigadores de la universidad.

Por otra parte, el Museo ha sido el de referencia por parte de la Dirección General de Patrimonio Cultural de la Diputación General de Aragón para el depósito de los fósiles recuperados en campañas de excavación en Aragón desde la década de los 1980, compartiendo esta función en los últimos años con la Fundación Conjunto Paleontológica de Teruel-Dinópolis. Además ha recibido donaciones de aficionados y de investigadores tanto nacionales como extranjeros. Todo ello ha conformado una de las colecciones de fósiles más importantes de España por su número, diversidad e importancia científica. En la actualidad se carece del inventario pormenorizado de la colección, pero un cálculo conservativo indica que está compuesta por más de 100.000 ejemplares de todas las edades desde el Precámbrico hasta la actualidad. El grueso de la colección proviene de Aragón, aunque también hay ejemplares de otras partes de España y un número mucho menor provienen del extranjero (Europa y África).

TIPOTECA

La Tipoteca del Museo está ubicada en el edificio de Geología de la Universidad donde se guardan los fósiles en armarios antifuego. Cada ejemplar lleva su número de inventario (MPZ-95/2366) con el que se ha referenciado en la revista científica. Este número es único y está formado por dos primeros números que son el año en que se solicita el número, una barra inclinada y un número correlativo. Al comienzo del funcionamiento de la Tipoteca los MPZ se asignaban de manera sucesiva, sin embargo la gran entrada de ejemplares publicados en los primeros años hizo cambiar la numeración para que los ejemplares tuvieran números más cortos. El MPZ-1 es el holotipo de *Paralejurus carlsi,* un trilobite de la familia Styginidae del Devónico inferior de Nogueras (Teruel). El último holotipo que se ha depositado es el de *Basadromia longifrons*, un decápodo de la Familia Dromiidae del Eoceno Superior de Yebra de Basa en Huesca (Artal *et al*., 2016).

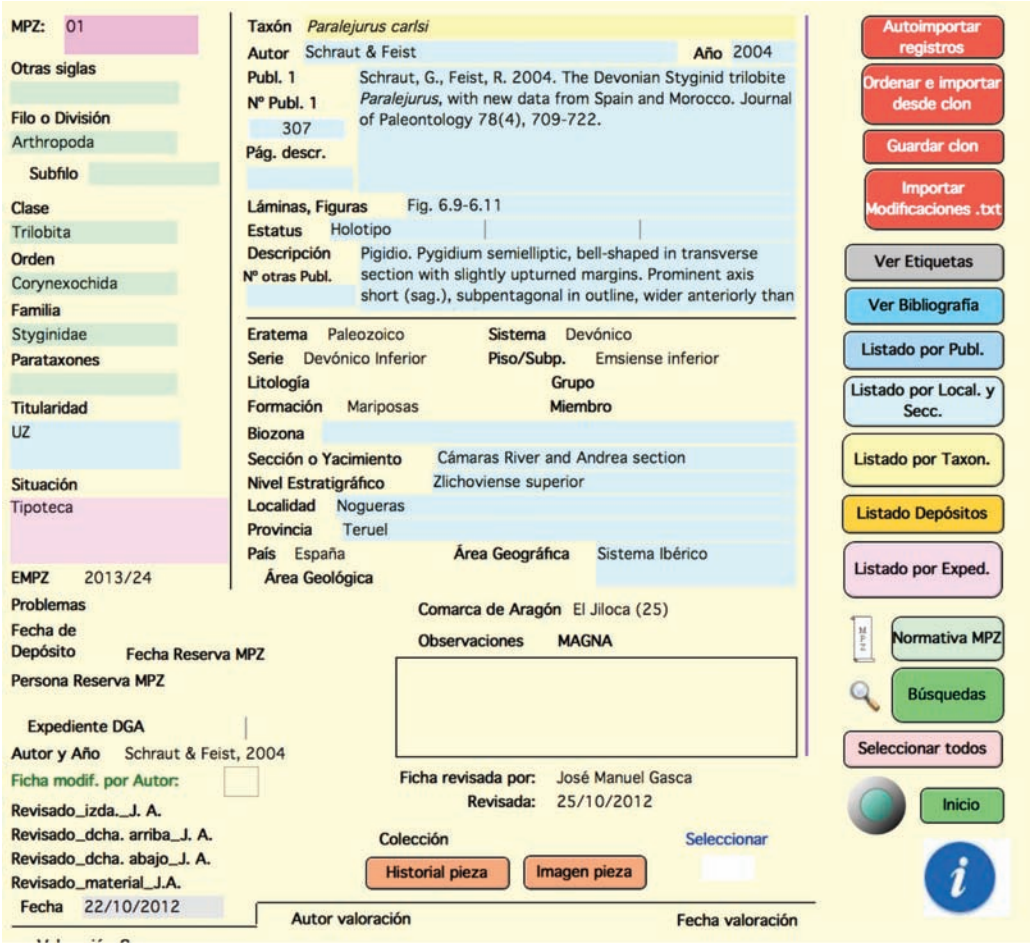


Figura 1. Ficha de la Tipoteca del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza. Se trata de la ficha del primer ejemplar inventariado, el holotipo de *Paralejurus carlsi* Schraut y Feist, 2004.

El material de la Tipoteca está incluido en una base de datos gestionada por la aplicación FileMaker. Tiene más de 30 campos que permite acceder a información del ejemplar, como nombre, publicación, yacimiento, edad…, además de información de tipo patrimonial y de localización (Fig.1). La base de datos permite búsquedas cruzadas, de manera que se puede conocer el número de ejemplares depositados de un yacimiento o de una edad concreta. Actualmente, hay 31.039 fósiles incluidos en la base de datos de 480 publicaciones científicas en las que se ha sido descrito fósiles depositadas en el Museo. Teniendo en cuenta la elevada actividad científica de los investigadores de nuestra universidad, el número de ejemplares está en constante aumento. Actualmente hay depositados 198 holotipos diferentes, de los cuales 173 son de España, de los que 147 son de Aragón (11 de Huesca, 97 de Zaragoza y 41 de Teruel), esto supone entre el 15 y el 20% de las especies descritas en Aragón. El resto de holotipos depositados en el Museo provienen de otras provincias españolas y de países extranjeros, siendo generalmente invertebrados paleozoicos.

Se trata el conjunto de holotipos de fósiles significativamente diversa, ya que hay representantes de casi todos los grupos de organismos incluyendo "algas", protistas, plantas, invertebrados, vertebrados, de todas las edades desde el Precámbrico al Pleistoceno. Hay colecciones únicas a nivel mundial, como son los invertebrados cámbricos del Sur

de la provincia de Zaragoza (Murero, Ateca, Purujosa) que incluye a trilobites, equinodermos y organismos de cuerpo blando. Los equinodermos y trilobites Devónico del Ordovícico, Silúrico y del entorno de la Sierra de Herrera (Zaragoza y Teruel). Los cefalópodos ammonoideos del Jurásico de Teruel y del sur de Zaragoza. Las plantas de la Formación Escucha en Teruel. Los mamíferos del Aragoniense (Terciario) recuperados en varios yacimientos zaragozanos del entorno de Tarazona, Daroca y Villafeliche. Los dinosaurios hadrosaurios del norte de la provincia de Huesca (Arén) con una colección única del Maastrichtiense superior. También se puede destacar los vertebrados, insectos y plantas de conservación excepcional del Terciario de Rubielos de Mora (Teruel).

De la colección Longinos Navas se conservan cuatro holotipos descritos por este naturalista de principios de siglo XX (Bastero Monserrat, 1989), tres de ellos provienen del yacimiento de conservación excepcional del Mioceno de Libros (Teruel), se trata de los anfibios *"Rana" pueyoi, "Rana" quellembergi* y *Oligosemia spinosa.* El cuarto es un icnofósil del Triásico de Moncayo (Zaragoza) descrito como *Chirotherium ibericus*.

AGRADECIMIENTOS

La gestión de las colecciones del Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza está subvencionada por la Dirección General de Patrimonio del Gobierno de Aragón y la Universidad de Zaragoza.

REFERENCIAS

Artal, P., Van Bakel, B.W., Domínguez, J.L. and Gómez, G. 2016. A new dromiid crab (Crustacea, Brachyura, Dromioidea) from the Upper Eocene of Huesca (Aragón, northern Spain). *Zootaxa*, 4061 (4), 438-446.

Bastero Monserrat J.J. 1989. *Longinos Navás, científico jesuita*. Zaragoza, Universidad de Zaragoza.

Canudo, J.I. 2015. Abre la exposición permanente de Museo de Ciencias Naturales de la UZ. *Naturaleza Aragonesa*, 32, 68-75.

Canudo, J.I. 2016. El Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza. *conCiencias.digital*, 17, 198-213.

Canudo, J.I. y Lorenzo, J.I. 1997. El Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza: Una realidad en movimiento. *Naturaleza Aragonesa*, 1, 73-80.

Gámez Vintaned, J.A., Liñán, E. y Canudo, J.I. 2012. La Tipoteca del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza. *XVIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, Valencia, 123-126

Liñán, E. 2009a. El Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza. *Revista de Museología*, 43, 133-142.

Liñán, E. 2009b. El Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza. *conCiencias*, 3, 61-65.

Schraut, G. and Feist, R. 2004. The Devonian Styginid trilobite *Paralejurus*, with new data from Spain and Morocco. *Journal of Paleontology,* 78(4), 709-722.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LAS ICNITAS DEL MUSEO NUMANTINO DE SORIA Y SU IMPORTANCIA PARA EL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO

D. Castanera[1], J.I. Canudo[2,3], C. Pascual[4] y J.L. Barco[2,5]

[1] Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Geologie y GeoBioCenter, Ludwig-Maximilians-Universität, Richard-Wagner-Str. 10, 80333 Múnich, Alemania
[2] Grupo Aragosaurus-IUCA, Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza. jicanudo@unizar.es
[3] Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza. Plaza Basilio Paraíso, 4, 50008, Zaragoza
[4] C. Real 65, 42002, Soria
[5] Paleoymás, Retama, 17, nave C-24, 50720 Cartuja Baja (Zaragoza)

RESUMEN

Entre los materiales de la colección del Museo Numantino de Soria destaca una gran cantidad de especímenes con icnitas procedentes de la Comarca de Tierras Altas (Norte de la provincia de Soria). Todas ellas fueron recogidas en afloramientos de la Fm. Huérteles de edad Berriasiense. La colección conserva icnitas de dinosaurios, pterosaurios, cocodrilomorfos y tortugas. Si sumamos el número de holotipos que presenta, así como la cantidad de icnitas que preservan gran cantidad de detalles anatómicos y el hecho de que existan pocos lugares a nivel mundial con de yacimientos con icnitas de dicha edad hacen que dicha colección sea única y suponga un lugar de gran interés científico y patrimonial.

Palabras clave: Huellas fósiles, vertebrados, patrimonio paleoicnológico, Cretácico Inferior.

ABSTRACT

Within the material of the collection of the Museo Numantino de Soria stand out the great amount of specimens with footprints. All of them come from the Tierra Altas region (North of Soria province). The footprints were recovered in the outcrops of the Huérteles Formation, that is Berriasian in age. The collection preserves tracks from dinosaurs, pterosaurs, crocodilomorphs and turtles. The number of holotypes, as well as the quantity of footprints preserving anatomical details, and the fact that there are few places in the world with Berriasian tracksites, makes the collection unique. Thus, it is a significant place both scientifically and patrimonally.

Key words: Tracks, vertebrates, palaeoichnological heritage, Lower Cretaceous.

INTRODUCCIÓN

El Museo Numantino fue creado para conservar el material procedente del importante yacimiento de Numancia situado cerca de Soria. Desde entonces ha dado cabida a una colección arqueológica de gran relevancia (Arlegui Sánchez,

2014). Menos conocida es la notable colección paleontológica compuesta por fósiles de diferentes edades, también procedente de distintas partes de la provincia, y que incluye una gran cantidad de restos de vertebrados mesozoicos. Entre ellos se encuentran restos osteológicos de yacimientos del Cretácico Inferior como el de Zorralbo, donde se ha descrito material de Dinosauria (Sauropoda, Theropoda, Ornithopoda, Ankylosauria), Crocodilomorpha y Quelonia (Fuentes Vidarte *et al*., 2005a); o del Jurásico Superior como el conocido como "fémur de Tera", un fémur aislado de dinosaurio encontrado a principios de los 80 en un afloramiento del Grupo Tera, situado debajo de la iglesia de dicha localidad soriana (Canudo *et al.*, 2010). Sin embargo, destaca entre la colección del Museo Numantino el número de especímenes de huellas fosilizadas o icnitas, provenientes todas ellas de los yacimientos situados en la Comarca de Tierras Altas (Norte de la Provincia de Soria). Los primeros yacimientos se publicaron en 1980 (Aguirrezabala y Viera, 1980) y desde entonces el número de hallazgos de afloramientos con icnitas ha aumentado de manera exponencial, hasta haberse inventariado cerca de 180 yacimientos (Hernández-Medrano *et al*., 2008). En el trabajo de localización de nuevos yacimientos hay que destacar a dos equipos sorianos, uno liderado por Carolina Fuentes Vidarte y Manuel Meijide Calvo (Fuentes Vidarte *et al*., 2005b) y un segundo por Carlos Pascual y Nieves Hernández. Ambos equipos han recuperado y han depositado en el Museo Numantino las icnitas recuperadas de dichos yacimientos. La mayoría de los ejemplares inventariados hasta la fecha proceden de la Fm. Huérteles, una unidad Berriasiense dentro del Grupo Oncala (Quijada *et al*., 2013), aunque también hay algún espécimen del Grupo Tera. Los afloramientos de la Fm Huérteles son especialmente ricos en icnitas de dinosaurio y otros vertebrados, lo que ha permitido desarrollar un proyecto de turismo paleontológico llamado "Ruta de las Icnitas de Tierras Altas de Soria" (Barco *et al*., 2009) que ha permitido habilitar para la visita de numerosos yacimientos, habiendo en algunos de ellos reconstrucciones a tamaño natural de los dinosaurios. El objetivo de este trabajo es resaltar el valor patrimonial de la colección de icnitas depositadas en el Museo Numantino.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Museo Numantino se conservan más de 70 lajas con icnitas de vertebrados. Patrimonial y científicamente el material más significativo son los holotipos de icnotaxones de vertebrados, que supone ejemplares únicos a nivel mundial, pero también hay otros ejemplares interesantes por pertenecer a icnotaxones descritos en otras regiones. Entre los holotipos se puede destacar *Crocodylopodus meijidei* Fuentes Vidarte y Meijide Calvo, 2001, uno de los pocos icnotaxones asignados a un crocodilomorfo y *Emydhipus cameroi* Fuentes Vidarte *et al*., 2003, uno de los escasos ejemplos de icnotaxones producidos por quelonios. El valor patrimonial de estas icnitas es considerable si se tiene en cuenta los pocos icnotaxones (y cantidad de icnitas) de ambos grupos que se han descrito a nivel mundial (ver Avanzini *et al*., 2005; Lockley *et al*., 2010).

La colección del Museo Numantino cuenta con un abundante número de lajas con icnitas de pterosaurios, algunas de las cuales son holotipos de icnoespecies asignadas al icnogénero *Pteraichnus* (ver revisiones en Sánchez-Hernández *et al*., 2009; Pascual *et al*., 2015). Se conservan los de *P. parvus*, *P. longipodus*, "*P. manueli*", "*P. vetustior*". También están las réplicas de la icnoespecie *P. palacieisaenzi*, cuyo holotipo se encuentra en el yacimiento de Los Tormos (Pascual *et al*., 2015). La colección del Museo Numantino supone un punto de referencia para el estudio de icnitas de pterosaurio dado que conserva casi la mitad de las icnoespecies atribuidas a *Pteraichnus* en todo el mundo (Sánchez-Hernández *et al*., 2009; Pascual *et al*., 2015).

El Museo Numantino alberga también una variada colección de icnitas de dinosaurio. Destacan por su excepcional conservación las diminutas (unos 5 cm de longitud) icnitas de terópodo de tipo "grallatórido" (Pascual y Hernández-Medrano, 2012) recientemente relacionadas con el icnotaxón *Kalohipus bretunensis* (Castanera *et al*., 2015) o icnitas de gran tamaño (hasta 69 cm) del icnotaxón *Iberosauripus* (Castanera *et al*., 2015). Ambos icnotaxones únicamente se han descrito hasta la fecha en la Cordillera Ibérica. Además, hay huellas de ornitópodo relacionadas con el icnotaxón *Iguanodontipus* (Castanera *et al*., 2013). Por otra parte, hay ejemplares de icnitas de estegosaurio asignadas a *Deltapodus,* siendo uno de ellos el único registro conocido de una icnita de estegosaurio en el Cretácico Inferior de Europa (Pascual *et al*., 2014; Pascual-Arribas y Hernández-Medrano, 2015). Otras icnitas destacables de la colección son unos enormes (70 cm de longitud) contramoldes de pies de sauropodos procedentes yacimiento de Las

Cuestas I (Pascual-Arribas y Hernández-Medrano, 2010). Estos contramoldes han preservado marcas de las uñas con un gran detalle, siendo este carácter difícil de preservar en las icnitas de saurópodo (Wright, 2005).

CONCLUSIONES

La colección del Museo Numantino de Soria conserva una colección de icnitas de vertebrados de la base del Cretácico Inferior única a nivel mundial. El interés de la colección radica tanto en el número de holotipos de icnotaxones, en la calidad de la conservación de detalles anatómicos de algunas de sus huellas, así como en el hecho de que apenas existan icnitas de edad Berriasiense en otras partes del mundo. Adicionalmente aporta nuevos conocimientos de las faunas de la base del Cretácico en esta zona de la Península Ibérica. Esto complementa los estudios realizados sobre los propios yacimientos, lo que pone aún más en valor su registro paleontológico, tanto desde un punto de vista científico como patrimonial y divulgativo. Actualmente esta colección no puede visitarse por el público, al no formar parte de la exposición permanente del Museo, sin embargo su puesta en valor sería un magnífico complemento para la iniciativa de la Ruta de las Icnitas de las Tierras Altas de Soria.

AGRADECIMIENTOS

Esta contribución forma parte del proyecto CGL2014-53548 subvencionado por el Ministerio de Ciencia e Innovación y los Fondos Europeos para el Desarrollo Regional, además del Gobierno de Aragón (Grupos Consolidados). La investigación de Diego Castanera está subvencionada por la Fundación Humboldt (Humboldt Research Fellowship for Postdoctoral Researchers). Los autores agradecen a Elías Teres Navarro, María Ángeles Arlegui Sánchez, Maria Luisa Revilla Andía y José Luis García por su ayuda y hospitalidad durante las visitas a las colecciones del Museo Numantino.

REFERENCIAS

Aguirrezabala, L.M. y Viera, L.I. 1980. Icnitas de dinosaurios en Bretún (Soria). *Munibe*, 32, 257-279

Arlegui Sánchez, M.A. 2014. *Museo Numantino*. Asociación de Amigos del Museo Numantino, Soria, 173 pp.

Avanzini, M., García-Ramos, J.C., Lires, J., Menegon, M., Piñuela, L. y Fernández, L.A. 2005. Turtle tracks from the Late Jurassic of Asturias, Spain. *Acta Palaeontologica Polonica*, 50 (4), 743-755.

Barco, J.L., Rasal, S., y Gómez, O.M.L. 2009. El aula paleontológica de Villar del Río y la Ruta de las Icnitas de Tierras Altas (Soria). *Naturaleza aragonesa: revista de la Sociedad de Amigos del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, 22, 85-91.

Canudo, J.I., Barco, J.L., Castanera, D. y Torcida Fernández-Baldor, F. 2010. New record of a sauropod in the Jurassic-Cretaceous transition of the Iberian Peninsular (Spain): palaeobiogeographical implications. *Paläontologische Zeitschrift*, 84, 427-435.

Castanera, D., Pascual, C., Razzolini, N.L., Vila, B., Barco, J.L. y Canudo, J.I. 2013. Discriminating between medium-sized tridactyl trackmakers: tracking ornithopod tracks in the base of the Cretaceous (Berriasian, Spain). *PloS one*, 8(11), e81830.

Castanera, D., Colmenar, J., Sauqué, V. y Canudo, J. I. 2015. Geometric morphometric analysis applied to theropod tracks from the Lower Cretaceous (Berriasian) of Spain. *Palaeontology*, 58(1), 183-200.

Fuentes Vidarte, C. y Meijide Calvo, M. 2001. Primeras huellas de cocodrilo en el Weald de Cameros (Soria, España). Nueva familia: Crocodylopodidae, nuevo icnogénero: *Crocodylopodus* nueva icnoespecie: *C. meijidei*. *Actas de las I Jornadas Internacionales sobre Paleontología de Dinosaurios y su Entorno*. (Ed. Colectivo Arqueológico y Paleontológico de Salas), 329-338.

Fuentes Vidarte, C., Meijde Calvo, M., Meijide Fuentes, F. y Meijide Fuentes, M. 2003. Rastro de un tetrápodo de pequeño tamaño en el Weald de Cameros (Sierra de Oncala, Soria, España) nov. icnogen. nov. icnosp. *Emydhipus*

cameroi. En: F. Pérez-Lorente (Ed.), *Dinosaurios y otros reptiles mesozoicos en España*. Ciencias de la Tierra, 26. Instituto de Estudios Riojanos, Logroño, 119–128.

Fuentes Vidarte, C., Meijide Calvo, M., Meijide Fuentes, M. y Meijide Fuentes, F. 2004a. Huellas de pterosaurios en la sierra de Oncala (Soria, España). Nuevas icnospecies: *Pteraichnus vetustior, Pteraichnus parvus, Pteraichnus manueli*. *Celtiberia*, 98, 471-490.

Fuentes Vidarte, C., Meijide Calvo, M., Meijide Fuentes, F. y Meijide Fuentes, M. 2004b. *Pteraichnus longipodus* nov. icnosp. en la Sierra de Oncala (Soria, España). *Studia Geologica Salmanticensia*, 40, 103-114.

Fuentes Vidarte, C., Meijide Calvo, M., Meijide Fuentes, F. y Meijide Fuentes, M. 2005a. Fauna de vertebrados del Cretácico Inferior del Yacimiento de "Zorralbo" en Golmayo (Soria, España). *Revista Española de Paleontología,* N.E. X , 83-92.

Fuentes Vidarte, C., Meijide Calvo, M., Meijide Fuentes, F. y Meijide Fuentes, M. 2005b. El conjunto faunístico de la base del Cretácico Inferior de Soria (cuenca de Cameros, grupo Oncala) a través del análisis icnológico. *Celtiberia*, 99, 367-404.

Hernández Medrano, N., Pascual Arribas, C., Latorre Macarrón, P. y Sanz Pérez, E. 2008. Contribución de los yacimientos de icnitas sorianos al registro general de Cameros. *Zubía*, 23–24, 79–120.

Lockley, M.G., Lucas, S.G., Milàn, J., Harris, J.D., Avanzini, M., Foster, J.R. y Spielmann, J.A. 2010. The fossil record of crocodilian tracks and traces: an overview. Crocodyle Tracks and Traces. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 51, 1-13.

Pascual Arribas, C. y Hernández Medrano, N. 2010. Nuevos datos sobre el yacimiento icnítico de Las Cuestas I (Santa Cruz de Yanguas, Soria, España). *Studia Geologica. Salmanticensia*, 46(2), 121-157.

Pascual-Arribas, C. y Hernández-Medrano, N. 2012. Posibles huellas de crías de terópodo en el yacimiento de Valdehijuelos (Soria, España). *Studia Geologica Salmanticensia,* 47, 77-110.

Pascual, C., Canudo, J.I., Hernández, N., Barco, J. L. y Castanera, D. 2012. First record of stegosaur dinosaur tracks in the Lower Cretaceous (Berriasian) of Europe (Oncala group, Soria, Spain). *Geodiversitas*, 34 (2), 297-312.

Pascual-Arribas, C., Canudo, J. I., Pérez, E. S., Hernández-Medrano, N., Castanera, D. y Barco, J. L. 2015. On the validity of *Pteraichnus palacieisaenzi*, Pascual Arribas and Sanz Pérez 2000: new data from the Huérteles formation. *Paläontologische Zeitschrift*, 89(3), 459-483.

Pascual-Arribas, C. y Hernández-Medrano, N. 2015. Nuevas huellas de estegosaúridos en el Titoniense- Berriasiense de la Cuenca de Cameros (Fm. Magaña). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 28(2), 15-27.

Quijada, I. E., Suarez-Gonzalez, P., Benito, M. I. y Mas, R. 2013. New insights on stratigraphy and sedimentology of the Oncala Group (eastern Cameros Basin): implications for the paleogeographic reconstruction of NE Iberia at Berriasian times/Nuevas aportaciones sobre la estratigrafía y sedimentología del Grupo Oncala (Cuenca de Cameros oriental): implicaciones para la reconstrucción paleogeográfica del NE de Iberia durante el Berriasiense. *Journal of Iberian Geology*, 39(2), 313-334.

Sánchez-Hernández, B., Przewieslik, A.G. y Benton, M.J. 2009. A reassessment of the *Pteraichnus* ichnospecies from the Early Cretaceous of Soria Province, Spain. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 29, 487–497

Wright, J.L. 2005. Steps in understanding sauropod biology: the importance of sauropod tracks. En: K.A.Curry Rogers y J.A. Wilson (Eds.). *The Sauropods: Evolution and Paleobiology*. University of California Press, 252-284.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

TRATAMIENTO DE IMÁGENES Y ANÁLISIS ICNOLÓGICO: APLICACIÓN AL ESTUDIO DE *ZOOPHYCOS* EN EL MIOCENO DEL PACÍFICO COLOMBIANO

S.A. Celis[1,2], J. Dorador[3], F.J. Rodríguez-Tovar[3], C. Giraldo-Villegas[1,2] y A. Pardo-Trujillo[1,2]

[1] Departamento de Ciencias Geológicas, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. Sede Principal.
[2] Instituto de Investigaciones en Estratigrafía, IIES, Universidad de Caldas, Manizales, Colombia. sergio.celis@gmail.com, carlos.giraldo@ucaldas.edu.co, andres.pardo@ucaldas.edu.co
[3] Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada, Avenida Fuente Nueva, s/n, 18071, Granada, España. javidr@ugr.es, fjrtovar@ugr.es

RESUMEN

En los últimos años, el tratamiento de imágenes se ha revelado como una herramienta de gran utilidad en el estudio icnológico de sondeos marinos modernos profundos, aumentando la visibilidad de las bioturbaciones y, por ende, facilitando el análisis de determinados aspectos icnológicos (p.e., índice de bioturbación, relaciones de corte, icnofábricas, etc.). Sin embargo, su empleo en estudios de afloramiento está menos desarrollado. En este trabajo se aplica una variante de la metodología sobre ejemplares del icnogénero *Zoophycos* procedentes de materiales miocenos del Pacífico Colombiano. El tratamiento ha permitido observar con claridad ciertos rasgos determinantes de la estructura como pueden ser el tubo marginal, las lamelas menores y el relleno peletoidal de las mismas. Asimismo, se ha realizado una primera cuantificación del porcentaje de pellets a lo largo de una lamela mayor y de la variación en la proporción de pellets entre lamelas menores claras y oscuras. Estos datos se revelan de gran interés en la interpretación de una estructura tan controvertida como *Zoophycos*.

Palabras clave: *Zoophycos*, pellets, tratamiento digital de imágenes, Mioceno, Colombia.

ABSTRACT

In the last few years, image treatment has been revealed as a very useful tool in ichnological analysis of deep-sea modern marine cores, increasing visibility of trace fossils and, consequently, making easier the study of some ichnological features (i.e., bioturbation index, cross-cutting relationships, ichnofabrics, etc.). However, its use on outcrop studies is less developed. In the present paper, a version of the method is applied on specimens of *Zoophycos* from samples of the Pacific Colombian Miocene. The treatment has improved the visibility of very important features of the trace fossil, such as the marginal tube, the minor lamellaes and their pelletoidal infilling. Additionally, the quantification of percentage of pellets has been evaluated along a major lamellae, as well as between light and dark minor lamellaes. These data are revealed as very interesting in the interpretation of *Zoophycos*, a very controversial trace fossil.

Key words: *Zoophycos*, pellets, digital images treatment, Miocene, Colombia.

INTRODUCCIÓN

Desde mediados del siglo XX se han usado diferentes técnicas en el campo de la icnología con el fin de mejorar la visibilidad de la bioturbación y facilitar así su identificación y estudio. Entre ellas destaca el análisis de imágenes de rayos-X, propuesto por Howard (1968) para identificar estructuras de bioturbación, y cuyo uso se ha extendido en las últimas décadas, llegando, incluso, a la reconstrucción de estructuras en 3D (p.e., Löwemark, 2003). Técnicas más sofisticadas como la Tomografía Computarizada o la Triangulación Láser Multi-banda (revisión reciente en Dorador *et al.*, 2014a), se han aplicado en los últimos años, aunque con limitaciones dado su coste y complejidad. Por estas razones, ha cobrado gran importancia el tratamiento de imágenes, con menor coste y más fácil manejo. Magwood y Ekdale (1994) llevan a cabo los primeros trabajos aplicando el tratamiento de imágenes en icnología, sobre la base de una serie de ecuaciones matemáticas que mejoran el contraste entre las estructuras biogénicas y el sedimento. Durante la última década, con el desarrollo de la imagen digital, aparecen algunos estudios que consideran las imágenes como una matriz de pixeles, abordando aspectos como el índice de bioturbación o las icnofábricas (Honeycut y Plotnick, 2008; Qi *et al.*, 2008).

El gran desarrollo informático reciente ha facilitado la puesta a punto de una nueva metodología de tratamiento de imágenes, cuya utilidad se ha puesto de manifiesto en el estudio de la bioturbación en sondeos de materiales marinos modernos profundos en los cuales la visualización de la bioturbación es comparativamente difícil. La metodología desarrollada ha facilitado significativamente el análisis icnológico, a partir de una mejor visibilidad de las estructuras biogénicas, posibilitando abordar aspectos como la cuantificación de la bioturbación, el reconocimiento de relaciones de corte, el análisis de icnofábricas, o la diferenciación de icnofacies (Dorador *et al.*, 2014a, b; Dorador y Rodríguez-Tovar, 2015; Rodríguez-Tovar y Dorador, 2015). Sin embargo, si bien su utilidad en el análisis icnológico de sondeos ha sido testada, su aplicación en estudios de afloramiento aún no ha sido contrastada. En el presente trabajo se pretende evaluar esta metodología en el análisis de la bioturbación en materiales Miocenos del Pacífico Colombiano, poniendo de manifiesto su utilidad en el estudio de una de las estructuras más complejas y debatidas, como es el caso de *Zoophycos*.

LA SECUENCIA LADRILLEROS-JUANCHACO

La configuración geológica de Colombia refleja una compleja mezcla de bloques alóctonos limitados por estructuras que cruzan el país en sentido norte-sur, paralelas a la actual zona de subducción entre la Placa de Nazca y la placa Suramericana. La actividad combinada de estos mecanismos ha dado origen a la división de los Andes Colombianos en tres cordilleras, Oriental, Central y Occidental. El relleno sedimentario de la secuencia Ladrilleros-Juanchaco proviene principalmente de la Cordillera Occidental, cuyo su basamento está compuesto de diversos terrenos oceánicos adosados al margen NW de Colombia durante el Cretácico (Spikings *et al.*, 2001, 2010). Estos bloques

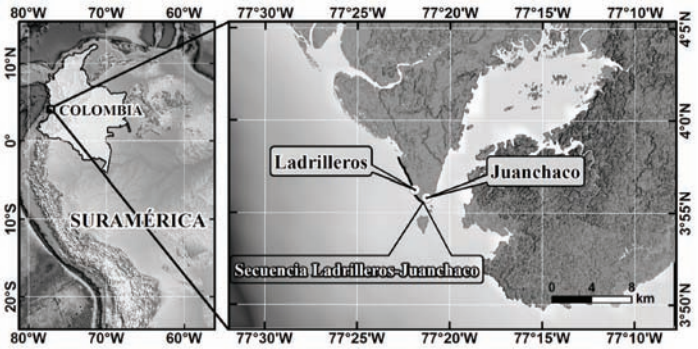


Figura 1. Mapa de localización de la Secuencia Ladrilleros-Juanchaco, al suroeste de Colombia entre las poblaciones de Ladrilleros y Juanchaco.

alóctonos consisten en una secuencia de rocas máficas generadas en ambientes de plateau oceánico y/o arco de islas (Villagómez *et al*., 2011).

La secuencia Ladrilleros-Juanchaco (3º57`N – 77º22`W y 3º55`N – 77º21`W) está localizada al oeste de la Cordillera Occidental, dentro del Arco Panamá-Chocó, en la Sub-Cuenca San Juan (Duque-Caro, 1991; Barrero *et al*., 2007) y forma parte del relleno sedimentario de las cuencas de ante-arco del Pacífico Colombiano. Se encuentra en el suroeste de Colombia entre las poblaciones de Ladrilleros y Juanchaco, 40 km al NW de la ciudad de Buenaventura (Figura 1). La sección aflora de manera casi continua a lo largo de acantilados costeros, donde expone una sucesión terrígena de aproximadamente 700 m de espesor. La secuencia consta de una intercalación de arenitas y lutitas, predominantemente lodosas hacia la base y arenosas hacia el techo, de edad Langiense-Tortoniense (Mioceno) según Vallejo *et al*. (en prensa). El análisis icnológico y estratigráfico de la secuencia, revelan que esta unidad fue depositada en un ambiente marino profundo influenciado por corrientes de fondo.

El estudio icnológico preliminar ha permitido la caracterización de una asociación relativamente abundante y diversa, en la que se reconocen, en orden de abundancia *Zoophycos, Nereites, Phycosiphon, Chondrites, Thalassinoides, Phycodes, Planolites, Scolicia, Phymatoderma, Stelloglyphus, Ophiomorpha, Rhizocorallium, Diplocraterion, Palaeophycos, Cosmorhaphe, Helminthorhaphe, Paleodictyon* y *Punctorhaphe,* pertenecientes a las icnofacies de *Zoophycos* y *Nereites* (Celis *et al*., 2016). Destaca la presencia de estructuras de *Zoophycos*, objeto de la presente investigación.

ZOOPHYCOS, UN ICHNOTAXON COMPLEJO Y DEBATIDO

Zoophycos Massalongo, es probablemente uno de los icnogéneros más estudiados, tanto en lo que respecta a ejemplos actuales como fósiles, con un registro fósil abundante a lo largo del Fanerozoico que abarca sedimentos marinos desde el Cámbrico (ver citas en Knaust 2009; Zhang *et al*., 2015b). Sin embargo, a pesar de los numerosos trabajos sobre esta estructura, son varias las incógnitas que prevalecen sobre la misma, incluyendo su modo de formación, el organismo generador y su comportamiento, su relación con las condiciones ambientales o consideraciones evolutivas (ver recientes revisiones en Knaust, 2009; Kotake, 2014; Löwemark, 2015; Zhang *et al*., 2015a, b; Monaco *et al*., 2016). El icnogénero *Zoophycos,* o el Grupo *Zoophycos* de acuerdo con Uchman (1995), incluye una amplia variabilidad de formas, aunque, en líneas generales, hace referencia a estructuras tridimensionales, con conexiones, de morfología helicoidal u ovalada (*tongue-shaped*), formando lóbulos bordeados por un tubo marginal que giran alrededor de un tubo vertical central. En gran medida, la forma de la estructura, sus características internas y el material de relleno han sido relacionados con las condiciones paleoambientales, el tipo de organismo generador, o el comportamiento del mismo. Así, el material de relleno de las lamelas menores o internas que componen las lamelas mayores o primarias en los lóbulos de *Zoophycos* (Figura 2A), y en concreto la presencia o no de pellets fecales, ha sido relacionado con aspectos evolutivos y el comportamiento del organismo generador (p.e., Knaust, 2009; Kotake, 2014; Löwemark, 2015). En este contexto, la caracterización del

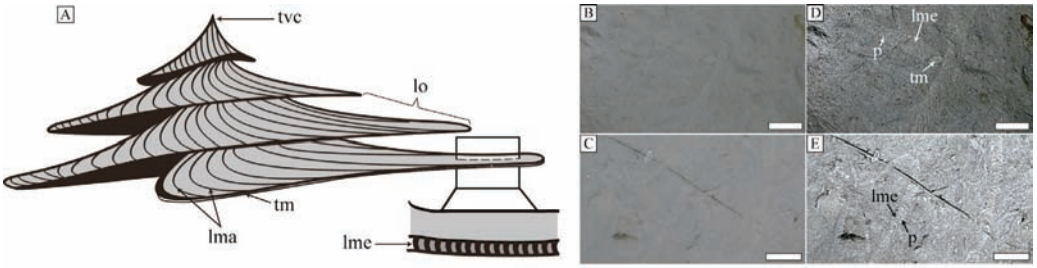


Figura 2. A) Esquema simplificado de la estructura de *Zoophycos* con indicación de algunos rasgos característicos. B-C) Imágenes originales, sin tratamiento, de muestras de *Zoophycos.* D-E) Imágenes tratadas de *Zoophycos* correspondientes, respectivamente, a las imágenes de la izquierda (B y C). Leyenda: lma, lamelas mayores; lme, lamelas menores, lo, lóbulo, p, pellets; tm, tubo marginal, tvc: tubo vertical central. Escala, 2 cm.

material de relleno, con especial atención a la presencia y análisis de material peletoidal, aparece como especialmente útil para la interpretación de *Zoophycos*, al igual que ocurre con el material peletoidal registrado en el relleno de otros icnogéneros como *Rhizocorallium* (Knaust, 2013) o *Phymatoderma* (Izumi *et al*., 2014). Recientes trabajos sobre *Zoophycos* procedentes de materiales modernos profundos revelan la utilidad del análisis de rayos-X para el estudio detallado del material peletoidal que compone las lamelas internas (p.e., Löwemark, 2015). Sin embargo, el registro y visualización del material peletoidal puede ser complicado, especialmente cuando se trabaja en afloramiento.

METODOLOGÍA

El tratamiento, testado en un total de 15 imágenes de muestras de mano de *Zoophycos* pertenecientes a la secuencia Ladrilleros-Juanchaco, se ha basado en la metodología desarrollada sobre sondeos por Dorador *et al*. (2014a) mediante el uso del *software* Photoshop CS6. Este proceso consiste en aplicar una secuencia de tres ajustes de imagen (niveles, contraste/brillo e intensidad/saturación), modificando un total de 7 parámetros distintos (Dorador *et al*., 2014a para más detalle). A partir de esta metodología base, se ha incluido una modificación sustancial en el tratamiento de imágenes de afloramiento. Esta variante consiste en aplicar un filtro de enfoque sobre la imagen original, antes de ejecutar la citada secuencia. Concretamente se aplica una desaturación sobre una imagen duplicada y posteriormente una máscara de enfoque. Esta imagen duplicada se superpone a la original obteniendo una mayor definición de los contornos de la estructura. Este paso es crucial en el caso de muestras de mano ya que no son superficies planas y escaneadas a una misma distancia, como ocurre en los sondeos, permitiendo mejorar el enfoque y resaltar los contornos de las estructuras a estudiar.

El porcentaje de pellets se evaluó sobre las imágenes previamente tratadas. El procedimiento es similar al descrito por Dorador *et al*. (2014b) para determinar el porcentaje de superficie bioturbada, aunque en este caso las secciones consideradas son las lamelas menores que conforman el relleno de *Zoophycos*. Se empleó el método de selección por rango de color y se calcularon dos relaciones distintas: 1) el porcentaje de pellets frente a relleno de otro material en secciones de 1 cm de anchura y 2) el porcentaje de pellets dentro de cada lamela (clara y oscura).

RESULTADOS

Tratamiento de imagen

El tratamiento aplicado sobre las 15 imágenes de muestras de mano de *Zoophycos* pone de manifiesto el incremento de la visibilidad de las estructuras, con especial atención a algunas características como el tubo marginal y la alternancia de lamelas menores oscuras y claras, estas últimas con un relleno marcadamente peletoidal (Figura 2B-E).

Los mejores resultados se han obtenido a partir del tratamiento en dos fases claramente diferenciadas. La primera se centra en el filtro de enfoque donde se aplica una desaturación a una imagen duplicada y una máscara de enfoque. Esta máscara permite definir tres parámetros, siendo en este caso la cantidad de 500 %, el umbral de niveles 0 y el radio de píxeles entre 8 y 8,8 determinado de forma visual en cada caso para obtener el mejor resultado posible. Esta imagen duplicada y tratada fue superpuesta a la original con una opacidad entre 37 y 70 %, obteniendo una imagen resultante tras la combinación de ambas (original y duplicada enfocada). La segunda fase consiste en aplicar sobre esta imagen resultante la metodología descrita por Dorador *et al*. (2014a) con unos valores promedio de niveles (37,8-0,8-150,0), brillo/contraste (-18/62) e intensidad/saturación (-13/-22).

Porcentaje de pellets

El tratamiento de imágenes ha permitido realizar un estudio cuantitativo de los pellets existentes en el material de relleno de las lamelas menores de *Zoophycos*, evaluando su relación con respecto al resto de material y aportando datos sobre porcentaje de pellets en cada una de las lamelas. En la Figura 3 se indican los resultados obtenidos sobre un ejemplar en concreto. En cuanto al primer dato (Figura 3A), los pellets representan un 51,2 % del material de relleno,

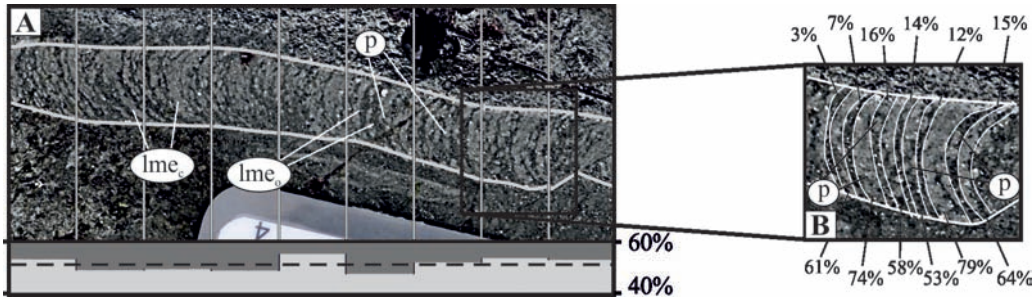


Figura 3. Cuantificación de pellets en el material de relleno de *Zoophycos*. A) Porcentaje de pellets (gris claro) frente al resto de material de relleno (gris oscuro), en el rango entre 40 y 60 %, en secciones de 1 cm. B) Porcentaje de pellets, entre 3 y 79 %, en cada una de las lamelas menores claras y oscuras. Leyenda: lme$_c$, lamelas menores claras, lme$_o$, lamelas menores oscuras, p, pellets.

variando muy poco a lo largo de la sección representada (2,68 de desviación estándar). En segundo lugar (Figura 3B), el estudio en detalle de cada una de las lamelas menores pone de manifiesto que incluso en aquellas dominadas por sedimento oscuro hay presencia de pellets, aunque como máximo representan un 15 %. Las lamelas de color claro, dominadas por pellets, tienen un porcentaje entre 53 y 79 % (Figura 3B).

CONCLUSIONES

El tratamiento de imágenes se revela como una técnica de gran utilidad en estudios icnológicos sobre afloramiento, a partir de variaciones en la metodología desarrollada para el estudio de bioturbaciones en sondeos marinos modernos.

Su aplicación sobre imágenes de *Zoophycos* procedentes de materiales del Mioceno del Pacífico Colombiano ha permitido observar con claridad ciertos rasgos de la estructura como el tubo marginal, las lamelas menores o internas, oscuras y claras, o el componente peletoidal de relleno de las mismas.

El análisis cuantitativo revela que la relación entre pellets y el resto de relleno oscuro se mantiene prácticamente constante en el interior de una lamela primaria, en torno a un 51 %. Asimismo, se ha puesto de manifiesto la existencia de pellets tanto en las lamelas claras, donde son dominantes (entre 53 % y 79 % del total), como en las oscuras, donde son un componente menor (< 15 %).

AGRADECIMIENTOS

Esta contribución ha sido financiada por la Asociación Colombiana de Geólogos y Geofísicos del Petróleo a través del Fondo Corrigan ARES, el proyecto CGL2015-66835-P (Secretaría de Estado de I+D+I, España) y el Grupo de Investigación RNM–178 (Junta de Andalucía). La investigación de JD está financiada con un contrato pre-doctoral de la Universidad de Granada.

REFERENCIAS

Barrero, D., Pardo, A., Vargas, C., y Martínez, A. 2007. *Colombian sedimentary basins: Nomenclature, boundaries and petroleum geology, a new proposal*. (ANH and B&M Exploration Ltda ed. Vol. 1). Bogotá: Agencia Nacional de Hidrocarburos, 92 pp.

Celis, S.A., Giraldo-Villegas, C.A., Rodríguez-Tovar, F.J., y Pardo-Trujillo, A. 2016. Ichnological analysis of Miocene sediments from the Ladrilleros-Juanchaco sequence: contributions to the study of sedimentary environments and palaeoecology in NW South America – Colombia. *ICHNIA 2016: Icnology for the 21st century: (Palaeo) Biological Traces towards Sustainable Development,* Idanha-a-Nova, Portugal.

Dorador, J. y Rodríguez-Tovar, F.J. 2015. Application of digital image treatment to the characterization and differentiation of deep-sea ichnofacies. *Spanish Journal of Paleontology*, 30 (2), 265–274.

Dorador, J. y Rodríguez-Tovar, F.J., IODP Expedition 339 Scientists. 2014a. Digital image treatment applied to ichnological analysis of marine core sediments. *Facies*, 60, 39–44.

Dorador, J. y Rodríguez-Tovar, F.J., IODP Expedition 339 Scientists. 2014b. Quantitative estimation of bioturbation based on digital image analysis. *Marine Geology*, 349, 55–60.

Duque-Caro, H. 1991. *Contributions to the geology of the Pacific and Caribbean coastal areas of northwestern Colombia and South America*. Princeton University, PhD. thesis, 132 pp.

Honeycutt, C.E. y Plotnick, R. 2008. Image analysis techniques and graylevel co-occurrence matrices (GLCM) for calculating bioturbation indices and characterizing biogenic sedimentary structures. *Computers & Geosciences*, 34, 1461–1472.

Howard, J.D. 1968. X-ray radiography for examination of burrowing in sediments by marine invertebrate organisms. *Sedimentology*, 11, 249–258.

Izumi, K., Rodríguez-Tovar, F.J., Piñuela, L. y García-Ramos, J.C. 2014. Substrate-independent feeding mode of the ichnogenus *Phymatoderma* from the Lower Jurassic shelf-sea deposits of central and western Europe. *Sedimentary Geology*, 312, 19–30.

Knaust, D. 2009. Complex behavioural pattern as an aid to identify the producer of *Zoophycos* from the Middle Permian of Oman. *Lethaia*, 42, 146–154.

Knaust, D. 2013. The ichnogenus *Rhizocorallium*: classification, trace makers, palaeoenvironments and evolution. *Earth Science Reviews*, 126, 1–47.

Kotake, N. 2014. Changes in lifestyle and habitat of *Zoophycos* producing animals related to evolution of phytoplankton during the Late Mesozoic: geological evidence for the "benthic-pelagic coupling model". *Lethaia*, 47, 165–175.

Löwemark, L. 2003. Automatic image analysis of X-ray radiographs: a new method for ichnofabric evaluation. *Deep-Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography I*, 50, 815–827.

Löwemark, L. 2015. Testing ethological hypotheses of the trace fossil *Zoophycos* based on Quaternary material from the Greenland and Norwegian Seas. *Palaeogeography Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 425, 1–13.

Magwood, J.P.A. y Ekdale, A.A. 1994. Computer-aided analysis of visually complex ichnofabrics in deep-sea sediments. *Palaios*, 9, 102–115.

Monaco, P., Bracchini, L., Rodríguez-Tovar, F.J., Uchman, A. y Coccioni, R. 2016. Evolutionary trend of *Zoophycos* morphotypes from Upper Cretaceous-Lower Miocene in the type pelagic sections of Gubbio, central Italy. *Lethaia*.

Qi, Y., Wang, M. y Liu, Y. 2008. Computer-aided analysis and quantitative study of complex ichnofabrics. In: *Proceedings of information technology and environmental system sciences.* ITESS, 3, 544–547.

Rodríguez-Tovar, F.J. y Dorador, J. 2015. Ichnofabric characterization in cores: a method of digital image treatment. *Annales Societatis Geologorum Poloniae*, 85, 465–471.

Spikings, R.A., Winkler, W., Seward, D. y Handler, R. 2001. Along-strike variations in the thermal and tectonic response of the continental Ecuadorian Andes to the collision with heterogeneous oceanic crust. *Earth and Planetary Science Letters*, 186(1), 57–73.

Spikings, R.A., Crowhurst, P.V., Winkler, W. y Villagomez, D. 2010. Syn- and postaccretionary cooling history of the Ecuadorian Andes constrained by their in-situ and detrital thermochronometric record. *Journal of South American Earth Sciences,* 30(3-4), 121–133.

Uchman, A. 1995. Taxonomy and paleoecology of flysch trace fossils: the Marnoso-arenacea formation and associated facies (Miocene, Northern Apennines, Italy). *Beringeria*, 15, 116.

Vallejo, D.F., Flores, J.A., Plata, A., Trejos, R., Pardo-Trujillo, A., Sierro, F.J. y Bárcena, M.A. (en prensa). Low-Latitude Miocene calcareous and siliceous microfossil biostratigraphy from South America: Ladrilleros-Juanchaco section (Colombian Pacific). *Ameghiniana*.

Villagómez, D., Spikings, R., Magna, T., Kammer, A., Winkler, W. y Beltrán, A. 2011. Geochronology, geochemistry and tectonic evolution of the Western and Central cordilleras of Colombia. *Lithos*, 125(3-4), 875–896.

Zhang, L.J., Shi, G.R. y Gong, Y.M. 2015a. An ethological interpretation of *Zoophycos* based on Permian records from south China and southeastern Australia. *Palaios*, 30, 408–423.

Zhang, L.J., Fan, R.Y. y Gong, Y.M. 2015b. *Zoophycos* macroevolution since 541 Ma. *Nature, Scientific Reports,* 5, 14954, 1–10.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

EL "DINOPASEO" POR EL CASTELLAR (TERUEL, ESPAÑA): CULTURA CIENTÍFICA EN UNA POBLACIÓN RURAL

A. Cobos y L. Alcalá

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

RESUMEN

La provincia de Teruel es uno de los lugares más representativos en el mundo respecto al desarrollo de iniciativas museográficas relacionadas con la investigación y difusión del patrimonio paleontológico. Una de las últimas acciones desarrolladas en este sentido se ha llevado a cabo en una población turolense de la Comarca de Gúdar-Javalambre llamado El Castellar. Esta iniciativa, denominada "DINOpaseo" por El Castellar, consiste en una ruta de temática paleontológica por las calles y el entorno más próximo al núcleo urbano, donde se demuestra una perfecta simbiosis entre las investigaciones desarrolladas en el municipio desde el año 2002 y su utilización como factor de desarrollo territorial.

Palabras clave: Teruel, El Castellar, dinosaurios, museografía, desarrollo territorial.

ABSTRACT

Teruel province is one of the most representative places in the world regarding the development of museographic initiatives on research and diffusion of paleontological heritage. One of the last actions unfolded in this sense has been carried out in a Turolian village in the Comarca de Gúdar-Javalambre called El Castellar. This initiative, DINOwalk in El Castellar, takes visitors on a route around the village dealing with the specific topic of dinosaurs. It represents a perfect symbiosis between paleontological research, carried out in the municipality since 2002, and their use as factor of territorial development.

Key words: Teruel, El Castellar, dinosaurs, museography, territorial development.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

En diversos lugares del mundo queda patente la utilización de los recursos paleontológicos de dinosaurios como un factor de desarrollo socioeconómico en regiones en las que, por regla general, se encuentran los yacimientos (Cobos y Alcalá, 2011). La provincia de Teruel es uno de los lugares más representativos mundialmente en este aspecto. Probablemente, es única en Europa, debido a la presencia del Parque Paleontológico Dinópolis (un proyecto que ha recibido más de 2.500.000 de visitas desde el año 2001 y que consta de una gran sede principal en Teruel capital y de otros siete centros de temática paleontológica variada dispersos por la provincia) (Alcalá, 2011) y a sus diferentes vertientes respecto

a la investigación, conservación y difusión educativa. A todo ello hay que sumar la existencia de otras múltiples acciones museográficas de difusión paleontológica de menor envergadura que salpican la provincia (Cobos, 2011; Alcalá, 2012).

Estas últimas, a diferencia de los centros satélites creados al auspicio de la marca Dinópolis, en general se presentan de forma desestructurada y, por lo tanto, son menos conocidos desde el punto de vista turístico. Para subsanar este hecho se debe desarrollar una serie de propuestas estratégicas respecto a una planificación integra en materia de difusión paleontológica en el territorio turolense. De esta forma, se podrá presentar una oferta compacta de calidad en el amplio espectro de la divulgación de la Paleontología ya existente en la provincia y de otras acciones de nueva generación (Alcalá y Cobos, 2011; Cobos, 2011). Entre estas últimas se encuentra una iniciativa desarrollada en un pequeño pueblo turolense de la Comarca de Gúdar-Javalambre llamado El Castellar. Este municipio, con sólo 58 habitantes censados, es representativo de la creciente problemática demográfica y estructural de la provincia (con una escasa, envejecida y decreciente población y con pocas infraestructuras y servicios, entre otros muchos aspectos). Sin embargo, El Castellar posee un extraordinario patrimonio natural y cultural que, en general, es desconocido incluso por sus propios habitantes. Parte de su territorio está incluido en el Lugar de Interés Comunitario (LIC) Maestrazgo y Sierra de Gúdar, en el de los Sabinares del Puerto de Escandón y en la Reserva Natural Fluvial del Río Mijares. Asimismo posee cinco Bienes de Interés Cultural (BIC) relacionados con su castillo y con cuatro yacimientos de icnitas de dinosaurios (siendo estos últimos, además, Lugares de Interés Geológico). Al menos, la investigación paleontológica y su posterior difusión, y tras las diversas acciones educativas y de concienciación al respecto, ya son consideradas por la población local como herramientas y recursos fundamentales para minimizar los problemas expuestos anteriormente.

Patrimonio dinosauriológico

En El Castellar (situado geológicamente en la Subcuenca de Peñagolosa dentro de la Cuenca del Maestrazgo) se vienen desarrollando actuaciones paleontológicas (principalmente prospecciones y excavaciones) por parte de la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis desde el año 2002. Asimismo, y desde la vertiente de la conservación de los yacimientos, también se realizaron acciones a lo largo de varias ediciones de la Escuela Taller de Restauración Paleontológica del Gobierno de Aragón (con sede en la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis) y por los Departamentos competentes en la materia del Gobierno de Aragón. Las primeras descripciones sobre fósiles de dinosaurios en el municipio de El Castellar se dieron a conocer en el año 2003 (Alcalá *et al*., 2003), cuando se presentaron cuatro yacimientos de icnitas de dinosaurios: El Castellar, El Pozo y Camino El Berzal, situados en la Formación Villar del Arzobispo (Kimmeridgiense-Berriasiense?) y El Hoyo, situado en la Formación Camarillas (Barremiense). La relevancia científica de estos yacimientos conllevó su declaración como Bien de Interés Cultural -Conjunto de Interés Cultural, Zona Paleontológica- por el Gobierno de Aragón (Decreto 18/2004, de 27 de enero).

Hasta el año 2016, y mientras las actuaciones paleontológicas siguen en constante desarrollo, se han inventariado en el municipio 61 yacimientos con restos directos o indirectos de dinosaurios. A modo de resumen podemos señalar que en los afloramientos del tránsito Jurásico-Cretácico se han descrito icnitas saurópodas, terópodas, ornitópodas y tireóforas (Cobos et al., 2010; 2014; Alcalá et al., 2014a; 2014b). Destaca que en el yacimiento El Castellar (CT-1) se han definido dos icnotaxones: *Deltapodus ibericus* e *Iberosauripus grandis* (de un productor estegosáurido y de un probable megalosáurido, respectivamente). Entre los restos directos de dinosaurios procedentes de esas mismas unidades se han descubierto diversos restos postcraneales del estegosaurio *Dacentrurus*, en el yacimiento San Cristóbal (Cobos *et al*., 2010), y de saurópodos [algunos, aún por asignar, del yacimiento La Tejería, y un centro vertebral de Diplodocoidea indet. del yacimiento Los Canales (Cobos *et al*., 2015)]. En la Formación El Castellar (Hauteriviense-Barremiense) se han descrito un diente asignado al saurópodo *Oplosaurus armatus* y varias vértebras de un hadrosauriforme indeterminado (Cobos *et al*., 2013a). En las Formaciones Camarillas y Artoles (barremienses) se presentan icnitas terópodas, ornitópodas grandes (Cobos y Gascó, 2012) y, además, varios yacimientos con icnitas conservadas como contramoldes en forma de relleno que, en su mayoría, fueron producidas por ornitópodos y que, en algunos casos, presentan las impresiones de la piel y las estrías generadas por ésta en su discurrir por el sustrato fangoso (Cobos *et al*., 2013b). Por último, en un yacimiento situado en el tránsito de la Formación Chert con la Forcall (Barremiense superior-Aptiense inferior) se han descrito diversos restos postcraneales del saurópodo *Tastavinsaurus sanzi* (Royo-Torres *et al*., 2010). En definitiva, El Castellar contiene un patrimonio paleontológico extraordinario en continuo crecimiento.

DIFUSIÓN EDUCATIVA

Los trabajos de investigación de la Fundación Dinópolis y colaboradores en El Castellar han venido acompañados de constantes acciones de difusión científica, educativa y formativa. Cabe mencionar, por ejemplo, que varios de los yacimientos de dinosaurios y el entorno geológico al que están circunscritos han sido utilizados como "aulas de campo" para los alumnos del curso que sobre Paleontología y Desarrollo se desarrolla en el marco de la Universidad de Verano de Teruel (Universidad de Zaragoza) desde el año 2001. Asimismo, este patrimonio también ha sido protagonista de varias excursiones especializadas programadas en congresos nacionales e internacionales dirigidos a especialistas, y de otras múltiples actividades (conferencias, celebración del Día Internacional de los Museos, DINOtour con el paleontólogo, Geódromo, etc.) dirigidas a la administración, profesorado, emprendedores turísticos y al público en general.

"DINOpaseo" por El Castellar

Todos estos antecedentes, y la constante colaboración entre las administraciones locales y la Fundación Dinópolis, han permitido la realización de acciones museográficas en el propio municipio. La primera de ellas fue la ejecución en el año 2015, a través del Fondo de Inversiones de Teruel, del denominado *DINOpaseo por El Castellar*. Esta actuación consiste en una ruta de temática paleontológica por las calles y el entorno más próximo del pueblo. El recorrido consta de diez paradas en las que se muestra al visitante la diversidad de los fósiles de dinosaurios presentes en los yacimientos del municipio y las principales conclusiones científicas obtenidas a partir de ellos. Los elementos

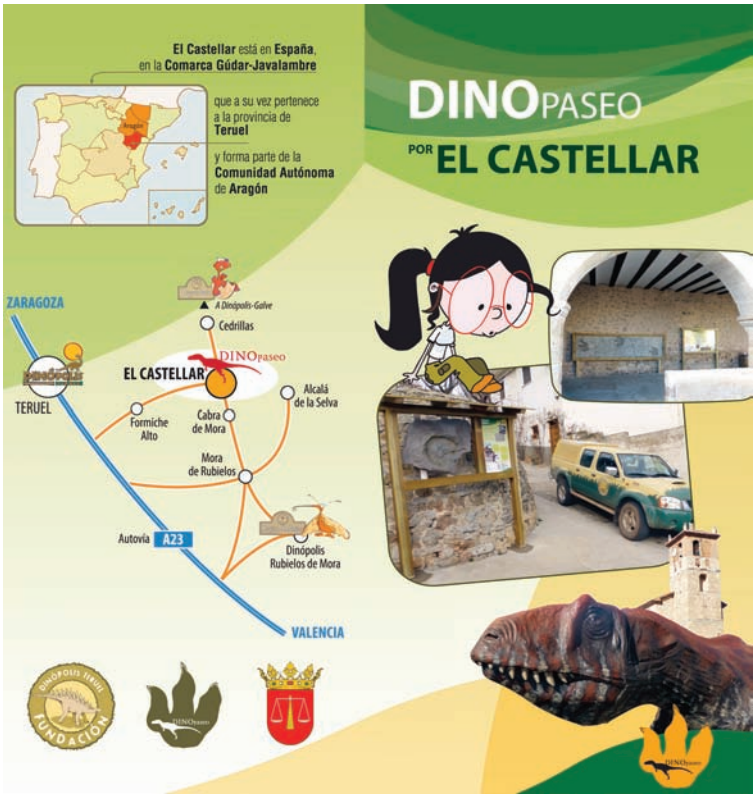


Figura 1. Una sección del tríptico informativo del DINOpaseo por El Castellar.

museográficos consisten principalmente en réplicas realizadas en resina de poliéster de alta calidad de las huellas u otros fósiles que se han descubierto. Todos ellos se exponen en estructuras realizadas a medida en diversos lugares estratégicos del pueblo (comenzando el recorrido desde la Plaza Mayor, junto al ayuntamiento, y finalizando ante una perspectiva imponente de los afloramientos del Cretácico Inferior que rodean al Portillo Ramiro). Las paradas, integradas en la arquitectura local típica de los pueblos de la Sierra de Gúdar, constan de las explicaciones didácticas correspondientes. Asimismo, se exponen otros elementos de interés paleontológico, tales como una reconstrucción de un dinosaurio terópodo de unos siete metros de longitud, un inmenso mural de unos 150 metros cuadrados que recrea un paisaje con dinosaurios jurásicos, una escultura metálica de tres metros de altura representando una huella de *Iberosauripus* (a modo de logotipo) y la información y señalética relacionada con dicha temática. Además, se incluye un tríptico (Fig. 1) con la información básica sobre el *DINOpaseo*, la situación de las paradas y una actividad educativa que pueden desarrollar los visitantes de forma libre.

Los objetivos específicos de esta actuación son, por un lado, mostrar a la sociedad el propio entorno en el que se han desarrollado las investigaciones paleontológicas y, por otro, fomentar que los visitantes deseen recorrer el núcleo poblacional para que los emprendedores locales y comarcales aprovechen las sinergias económicas derivadas de las visitas. El objetivo general, como en todas las acciones promovidas por el Conjunto Paleontológico de Teruel, es la difusión del conocimiento paleontológico y la identificación de Teruel como un lugar apropiado para disfrutar de la Paleontología.

CONCLUSIONES

La provincia de Teruel es uno de los lugares más representativos en el mundo respecto al desarrollo de iniciativas museográficas relacionadas con la investigación y difusión del patrimonio paleontológico. Las instalaciones de Dinópolis son las más conocidas de todas, aunque existen otras de menor envergadura que completan una oferta muy amplia para los interesados en la historia de la vida en la Tierra. Una de las últimas acciones desarrolladas en este sentido se ha llevado a cabo en un pueblo de la comarca de Gúdar-Javalambre llamado El Castellar. Esta iniciativa, denominada DINOpaseo por El Castellar, consiste en una ruta temática dinosauriológica y peculiar por las calles y el entorno más próximo al núcleo urbano, en la que se demuestra una perfecta simbiosis entre las investigaciones paleontológicas desarrolladas en el municipio desde el año 2002 y su utilización como factor de desarrollo territorial. En definitiva, se trata de un modelo de actuación para aquellas iniciativas que pretendan promover la cultura científica en una población integrada en el medio rural.

AGRADECIMIENTOS

Investigación enmarcada en el proyecto CGL2013-41295-P (Ministerio de Economía y Competitividad, Gobierno de España), Grupo de Investigación E-62 FOCONTUR (Departamento de Innovación, Investigación y Universidad, Gobierno de Aragón y Fondo Social Europeo), Departamento de Educación, Cultura y Deporte (Gobierno de Aragón), Instituto Aragonés de Fomento e Instituto de Estudios Turolenses. Agradecemos al Ayuntamiento de El Castellar su interés en la utilización de la Paleontología como factor de desarrollo territorial.

REFERENCIAS

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

Alcalá, L. 2012. *Dinópolis y la Paleontología turolense*. Instituto de Estudios Turolenses, Teruel, 60 pp.

Alcalá. L. y Cobos, A. 2011. The Dinosaur Track Road in Teruel (Spain). *Abstracts Dinosaur Track Symposium 2011,* Obernkirchen (Germany), 1.

Alcalá, L., Cobos, A. y Royo-Torres, R. 2003. Icnitas de dinosaurio en El Castellar (Teruel). *Libro de Resúmenes de las XIX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, Morella (Castellón), 28-29.

Alcalá, L., Mampel, L., Royo-Torres, R. y Cobos, A. 2014. On small quadrupedal ornithopod tracks in Jurassic-Cretaceous transition intertidal deposits (El Castellar, Teruel, Spain). *Spanish Journal of Palaeontology*, 24 (2), 183-190.

Alcalá, L., Pérez-Lorente, F., Luque, L., Cobos, A., Royo-Torres, R. y Mampel, L. 2014. Preservation of dinosaur footprints in shallow intertidal deposits of the Jurassic-Cretaceous transition in the Iberian Range (Teruel, Spain). *Ichnos*, 21, 19-31.

Cobos, A. 2011. *Los dinosaurios de Teruel como recurso para el desarrollo territorial*. Tesis doctoral no publicada, Universidad del País Vasco (UPV/EHU).

Cobos, A. y Alcalá, L. 2011. La vuelta al mundo de los dinosaurios en diez etapas. In E. Fernández-Martínez y R. Castaño de Luis, R. (Eds.), *Avances y retos en la conservación del Patrimonio Geológico en España. Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España).* Universidad de León, 74-79.

Cobos, A. y Gascó, F. 2012. Presencia del icnogénero *Iguanodontipus* en el Cretácico Inferior de la provincia de Teruel (España). *Geogaceta*, 52, 185-188.

Cobos, A., Royo-Torres, R. y Alcalá, L. 2013a. Restos postcraneales de ornitópodo en el Cretácico Inferior de El Castellar (Subcuenca de Peñagolosa, Teruel). *Geogaceta*, 52, 181-184.

Cobos, A., Gascó, F., Royo-Torres, R. y Alcalá, L. 2013b. "Dinoichnofacies" barremienses de Teruel (España). *Libro de Resúmenes de las XIX Jornadas de Paleontología*, Córdoba, 65-66.

Cobos, A., Royo-Torres, R., Torrente, M.A. y Alcalá, L. 2015. Nuevos fósiles de dinosaurios en la Formación Villar del Arzobispo de El Castellar y Formiche Alto (Teruel). *Geogaceta,* 58, 43-46.

Cobos, A., Royo-Torres, R., Luque, L., Alcala, L. y Mampel, L. 2010. An Iberian stegosaurs paradise: The Villar del Arzobispo Formation (Tithonian-Berriasian) in Teruel (Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 293 (1-2), 223-236.

Cobos, A., Lockley, M.G., Gascó, F., Royo-Torres, R. y Alcalá, L. 2014. Megatheropods as apex predators in the typically Jurassic ecosystems of the Villar del Arzobispo Formation (Iberian Range, Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 399, 31-41.

Royo-Torres, R., Alcalá, L. y Cobos.A. 2010. A new specimen of the Cretaceous sauropod *Tastavinsaurus sanzi* from El Castellar (Teruel, Spain), and a phylogenetic analysis of the Laurasiformes. *Cretaceous Research*, 34, 61-83.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

CARACTERIZACIÓN DEL PATRIMONIO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO DEL ATOLÓN MESSINIENSE DE SANTA POLA (SE ESPAÑA)

H. Corbí[1], I. Fierro[1, 2], F. Asensio-Montesinos[3] y A. Abellán[4]

[1] Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante, Apdo. Correos 99, San Vicente del Raspeig, 03080 Alicante, España. hugo.corbi@ua.es
[2] GeaLand Patrimonio S.L. C/ Tibi 3, 03011 Alicante, España. fierro@gealandpatrimonio.com
[3] Grado en Ciencias del Mar, Universidad de Alicante. asensiomontesinos@hotmail.com
[4] Scott Polar ResearchInstitute, GeographyDepartment, University of Cambridge, UK

RESUMEN

El arrecife de coral tipo atolón y de edad Messiniense de Santa Pola, ubicado en el borde norte de la cuenca neógena del Bajo Segura, es uno de los lugares de interés geocientífico más relevantes de Provincia de Alicante. En este trabajo se presentala caracterización de su patrimonio geológico y paleontológico, exponiendo, en primer lugar,su valoración patrimonial cuantitativa, a través de dos metodologías distintas, la del Instituto Geológico y Minero de España y la del Museo de Paleontología de Elche. El análisis del modelo digital del terreno junto a datos observacionales de campopermitió establecer el afloramiento más representativo y mejor conservado del complejo arrecifal. De este enclave, se realizó un modelo tridimensional de alta resolución con alto potencial didáctico y científico mediante la técnica fotogramétrica "*Structure From Motion*". Finalmente, se presenta una selección de puntos y lugares observacionales panorámicos enmarcados dentro delinventario de lugares de interés geológico y paleontológico, punto de partida inicial para la propuesta de itinerarios de uso didáctico y turístico/recreacional.

Palabras clave: Patrimonio paleontológico, Messiniense, Mediterráneo, Lugar de Interés Geológico, atolón.

ABSTRACT

The Messinian coral reef (atoll type)of Santa Pola, placed in the northern sector of the Bajo Seguraneogene basin, is one of the most important places of geoscientist interest from Alicante Province. In this work, the characterization of its geological and paleontological heritage is presented. Firstly, the quantitative patrimonial evaluation is proposed through two different methodologies from the "Instituto Geológico y Minero de España" and "Museo de Paleontología de Elche". The analyisis of the Digital Elevation Model together with field observation data has allowed to determine the most representative and best preserved "Reef Complex" outcrop. In this site, a three-dimensional model of high resolution with high educational and scientific potential, by the photogrammetric technique "Structure From Motion" was performed. Finally, a selection of points and observational panoramic places marked in the inventory of geological and paleontological sites, the initial starting point for proposed itineraries of educational and tourist/recreational use, is presented.

Key words: Paleontological heritage, Geological heritage, Messinian, Geosite, atolon.

INTRODUCCIÓN

El atolón Messiniense de Santa Pola, ubicado al sur de la ciudad de Alicante, es uno de los enclaves sedimentológicos y paleontológicos más relevantes del registro neógeno del sureste de España (p.ej. Calvet *et al*., 1996; Feldmann y McKenzie, 1997; Esteban, 1979; Esteban *et al*., 1996). Recientemente, se han publicado artículos de divulgación, destinados al gran público (Corbí y Yébenes, 2012, 2010), que permitieron plantear el itinerario de campo de la edición 2013 del Geolodía de Alicante en este enclave geológico (Aberasturi *et al*., 2013). Tomando este punto de partida inicial, este trabajo aborda por primera vez en profundidad el estudio del patrimonio geológico y paleontológico representado en este arrecife fósil, punto de partida inicial para inicial para establecer las herramientas técnicas necesarias para la protección de este enclave de interés múltiple.

Este arrecife Messiniense, ubicado en el sector norte de la cuenca del Bajo Segura, constituye una plataforma calcárea de 5 km de diámetro, aislada y elevada con respecto a su entorno, lo cual proporciona excelentes afloramientos que permiten reconocer la geometría tridimensional de las distintas partes del propio arrecife (Fig. 1). En el denominado "Complejo Arrecifal" se pueden distinguir tres ambientes sedimentarios fundamentales: frente arrecifal, talud y lagoon. El "frente arrecifal" posee forma de cantil semicircular y se pueden reconocer: a) Zonación morfológica en platos, bastones y masivos de las asociaciones de *Porites*; b) desarrollo de barrancos repetidos con cierta periodicidad y formados en los antiguos "canales" del sistema arrecifal; y c) "contrafuertes", estructura que podría asociarse a los "spur and groove" (SAG) típicos de los arrecifes de coral actuales. Por su parte en el "talud arrecifal"presenta depósitos gravitacionales y abanicos de calcarenitas con abundantes *halimedas* (lenguas de *halimeda*). Finalmente, los depósitos de "lagoon"están constituidos por parches arrecifales y calcarenitas con *halimedas* y bivalvos. Además,en el entorno del arrecifese pueden diferenciar las siguientes unidades estratigráficas: 1) calcarenitas amarillas de Tabarca (Tortoniense superior); 2) Complejo Carbonatado Terminal con grandes estructuras estromatolíticas (Messiniense superior); b) Calcarenitas muy fosilíferas (Plioceno); 3) Formación Sucina (arcillas rojas y calizas continentales del Plioceno-Pleistoceno); y 4) Terrazas marinas (Pleistoceno).

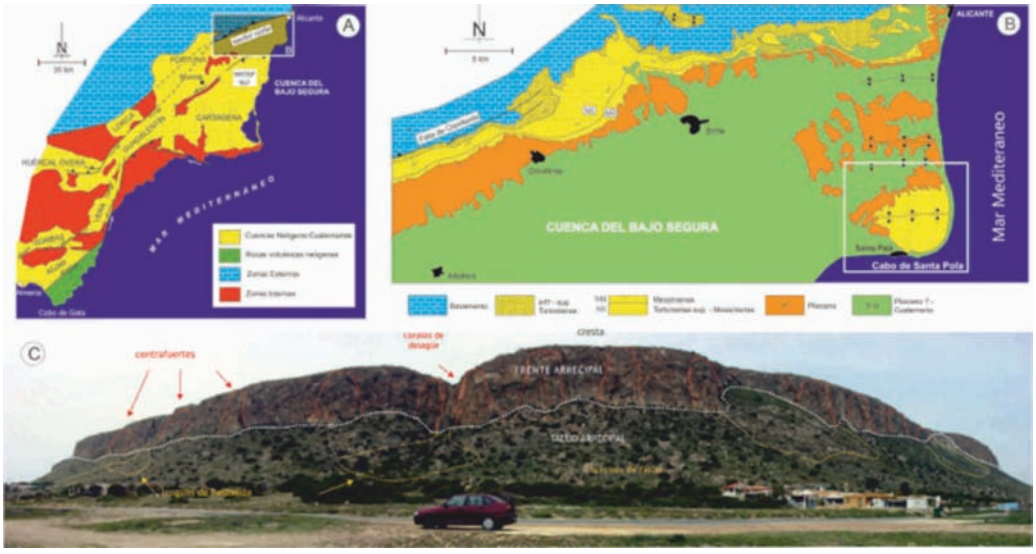


Figura 1. A-B: Contexto geológico del atolón de Santa Pola. C: Vista panorámica en la que se pueden diferenciar: pared arrecifal, contrafuertes, canales, talud y abanicos de "*halimeda*".

METODOLOGÍA

Para la valoración patrimonial se han considerado dos metodologías distintas y complementarias: a) Instituto Geológico y Minero, para el inventario Español de Lugares de Interés Geológico (García-Cortés *et al*., 2014); y b) "Fósiles y Patrimonio de Alicante" del Museo Paleontológico de Elche (Sánchez Férris, 2016). El inventario de lugares de interés geológico y paleontológico y puntos panorámicos observacionales representativos fue realizado atendiendo tanto a los afloramientos descritos en la extensa bibliografía científica (p. ej. Calvet *et al*., 1996; Feldmann y McKenzie, 1997, Esteban, 1979; Esteban *et al*., 1996; Corbí y Yébenes, 2012, 2010), como a observaciones propias sobre el terreno.

En la determinación del afloramiento del "Complejo Arrecifal"menos afectado por los procesos erosivos y la presión urbanística, así como más representativo de todos los ambientes sedimentarios y, por tanto, con mayor potencialidad de uso didáctico y divulgativo, se consideraron los siguientes elementos: a) modelo digital del terreno visualizado a través de QSIG y el MDT (1 metro, LIDAR 2009) de la Generalitat Valenciana; b) análisis de la red hidrográfica actual mediante sofware tipo Grass (herramientas .r.fill.dir y r.wasterhed); y c) datos observacionales de campo tomados sobre el terreno. En en punto observacional panorámico representativo, expresado en la figura 2, se elaboró un modelo digital tridimensional de alta resolución mediante la técnica fotogramétrica "StructureFromMotion (SFM)" y con tratamiento de datos con el programa AgisoftPhotoscan Professional. Esta técnica permite obtener de forma rápida, a partir de secuencias de fotografías, la ubicación 3D de los puntos del terreno, así como la restitución de la deformación de la cámara, permitiendo la implementación de un modelo tridimensional de alta resolución (Westboy *et al*., 2012). La adquisición de fotografías de alta resolución se realizó mediante cámara integrada en un vehículo aéreo no tripulado (DronePhantom DJI 3 Advanced).

RESULTADOS

Valoración patrimonial

La tabla 1 muestra la valoración numérica considerada para cada uno de los apartados contemplados en las dos metodologías de valoración de patrimonio implementadas. Esta valoración geocientífica, debidamente argumentada punto a punto en el documento de trabajo generado previamente a esta valoración, pone de manifiesto los siguientes aspectos patrimoniales esenciales: 1) "Alta representatividad del afloramiento"ya que ilustra excepcionalmente los contextos geológicos considerados por el IGME como:a) "episodios evaporíticos Messinienses"ilustrando paleoambientalmente la fase pre-evaporítica y el Complejo Carbonatado del Messiniense terminal (Esteban, 1979; Soria *et al*,. 2008); y b) "estructuras y formaciones geológicas singulares de las cuencas cenozoicas continentales y marinas" ya que sus dimensiones, estado de conservación, tipo de arrecife y registro estratigráfico asociado supone uno de los mejores ejemplos conocidos para representar lo atolones coralinos (Esteban, 1979, Esteban *et al*., 1996); 2) Aunque no es localidad tipo de ningún fósil, sí que en dicha sierra, está definido el Complejo Carbonatado Terminal, unidad estratigráfica de carácter regional del Messiniense superior (Esteban, 1979); 3) "Amplio grado de conocimiento científico" puesto de manifiesto por la realización de 1 tesis doctoral, 4 tesinas o trabajos fin de carrera, 11 artículos en revistas de alto impacto y 10 publicaciones de divulgación del patrimonio geológico (referencias en Corbí y Yébenes, 2012); 4) "Buen estado de conservación" ya que no se detectan deterioros significativos (15% del afloramiento incluido en zonas urbanizadas); 5) "Excelentes condiciones de observación" siendoposible la observación a distintas escalas tanto a nivel de panorámica y afloramiento (ambientes sedimentarios del atolón) como a escala de puntos concretos de observación (facies de corales y halimeda); 6) "Rareza" o "abundancia de afloramientos similares" significativa, al constituir un sistema arrecifal Messiniense de tipo atolón único en la Comunidad Valenciana y uno los más representativos del Mediterráneo Occidental (Corbí y Yébenes, 2012; Esteban *et al*, 1996;); 7) "Excepcional diversidad geológica y paleontológica" ya que en el entorno se encuentran representados otras unidades de relevancia estratigráfica y paleontológica (calcarenitas del Tortoniense, estromatolitos en forma de cúpula del Messiniense superior, terrazas marinas o playas fósiles del Pleistoceno, conteniendo muchas de estas unidades fósiles de especial significado paleoambiental). Además, el entorno posee elementos geomorfológicos y paisajísticos de interés excepcional (sistema

dunar de El Carabassi y humedales de interés ambiental); 8) "Potencial científico y didáctico elevado", ya que el afloramiento tiene un grado alto para ilustrar procesos, estando la historia sedimentaria del arrecife ligada a la evolución de la crisis de sanidad del Messiniense. Además se conserva de forma excepcional la zonación geomórfica original del propio atolón. El potencial didáctico se pone especialmente de manifiesto por el elevado número de publicaciones didácticas y divulgativas realizado en este entorno (p.ej. Aberasturi *et al*., 2013; Corbí y Yébenes, 2010, 2012).

La cuantificación de estos elementos patrimoniales, junto a otros de menor significancia, ha permitido establecer a través de las metodologías contempladas un valor patrimonial de 8, lo cual indica que estamos ante un lugar de interés geológico y paleontológico de alta relevancia científica y patrimonial (tabla 1). Aunque los dos modelos de valoración (IGME y MUPE) concluyen con la misma cuantificación, cada una de las metodologías implementadas aporta distinta información que ha sido recientemente analizada en Corbí y Fierro (2016).

Por su parte, la tabla 2 incluye los puntos observacionales dónde es posible contemplar panorámicas representativas de los distintos ambientes sedimentarios del atolón, así como los lugares de interés geológico y paleontológico más significativos (afloramientos relevantes). Se incluye una breve descripción geológica y/o paleontológica, el tipo de interés geológico/paleontológico de cada punto, así potencialidad de uso científico, didáctico o turístico.

Modelo IELIG (IGME)			**Modelo FOPALI (MUPE)**		
Parámetro/peso	**Puntos**	**Valor parcial**	**Parámetro**	**Puntos**	**Valor medio (0-4)**
Representatividad (30%)	4	120	Abundancia de afloramientos similares	2	3,2
Carácter localidad tipo (10%)	1	10	Localidad tipo	2	
Grado de conocimiento científico (15%)	4	60	Paleodiversidad/Geodiversidad	4	
Estado de conservación (10%)	2	20	Paleodisparidad	4	
Condiciones de observación (10%)	4	40	Conservación inmueble	3	
Rareza (15%)	2	30	Interés tafonómico/genético	4	
Diversidad Geológica (10%)	4	40	Interés Geológico	3	
Total	21	320	Utilidad como modelo de procesos	3	
Valor científico (0-10)	**8**		Potencial científico	4	
			Total	32	
			Valor científico (0-10)	**8**	

Tabla 1. Valoración geocientífica del arrecife Messiniense de Santa Pola según las metodologías del IGME y del Museo Paleontológico de Elche.

Nombre	**Localización**	**Descripción**	**Interés**	**Categoría**	**Uso**
Panorámica Complejo Arrecifal (N)	Barranco de la Hermita	Observación gemórfica de la cresta, canales (barrancos incisos) y contrafuertes.	S, G.	P	D
Panorámica Complejo Arrecifal (S)*	Sector sur CIMAR	Observación gemórfica de la cresta, canales, contrafuertes, talud y abanicos de halimeda	S, G E.	P	C, D
Panorámica desde la cresta arrecifal	Pasarela/mirador del faro	Observación a gran escala de todo el cantil semicircular, frente arrecifal.	G	P	D, T
Estromatolitos en forma de cúpula	Barranco Pao Mañano	Estromatolitos del Messiniense superior (Complejo Carbonatado Terminal)	S, G, E	L	D, C
Bloques en el talud	Sector sur CIMAR	Reconocimiento de asociaciones de Porites y halimedas	P	L	D, T
Terraza marina fósil	Entorno del CIMAR.	Terraza marina fósil del Pleistoceno (a +30 metros) con abundantes fósiles de Glycimeris	S, P	L	D
Duna fósil	Barranco de l'Escolgador de Crist	Eollianitas del Pleistoceno con estratificación cruzada	S	L	D
Calcarenitas con rodolitos	Entorno del CIMAR	Calcarenitas con rodoficeas (rodolitos) del Tortoniense superior (Calcarenitas de Tabarca).	P, E	L	D

Tabla 2. Catalogo de lugares de interés geológico/paleontológico y puntos observacionales panorámicos. Interés: Estratigráfico (E), Sedimentológico (S), Paleontológico (P), Geomorfológico (G). Categoría: PA: Panorámica observacional; L: Punto o afloramiento concreto. Uso potencial: Científico (C), Didáctico (D) y Turístico (T). CIMAR: Centro de Investigación Marina de Santa Pola. *: Modelo 3D de alta resolución (figura 2).

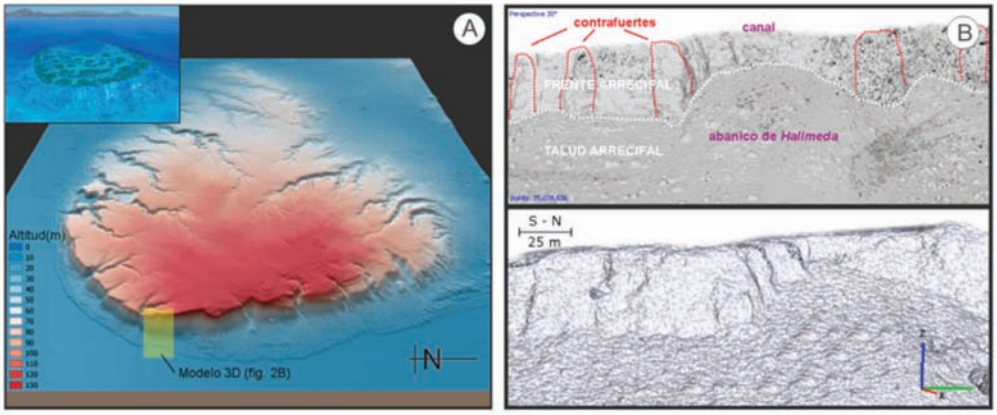


Figura 2. A: Modelo digital de elevación del terreno de la Sierra de Santa Pola realizado con el software QSIG (se incluye el punto de observación panorámico representativo del Complejo Arrecifal donde se ha elaborado el modelo 3D de alta resolución). Arriba a la izquierda recrea artística del atolón Messiniense de Santa Pola (modificado de Corbí y Yébenes, 2012). B: Modelo tridimensional de alta resolución (donde se incluyen las principales facies del arrecife) del punto observacional panorámico realizado con la técnica fotogramétrica "StructureFromMotion". Visualización del modelo 3D en forma de "nube de puntos densa" de tipo "dense cloudclasses" (arriba) y en forma de malla de tipo "shadded" (abajo).

Modelo tridimensional de distribución de facies

La figura 2 muestra, por una parte el modelo digital del terreno, junto con la recreación artística del atolón Messiniense de Santa Pola. Como se puede observar el afloramiento representativo elegido, ubicado al sur del Centro de Investigación Marina de Santa Pola, se encuentra menos afectado por la red hídrica actual, sometido a menos presión urbanística y, por tanto, idóneo para considerarlo representativo de todo el Complejo Arrecifal. En este área se ha elaborado un modelo tridimensional de alta resolución mediante la técnica fotogramétrica "StructurefromMotion" en el que, por lo tanto, es posible reconocer de forma excepcional los distintos ambientes sedimentarios representados en el propio arrecife: frente arrecifal, canal, contrafuertes, abanico de *halimedas* y talud.

CONSIDERACIONES FINALES

En esta comunicación se presentan los primeros resultados del análisis del patrimonio geológico y paleontológico del arrecife Messiniense de Santa Pola, cuya valoración patrimonial y el inventario de lugares de interés geológico y paleontológico propuesto suponen la herramienta técnica necesaria para promover su futura protección y gestión adecuada abordando las posibilidades de uso turístico y recreativo a través de itinerarios geológicos y paleontológicos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto GRE14-05 y el grupo de investigación "Cambios Paleoambientales" de la Universidad de Alicante.

REFERENCIAS

Aberasturi, A., Alfaro, P., Corbí, H. Yébenes, Soria, J.M. *et al.* 2013. *Geolodía de Alicante: Arrecife Messiniense de Santa Pola*. Universidad de Alicante, 24 pp.

Corbí, H. y Fierro, N. 2016. El patrimonio geocientífico del arrecife Messiniense de Santa Pola (sureste de España: comparación entre dos modelos de valoración patrimonial. *Geotemas* (en prensa).

Corbí, H. y Yébenes, A. 2012.El arrecife de coral Messiniense de Santa Pola, un lugar geológico de interés excepcional. En: *Santa Pola, arqueología y museo: Museos municipales en el MARQ*, Fundación MARQ, 96-101.

Corbí, H. y Yébenes, A. 2010. El Arrecife fósil de Santa Pola. En: *Senderos Geológicos: Guía de Lugares de Interés Geológico de la Provincia de Alicante*, Diputación de Alicante.

Esteban, M., Braga, J. C., Martín, J. M. Y Santisteban, C. 1996. Western Mediterranean reef complexes. En: Franseen, E.K., Esteban, M., Ward, W.C. y Rouchy, J.M. (eds.), *Models Carbonate Stratigraphy from Miocene Reef Complexes of Mediterranean Regions.* Conc. Sediment. Paleont. Series, S.E.P.M., Tulsa, OK, USA, 5, 55-72.

Esteban, M. (1979): Significance of theUpperMiocene coral reefs of the western Mediterranean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 29, 169-188.

Feldmann y Mackenzie, J.A. 1997. Messinian stromatolite-thrombolite associations, Santa Pola, SE Spain: an analogue for the Palaeozoic? *Sedimentology*, 44, 893-914.

García-Cortés, A., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E. y Vegas, J. 2014. *Documento metodológico para la elaboración del inventario español de Lugares de Interés Geológico (IELIG).* Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 64 pp.

Sánchez Ferris, E. J., Fierro, I., Caracuel, J. y Marín Ferrer, J. M. 2008. El modelo de valoración patrimonial del Proyecto FOPALI (Fósiles y Patrimonio de Alicante). *XXIV Jornadas de Paleontología*, Caravaca, 196.

Soria, J. M., Caracuel, J. E., Corbí, H., Dinarès-Turell, J., Lancis, C., Tent-Manclús, J. E. y Yébenes, A. 2008. The Bajo Segura Basin (SE Spain): implications for the Messinian salinity crisis in the Mediterranean margins. *Stratigraphy*, 5(3-4), 257-263.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

DEL CAMPO A LA VITRINA: ANÁLISIS DE LAS CASUÍSTICAS ENTRE INDIVIDUOS-FINALIDAD-UBICACIÓN EN RELACIÓN CON EL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO MUEBLE

G. Delvene[1], R. Jiménez[1], J. Vegas[2], I. Rábano[1] y S. Menéndez[1]

[1] Museo Geominero. Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23. 28003 Madrid.
g.delvene@igme.es, r.jimenez@igme.es, i.rabano@igme.es, s.menendez@igme.es
[2] Área de Patrimonio Geológico y Minero. Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23.
28003, Madrid. j.vegas@igme.es

RESUMEN

El presente trabajo está enmarcado en la Acción 2.8.3 titulada: "Promover mecanismos para regular la recolección y controlar el comercio de elementos muebles del patrimonio geológico", encomendada al Instituto Geológico y Minero de España (IGME), por el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, dentro del Plan Estratégico de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad 2011-2017. Se analiza la problemática que existe en torno al patrimonio paleontológico mueble. Desde su definición aceptada por la comunidad científica, el marco legislativo nacional y autonómico, así como las particularidades que conlleva el paso del registro fósil desde su contexto geológico natural hasta su almacenamiento provisional o permanente. Se propone un código ético de regularización para la recolección de fósiles. Las recomendaciones van encaminadas a un cumplimiento de la legislación vigente por parte de toda de la sociedad, una mayor concienciación social sobre la importancia de educar para promover la conservación y disfrute del patrimonio paleontológico mueble que pertenece a todos.

Palabras clave: Patrimonio paleontológico mueble, regulación, tenencia, comercio.

ABSTRACT

This work is framed in the Action 2.8.3 titled "Promoting mechanisms to regulate the collection and control trade in moveable elements of geological heritage", entrusted to the Geological and Mining Institute of Spain (IGME), by the Ministry of Agriculture, Food and Environment, within the Strategic Plan for Natural Heritage and Biodiversity 2011-2017. The problems around the paleontological moveable heritage are analysed: its definition, accepted by the scientific community, national and regional legislative framework, and the particularities involved over fossil record from its natural geological context to its temporary or permanent storage. An ethical code for regulating fossil collection is proposed. The recommendations are designed to comply with the law by the whole of society, greater social awareness of the importance of education to preserve and enjoy the palaeontological moveable heritage that belongs to everybody.

Key words: Moveable palaeontological heritage, possession, regulation, trade.

INTRODUCCIÓN: EL PATRIMONIO GEOLÓGICO MUEBLE

El patrimonio geológico mueble posee unas singularidades que hacen del mismo un caso especial dentro del patrimonio geológico en lo referente a su conservación, utilización y su protección legal (Díaz-Martínez *et al*., 2012). Los especialistas somos conscientes de que el coleccionismo irracional y la recolección, la obra pública y la minería y, sobre todo el comercio ilícito y descontrolado, junto con el vandalismo, son los principales problemas de los elementos geológicos que pueden llegar a constituir patrimonio geológico mueble (minerales, rocas, fósiles y meteoritos caídos en suelo español). Ello es fruto, por una parte, de un vacío legal que permite estas prácticas y la falta de sanciones, pero tampoco podemos olvidar el profundo desconocimiento por parte de la sociedad del valor del patrimonio geológico en general y del patrimonio geológico mueble, en particular. Sin embargo, una ordenada actividad de recolección podría tener cabida en el ámbito de la Geología, en especial en aquellos lugares que ofrecen ejemplares abundantes, *ex situ* y siempre y cuando su interés científico fuera valorado por especialistas. La dificultad de la regulación de estas prácticas estriba en encontrar un justo término medio, que sin poner en peligro el patrimonio geológico, permita una actividad tradicional y formativa que puede impulsar tanto vocaciones como sentimientos geoconservacionistas. La actual Ley 33/2015, por la que se modifica la Ley 42/2007, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad en su artículo 3, define el patrimonio geológico, que es parte integrante del patrimonio natural, como el "conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar: 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", no incluyendo en su definición la de patrimonio geológico mueble. A este efecto, podemos asumir la definición de Díaz-Martínez *et al*. (2012) como, "elementos geológicos no renovables extraídos de su contexto y con un valor (científico, didáctico, estético) que los convierte en un bien patrimonial colectivo que debe ser conservado para beneficio de toda la sociedad". En el año 2011, se aprobó el Real Decreto 1274/2011, del Plan estratégico de Patrimonio Natural y de la Biodiversidad 2011-2017, en aplicación de la citada Ley 42/2007. En este Plan Estratégico el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural, ahora de Agricultura, Alimentación y Medioambiente, encomienda al IGME varias de sus acciones, entre ellas la "2.8.3: Promover mecanismos para regular la recolección y controlar el comercio de elementos muebles del patrimonio geológico". De acuerdo con esta encomienda, un equipo de trabajo del IGME ha desarrollado un primer informe, del cual la parte relacionada con el patrimonio paleontológico mueble es la que se presenta en este trabajo.

PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO MUEBLE

Análisis del problema y de la situación actual en España

La recolección, tenencia y comercio de material paleontológico que se extrae de su contexto geológico original son temas que suscitan un gran debate entre científicos, aficionados, profesionales, comerciantes y estudiantes. Las posturas son muchas veces claramente opuestas entre los diversos colectivos e, incluso, entre los miembros de un mismo colectivo, desde su prohibición más absoluta hasta la permisividad total en la recolección, posesión y venta de ejemplares, pasando por todo un abanico de posibilidades intermedias. En este trabajo sólo se contemplan los términos comercio, coleccionismo y tenencia referidos al patrimonio paleontológico mueble, es decir, aquellos fósiles que al ser extraídos de su medio natural pasan a ser bienes de tipo mueble, debido a su valor científico, didáctico y/o estético (Figura 1). Esta situación tan dispar se debe, fundamentalmente, a la falta de legislación y normativa específica en España sobre estos temas, pero sobre todo porque la legislación nacional con competencias sobre patrimonio histórico (Ley 16/1985) incluye a los fósiles como un caso especial, a pesar de ser elementos naturales con valor y no están originados por los seres humanos (Díaz-Martínez *et al*., 2013) y que también se recogen en la Ley 42/2007 y 33/2015 de Patrimonio Natural y la Biodiversidad. Además de esta legislación de ámbito nacional, existen otras leyes y/o decretos autonómicos recogidos en la Tabla 1, que son las que en último caso, tienen competencias territoriales y son de obligado cumplimiento en relación al patrimonio paleontológico.

ANÁLISIS DE LAS CASUÍSTICAS ENTRE LOS SUJETOS, SUS OBJETIVOS Y LA UBICACIÓN DEL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO MUEBLE

El grupo de trabajo del IGME realizó un análisis DAFO diferenciando entre recolección, tenencia y comercio de los elementos pétreos, minerales, meteoritos y fósiles, teniendo en cuenta que no todos ellos son patrimonio geológico per sé. El mayor problema que se detectó con este análisis ocurre durante el paso de un elemento geológico (roca, mineral, fósil, meteorito) desde su yacimiento natural, dentro del registro geológico, hasta que llega a formar parte de colecciones en museos o entidades privadas o se comercia con los elementos de este patrimonio. En el caso del patrimonio paleontológico mueble el mayor riesgo que existe es la pérdida de información tafonómica y el expolio completo de los yacimientos. El análisis DAFO ha permitido evaluar quienes son los sujetos que recolectan/tienen/comercian con fósiles, con qué fines lo hacen y dónde se deposita ese material recolectado (Figura 1).

Personal científico

El objetivo principal de los investigadores es la recolección de muestras paleontológicas para estudios científicos. Las comunidades autónomas (CCAA) que exigen a los investigadores los permisos necesarios para realizar los muestreos en el campo, solicitan un proyecto de trabajo científico riguroso. La recolección sigue estrictamente la metodología científica y queda implícita, ya sea por parte del equipo investigador, o de los estudiantes que serán supervisados. Los elementos recolectados deben de ser tratados con respeto desde su recogida en el campo hasta su depósito final. La limpieza, siglado y consignación de la información geológica y tafonómica son aspectos fundamentales para su correcta conservación, presente y futura, tanto si la recolección tiene fines científicos y/o educativos. Una investigación rigurosa aporta un mayor valor a una colección, que con el tiempo puede variar el fin para el cual fue recolectada, de científico a educativo o viceversa. Las colecciones con

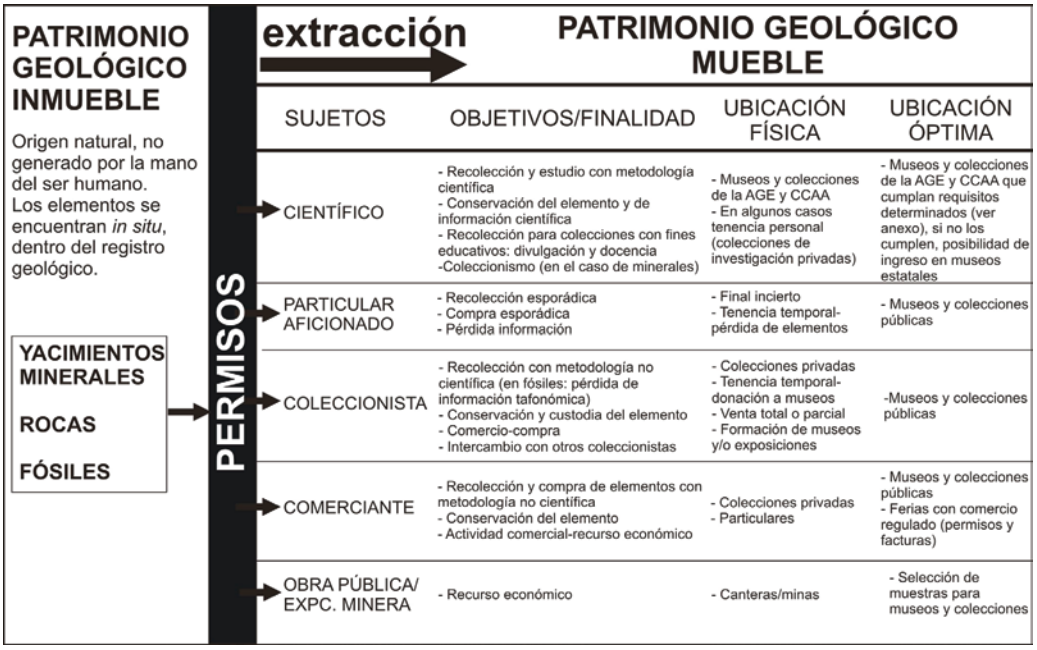


Figura 1. Esquema resultante del análisis DAFO que ha permitido evaluar quienes son los sujetos que recolectan/tienen/comercian con fósiles, con qué fines lo hacen y dónde se deposita ese material recolectado.

fines educativos, pueden estar destinadas a divulgación científica y/o docencia en todos los niveles educativos. Aunque el coleccionismo de fósiles no es frecuente entre los científicos, también se da el caso, y emplean la metodología científica para su recolección.

Las CCAA, una vez concedidos los permisos para muestreos paleontológicos, deben especificar con total claridad el centro de depósito del material paleontológico una vez finalizado su estudio. Los museos o centros que albergan las colecciones deben pertenecer a la Administración General del Estado (AGE) o a las CCAA, aunque también hay museos de entidad local que albergan elementos paleontológicos. Sin embargo, muchos investigadores gestionan sus colecciones de investigación y es muy frecuente que las custodien durante años o durante toda su vida. Este hecho conlleva el riesgo de que cuando el científico abandona el mundo de la investigación, sus colecciones pueden perderse total o parcialmente, o que la información anexa se desvincule de los fósiles. En este caso, las recomendaciones van enfocadas a disminuir este hecho en la mayor medida posible. Para ello, los requisitos mínimos que deberían de cumplir los centros de depósito del patrimonio paleontológico mueble son: 1) El material paleontológico debe de ser gestionado por personal cualificado y acorde a las mínimas exigencias de los protocolos que establecen las entidades y organismos líderes. 2) Debe de ser identificado con las siglas del centro receptor, de acuerdo con la exigencia de la mayoría de las revistas de impacto internacional para que este material pueda ser publicado. 3) Debe de estar expuesto y custodiado en condiciones de humedad relativa y temperatura ambiente adecuadas y constantes según la composición química de los ejemplares para que éstos no sufran daños y garantizar la conservación a largo plazo. 4) El museo debe de hacerse cargo del material complementario directamente relacionado con el material fósil depositado (láminas delgadas, publicaciones, columnas estratigráficas de referencia, entre otros). 5) El museo debe de ser accesible a la consulta y/o estudio de futuros investigadores, tanto desde una apertura estable, como de ubicación fácilmente accesible.

En el caso de que el centro referido por la administración en la concesión del permiso de prospección/excavación paleontológica no cumpla o haya dejado de cumplir dichos requisitos, o la comunidad autónoma no posea un centro de recepción para el patrimonio paleontológico mueble, el investigador podría hacer los trámites oportunos para solicitar que la colección de investigación sea alojada en otro centro de mayor rango territorial. Así los rangos o categorías de los museos o centros receptores recomendados para el depósito definitivo, de menor a mayor, serían: local, comarcal, provincial, regional y estatal.

Particular aficionado

Este grupo es el de menor impacto de todos ellos, porque normalmente realizan recolecciones o compras esporádicas y suelen ser fósiles sin valor patrimonial. Sin embargo, casi siempre se pierde la información tafonómica e incluso los propios ejemplares. La recomendación principal son las campañas de sensibilización desde los centros educativos, museos y asociaciones geológicas y paleontológicas para evitar este tipo de prácticas.

Coleccionistas

El objetivo de un coleccionista es formar una colección propia, para uso privado, y recoger material paleontológico que se emplea para futuros intercambios, ampliando y/o mejorando su colección. Este grupo, en general, suele ser *amateur* (no son paleontólogos profesionales) y se deja llevar por el hallazgo de ejemplares bellos, raros, especiales o bien abundantes y comunes para su intercambio. Esto implica que no cumplen el método científico durante la extracción, en la mayor parte de las ocasiones. En algunos casos su afición por la paleontología es tan grande que el coleccionista puede tener ciertas nociones o inquietudes que le hacen cumplir el método científico de modo parcial. Son los casos más aislados y, en general, podemos asegurar que en estas prácticas se pierde gran parte de información geológica y tafonómica, que es irrecuperable. El mayor problema reside en diferenciar la exclusividad de los yacimientos, su escasez o relevancia científica.

La ubicación del material recogido suele tener un final incierto que puede incluir pérdida de elementos, dependiendo del interés de la familia que lo posee, cuando el coleccionista ha desaparecido y que pase al circuito comercial en la mayor parte de las veces, subastándose las colecciones o siendo vendidas en lotes por

sus descendientes. En las mejores ocasiones las colecciones de aficionados forman parte de pequeñas salas de exposición, centros de interpretación o, incluso, son el núcleo de museos de ámbito regional y local. La recomendación va siempre encaminada a que en el futuro estas colecciones privadas puedan formar parte de museos y colecciones públicas.

Comerciantes

Este colectivo realiza la recolección y compra de patrimonio paleontológico mueble sin garantías de haber empleado metodología científica. Sin embargo, poseen y comercializan ejemplares de alto valor patrimonial y económico, garantizando su conservación. Desempeñan una actividad comercial a partir de un recurso natural con valor patrimonial. El comercio del patrimonio geológico mueble en general, tiene un gran mercado negro en mercadillos y ferias (especializadas o no) donde los vendedores, en ocasiones, no tienen licencias para su venta, ni facturan por este tipo de actividades. Las recomendaciones principales son: no comercializar fósiles de yacimientos que son patrimonio paleontológico. No aceptar elementos que no cumplan las garantías de legalidad vigentes en el estado español y que exijan factura a sus proveedores. No promover la venta ilegal de ejemplares.

Obra pública y explotación minera

Otro grupo que efectúa la extracción del patrimonio geológico son las empresas que realizan obra pública-privada y las explotaciones mineras (Figura 1). Una de las particularidades de estos colectivos es la gran cantidad en volumen de material geológico que llegan a extraer (fundamentalmente minerales y rocas, de las cuales las de origen sedimentario suelen contener material paleontológico). Estos grandes proyectos e infraestructuras están sujetos a evaluaciones de impacto ambiental (EIA) que en la práctica no contemplan la pérdida de patrimonio geológico, en general, y menos del patrimonio paleontológico que pasaría a formar parte del patrimonio mueble. Muchas CCAA regulan con seguimientos paleontológicos ambos tipos de extracciones, en cumplimiento de su legislación del patrimonio histórico. La recomendación en este caso es doble: por una parte este modelo se debería instaurar en todo el territorio español, de tal forma que en ambos casos, durante el proceso de extracción y obra pública debería interrumpirse, si hay hallazgos de fósiles relevantes, evaluar su valor y realizar un muestreo/excavación de urgencia adecuada. La segunda recomendación es que desde las consejerías de Medio Ambiente sea obligatorio incluir en las EIA la metodología para la valoración del patrimonio geológico en estos grandes proyectos (Vegas *et al.,* 2012). Por otra parte, el material paleontológico acumulado procedente tanto de escombreras de canteras y minas, como de la obra pública debería poder ser examinado por especialistas de centros receptores para evaluar su potencial, con el acuerdo de las jefaturas de minas provinciales o de los responsables de la obra en cuestión. Tras una evaluación del material acumulado originalmente en estas explotaciones, normalmente sin valor comercial, sería recomendable una selección de muestras para museos, centros de interpretación y colecciones docentes.

PROPUESTA DE UN CÓDIGO ÉTICO PARA LA REGULARIZACIÓN DE RECOLECCIÓN DE FÓSILES

Se ha propuesto un "código de buenas prácticas" que incluye un posible sistema de permisos para las futuras recolecciones, como ya está obligado a obtener el personal investigador en muchas comunidades autónomas de nuestro país. Al personal científico se le recomienda cumplir la normativa vigente, comprometerse con el código de buenas prácticas y sensibilizar en su entorno. Este código de buenas prácticas considera que la recolección para el resto de sujetos contemplados (Tabla 1) será exclusivamente de fósiles *ex situ*, y en escombreras de canteras de las que se tenga autorización, siempre y cuando estén excluidos del inventario municipal de yacimientos protegidos correspondiente. Queda implícito en este punto que no se pueden utilizar herramientas de ningún tipo para extraer los fósiles de las rocas que los contienen en los afloramientos. Se entiende por fósil *ex situ* o rodado el que se encuentra excluido de su contexto geológico por causas naturales como la erosión, normalmente acumulado en derrubios o campos de cultivo.

COMUNIDADES Y CIUDADES AUTÓNOMAS	LEGISLACIÓN RELACIONADA CON EL PATRIMONIO HISTÓRICO O CULTURAL, CON IMPLICACIONES EN PALEONTOLOGÍA	FIGURAS DE PROTECCIÓN PALEONTOLÓGICA
Andalucía	-Ley 14/2007, de 26 noviembre. Ley de Patrimonio Histórico de Andalucía -Decreto 379/2009, de 1 de diciembre, por el que se modifica el Decreto 4/1993, de 26 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Organización Administrativa del Patrimonio Histórico de Andalucía, y el Decreto 168/2003, de 17 de enero, por el que se aprueba el Reglamento de Actividades Arqueológicas.	M, CH, SH, ZA, ZPt,
Aragón	- Ley 3/1999, de 10 marzo. Ley del Patrimonio Cultural	ZP
Asturias	- Ley 1/2001, de 6 marzo. Normas reguladoras del Patrimonio Cultural	SH, ZA
Canarias	- Ley 4/1999, de 15 marzo 1999. Ley del Patrimonio Histórico de Canarias -Decreto 262/2003, de 23 septiembre. Aprueba el Reglamento sobre intervenciones arqueológicas en la Comunidad Autónoma de Canarias.	SH, ZP
Cantabria	- Ley 11/1998, de 13 octubre. Ley del Patrimonio Cultural -Decreto 36/2001, de 2 mayo. Desarrollo parcial de Ley de Cantabria 11/1998, de 13-10-1998, de Patrimonio Cultural	M
Castilla-La Mancha	- Ley 4/2013, de 16 mayo. Patrimonio Cultural de Castilla-La Mancha	ZP
Castilla-León	- Ley 12/2002, de 11 julio. Ley del Patrimonio Cultural de Castilla y León	SH
Cataluña	- Ley 9/1993, de 30 septiembre. Regula el patrimonio cultural - Decreto 78/2002, de 5 marzo. Reglamento de protección del patrimonio arqueológico y paleontológico - Decreto 328/2011, de 26 abril. Creación del Consejo Nacional de Arqueología y Paleontología, y de la Comisión de Investigación de Arqueología y Paleontología	ZP
Ceuta	No hay legislación	
Comunidad Valenciana	- Ley 4/1998, de 11 junio. Ley del Patrimonio Cultural Valenciano	ZP
Extremadura	- Ley 2/1999, de 29 marzo. Ley del Patrimonio Histórico y Cultural	ZP
Galicia	- Ley 8/1995, de 30 octubre. Regula patrimonio cultural de Galicia Decreto 199/1997, de 10 julio. Regulación de la actividad arqueológica	ZP
Illes Balears	- Ley 12/1998, de 21 diciembre. Ley del Patrimonio Histórico - Decreto 144/2000, de 27 octubre 2000. Aprueba el Reglamento de Intervenciones Arqueológicas y Paleontológicas	ZP, LH
La Rioja	- Ley 7/2004, de 18 octubre 2004. Normas reguladoras del Patrimonio Cultural, Histórico y Artístico de La Rioja	ZP, M
Madrid	- Ley 3/2013, de 18 junio. Patrimonio Histórico de la Comunidad de Madrid	ZiP
Melilla	No hay legislación	
Murcia	- Ley 4/2007, de 16 marzo 2007. Normas reguladoras del Patrimonio Cultural de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia	ZP
Navarra	- Ley Foral 14/2007, de 4 abril. Ley Foral de Patrimonio de Navarra	No considera paleontología
País Vasco	- Ley 7/1990, de 3 julio 1990. Regulación del Patrimonio Cultural Vasco - Decreto 341/1999, de 5 octubre 1999. Condiciones de traslado, entrega y depósito de los bienes de interés arqueológico y paleontológico descubiertos en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma del País Vasco	No define figuras de protección

Tabla 1. Leyes y/o decretos autonómicos de todas las comunidades autónomas españolas, a excepción de Ceuta y Melilla donde no hay legislación. Abreviaturas: CH: Conjunto Histórico; LH: Lugar Histórico; M: Monumento; SH: Sitio Histórico; ZA: Zona Arqueológica; ZiP: Zona de Interés Paleontológico; ZP: Zona Paleontológica; ZPt: Zona Patrimonial.

Las recomendaciones para poder realizar la colecta de fósiles en este contexto son las siguientes:

- Se deberá estar informado sobre la legislación referida a la recolección de fósiles en territorio español siendo obligatorio el cumplimiento de la normativa vigente en cada CCAA.

- Es necesario obtener una licencia o permiso para la colecta de fósiles y aceptar el código ético aquí propuesto.

- Se recomienda pertenecer a una asociación de aficionados a la Paleontología o Ciencias de la Naturaleza que esté avalada por un organismo público de investigación o universidad.

- Se toma como referencia las licencias o permisos vigentes para caza, pesca o recogida de setas; se propone un modelo similar pero más restrictivo para fósiles que para los casos anteriores debido a su particularidad de no regenerarse a lo largo del tiempo.

- Los ayuntamientos de los municipios implicados deberán tener un inventario municipal de yacimientos protegidos, gestionado por personal cualificado que será el encargado de conceder los permisos o licencias.

- El inventario municipal debe de estar actualizado e incluir los lugares de interés geológico reconocidos por la Comunidad Autónoma a la que pertenezca el municipio así como los yacimientos que el personal cualificado considere que deben estar protegidos. Se recomienda que el personal científico informe a los municipios de sus avances y haya una comunicación para la protección de yacimientos de estudios nuevos y hasta ese momento desconocidos.

- Se recomienda recoger un número límite de fósiles y no todos los que se encuentren para que el material paleontológico pueda ser disfrutado por la mayor población posible.

- Se recomienda respetar y comunicar los hallazgos de fósiles *in situ* que puedan ser de relevancia para la comunidad científica y en consecuencia para el conocimiento de toda la sociedad. La comunicación se realizará a través del personal cualificado responsable del inventario municipal que contactará con los investigadores expertos en la temática relacionada. (Se entiende por fósil *in situ* el que se encuentra en su contexto geológico).

- Los recolectores y subsidiariamente las asociaciones organizadoras de las excursiones a los yacimientos, serán responsables de los daños que se puedan producir derivados de su actividad.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los proyectos PEPNB 2011-2017 del IGME y CGL2013-42643-P del MINECO.

REFERENCIAS

Díaz-Martínez, E., Meléndez, G., Lozano, R.P. y Arbizu, M. 2012. La conservación del patrimonio geológico mueble. *Geotemas*, 13, 605-608.

Díaz-Martínez, E., García-Cortés, A. y Carcavilla, L. 2013. Los fósiles son elementos geológicos y el patrimonio paleontológico es un tipo de patrimonio natural. En: J. Vegas, A. Salazar, E. Díaz-Martínez y C. Marchán (Eds.), *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo*. Serie: Cuadernos de Museo Geominero, 15. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 583-590.

Vegas, J., Alberruche, E., Carcavilla-Urquí, L., García-Cortés, Á., Díaz-Martínez, E. y García de Domingo, A. y Ponce de León, D. 2012. *Guía metodológica para la integración del patrimonio geológico en los procesos de evaluación de impacto ambiental*. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 80 pp.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

ALTERNATIVA DIDÁCTICA AL ESTRATOTIPO DEL JURÁSICO INFERIOR-MEDIO DE FUENTELSAZ (GUADALAJARA, ESPAÑA)

J.A. Díaz-Cáceres[1], D. Borrego Salgado[1], A. de Celis[1,2], J.R. Mateos-Carralafuente[1], I. Menéndez[1], F. Sanguino[1], F.J. León Vicente[1], R. Lozano-Luz[1] y F. Blanco[1]

[1] Dpto. de Paleontología, Facultad de CC. Geológicas UCM, José Antonio Novais 12, 28040 Madrid.
[2] Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Paseo Senda del Rey, 9, 28040 Madrid, España. jodica88@gmail.com

RESUMEN

A menudo la conservación de un lugar de interés geológico y su divulgación pueden ser objetivos incompatibles, debido a las actividades inherentes a los mismos. En este trabajo se profundiza en la propuesta de Aragonés-Illanas *et al.* (2015) para una sección alternativa al GSSP de Fuentelsaz (Guadalajara, España), donde es posible visitar y estudiar, previa solicitud de permiso, el límite Toarciense-Aaleniense (Jurásico Inferior-Medio) sin comprometer su integridad. De esta forma se completa la información sobre el tramo infrayacente a dicho límite, su asociación fósil así como el reconocimiento de las distintas biozonas que se identifican en la sección estratotipo.

Palabras clave: GSSP, Toarciense, Aaleniense, estratotipo, biozonas, ammonoideos.

ABSTRACT

Usually preservation and divulgation of a geological site of interest are conflicting tasks. An alternative section to the GSSP of Fuentelsaz (Guadalajara, Spain) was previously proposed where the Toarcian-Aalenian limit (Lower-Middle Jurassic) could be, under Administration's permission, visited and studied without compromising the stratotype. This contribution reinforces this proposal providing more detailed fossil data and biozones identification from the lower interval of this limit.

Key words: GSSP, Toarcian, Aalenian, stratotype, biozones, ammonoids.

INTRODUCCIÓN

El límite Toarciense-Aaleniense definido en la sección de Fuentelsaz fue designado por la Comisión Internacional de Estratigrafía de la IUGS *(International Union of Geological Sciences*) como GSSP (*Global Boundary Stratotype Section and Point*) en el año 2000, durante el 31 Congreso Geológico Internacional celebrado en Brasil (Aragonés-Illanas *et al*., 2015). En este trabajo se ha reestudiado la sección Fuente del Molino (Figura 1), situada a 33,1 Km al Oeste de la localidad de Fuentelsaz, con el objetivo de avalar y completar la propuesta previa de Aragonés-Illanas *et al*. (2015), para esta sección, como una alternativa didáctica y divulgativa del límite Toarciense-Aaleniense al estratotipo de Fuentelsaz, con el fin de preservar esta última.

CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

La sección de Fuente del Molino está situada al Noreste de la provincia de Guadalajara (España) y a 3,5km al Oeste de la localidad de Turmiel por la carretera CM-2107 (Figura 1), con coordenadas Latitud: 41º0´3"N y Longitud: 2º5´47"W (Aragonés-Illanas *et al.*, 2015). La zona estudiada se encuentra dentro de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (Goy *et al.*, 1976), formada por la inversión tectónica de la cuenca Ibérica (Van Wees *et al.*, 2002). El ambiente de sedimentación corresponde a una plataforma somera con desarrollo de sedimentos carbonatados, situada en los límites occidentales del Tethys durante el Jurásico Inferior y Medio. La sucesión corresponde al ciclo transgresivo-regresivo LJ-4, Toarciense Superior-Aaleniense de la Fm. Turmiel (Comas-Rengifo *et al.*, 2007; Aragonés-Illanas *et al.*, 2015). Se caracteriza por una alternancia de calizas nodulosas y margas (predominando sobre las primeras) en la base, que pasan a una alternancia de calizas tabuladas y margas a techo.

MATERIAL Y MÉTODOS

La sección se dividió, de base a techo, en 6 tramos (A-F) de espesores variables. El muestreo de detalle se realizó en la mitad inferior de la sucesión. La columna estratigráfica fue descrita y muestreada por los autores y otros colaboradores en una única jornada, con el objetivo de establecer zonas y subzonas con las asociaciones de fósiles de ammonoideos y braquiópodos para su posterior correlación.

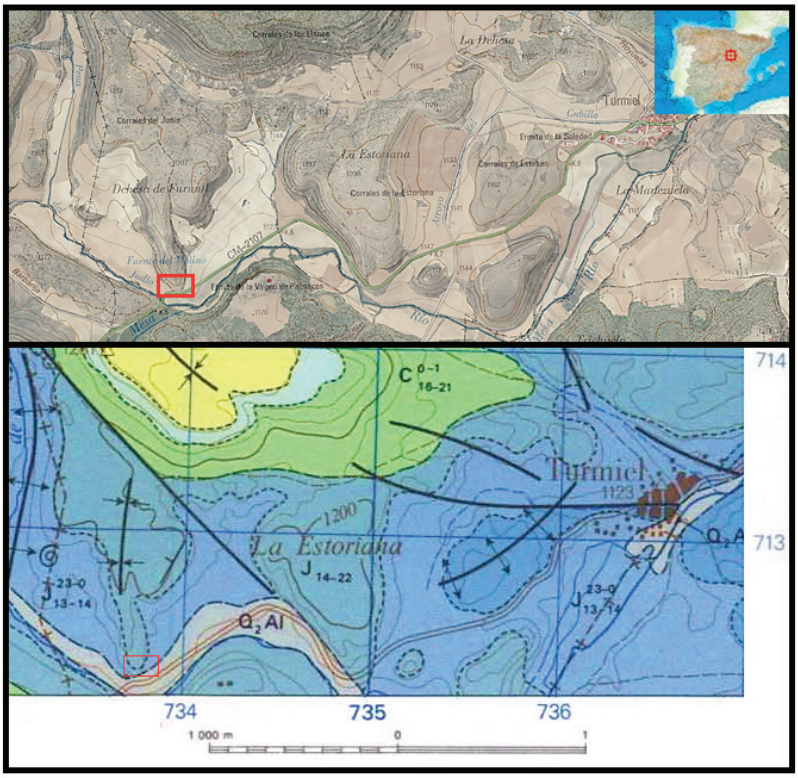


Figura 1. Situación geográfica y geológica de la zona de estudio. Arriba mapa topográfico superpuesto sobre ortofoto realizado con IBERPIX. Abajo mapa geológico modificado de la serie cartográfica MAGNA hoja 463 "Milmarcos" ITGE (1978). En rojo situación de la zona de estudio en ambos mapas.

Las muestras fueron limpiadas y sigladas en el Departamento de Paleontología (Facultad de Geología de la UCM). Para la identificación y clasificación taxonómica se emplearon los trabajos de Goy y Robles (1975) y Aragonés-Illanas *et al.,* (2015). Finalmente se ilustró el material utilizando una cámara Canon EOS 7D con un objetivo Macro.

Las zonas y subzonas estudiadas han sido reconocidas mediante los ammonites encontrados, puesto que los taxones de braquiópodos hallados tienen un rango estratigráfico que, si bien concuerda con las biozonas Goyi y Cynocephala identificadas para la Cordillera Ibérica (García Joral y Goy, 2010), no permite concretar con suficiente precisión ninguna de las divisiones establecidas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los materiales de la sección estudiada consisten en una alternancia de margas y calizas. En esta sucesión las margas son dominantes en la parte inferior (A8-B14) y media (C2-D4) mientras que las calizas predominan en el resto de la columna. Para estas últimas cabe destacar que, en casi su totalidad presentan una base y techo aproximadamente planos, mientras que en los tramos C y D, la estratificación se torna nodulosa. Las capas de caliza son heterométricas y de espesor variable, alcanzando las máximas potencias en el techo del intervalo estudiado (F8).

Desde el punto de vista sistemático, se identificaron los siguientes taxones (Figura 2):

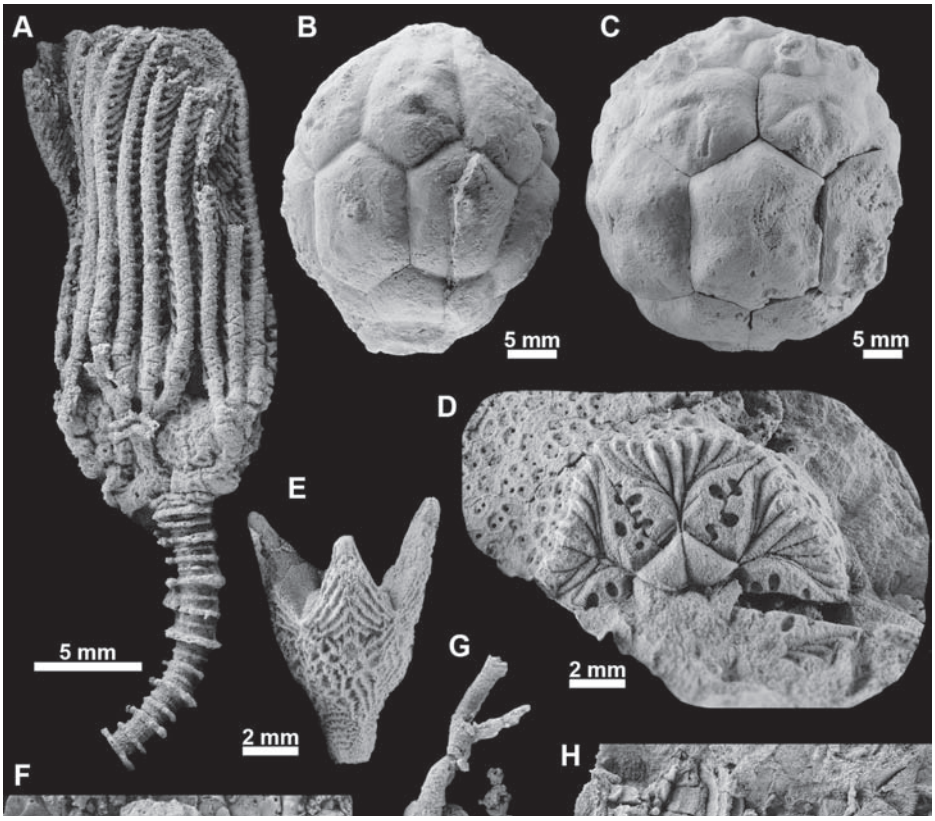


Figura 2. 1. *Leioceras opalinum* TU-DM-F-8/2, 1a Vista ventral, 1b Vista lateral. 2. *Pleydellia aalensis* TU-DM-C-7/4, 2a Vista ventral, 2b Vista lateral. 3. *Cotteswoldia egena* TU-DM-A-4/23. 4. *Pleydellia subcompta* TU-DM-C-2/4. 5. *Rhynchonelloidea goyi* TU-DM-A-1/21, 5a Vista lateral, 5b Vista frontal. 6. *Rhynchonelloidea goyi* TU-DM-F-7/2, 6a Vista lateral, 6b Vista frontal. Escala de 1 cm para Ammonoidea (1, 2, 3 y 4) y de 0.5 cm para Brachiopoda (5 y 6).

Ammonoidea: *Cotteswoldia attrita* Buckman, *Cotteswoldia costulata* (Zieten), *Cotteswoldia distans* (Buckman), *Cotteswoldia egena* Buckman, *Cotteswoldia paucicostata* Buckman, *Bredyia sp.* Buckman, *Leioceras opalinum* Reinecke, *Pleydellia aalensis* (Zieten), *Pleydellia buckmani* Maubeuge, *Pleydellia falcifer* (Maubeuge), *Pleydellia fluens* Buckman, *Pleydellia leura* Buckman, *Pleydellia subcompta* (Branco).

Brachiopoda: *Acanthothiris spinosa, Epithyris oxonica?* Arkell, *Homeorhynchia cyanocephalla* Richard, Linnaeus *Rhynchonelloidea goyi* García Joral, *Rhynchonelloidea marini* (Rouselle), *Stroudithyris pisolithica* Buckman, *Stroudithyris stephanoides* Almeras Y Moulan.

La identificación de estos taxones ha permitido reconocer y delimitar las siguientes zonas y subzonas del Jurásico Inferior y Medio basal (Figura 3):

Zona Aalensis. Corresponde al Toarciense superior se ha podido subdividir en tres subzonas.

Subzona Mactra: Aunque el límite inferior no ha podido delimitarse, dado a que no aflora en la sección investigada, sí ha podido establecerse el límite superior. Esta subzona tiene un espesor de 2m, con una mayor dominancia de margas hacia techo. Esta subzona se caracteriza taxonómicamente por la coexistencia de todas las especies de *Cotteswoldia* citadas anteriormente, cuya presencia se limita a los niveles inferiores (A1-A4), junto con *P. fluens y P. subcompta*. De estas dos últimas, *P. fluens* está presente sólo en la mitad inferior de esta subzona, en tanto que *P. subcompta* se ha registrado también en la parte inferior de la Subzona Aalensis. El límite superior de la Subzona Mactra está definido por el primer registro de *P. aalensis* (nivel B10).

Subzona Aalensis: En este intervalo, con un espesor de 3'7m, continúan dominando las margas, y las calizas muestran una estratificación más nodulosa, aumentando de espesor hacia techo. Esta subzona está dominada por el género *Pleydellia*, estando delimitado su límite inferior por la aparición de *P. aalensis*, que coexiste con *P. subcompta* y *P. falcifer.* Dentro de esta subzona, a partir del nivel C, se observa el evento de miniaturización que afecta a los braquiópodos *H. cynocephala* y *R. goyi* descrito por García Joral y Goy (1994, 2010).

Subzona Buckmani: En esta subzona, de una potencia total de 3m, las margas están subordinadas a las calizas salvo en el intervalo E14-F2. El límite de la última subzona del Toarciense está caracterizado por la aparición de *P. buckmani*, presente en el nivel E2, aunque el hallazgo de *P. leura* en el nivel E1 indica el límite inferior de la subzona Buckmani, donde la coexistencia de ambos taxones confirma la posición de éste.

Zona Opalinum. Su base define el límite Jurásico Inferior-Medio, y en el área de estudio sólo se ha reconocido la subzona inferior.

Subzona Opalinum: Representada en esta columna por un único nivel de caliza de 30cm de espesor. La aparición de *Leioceras opalinum* permite concretar el límite inferior de esta subzona, que a su vez representa el límite entre los pisos Toarciense y Aaleniense.

CONCLUSIONES

El estudio de la asociación de ammonites y las características sedimentológicas y estratigráficas de la sección, han permitido establecer el límite Toarciense-Aaleniense en el nivel F8 (presencia de *L. opalinum*), así como las diferentes biozonas y subzonas dentro del Toarciense. Se han podido situar los límites Mactra-Aalensis, Aalensis-Buckmani y Buckmani-Opalinum. Esto permite disponer de una sucesión bio y cronoestratigráfica completa que abarca desde la subzona Mactra (Toarciense), cuyo límite inferior no aflora en la sección, hasta la subzona Opalinum (Aaleniense). La identificación de este límite cronoestratigráfico representa una alternativa viable para el tránsito Toarciense-Aaleniense del GSSP de Fuentelsaz (Guadalajara, España) y su uso en la divulgación de las Ciencias de la Tierra, especialmente como recurso docente para prácticas de diversas asignaturas del Grado en Geología y de estudios de postgrado vinculados a esta ciencia.

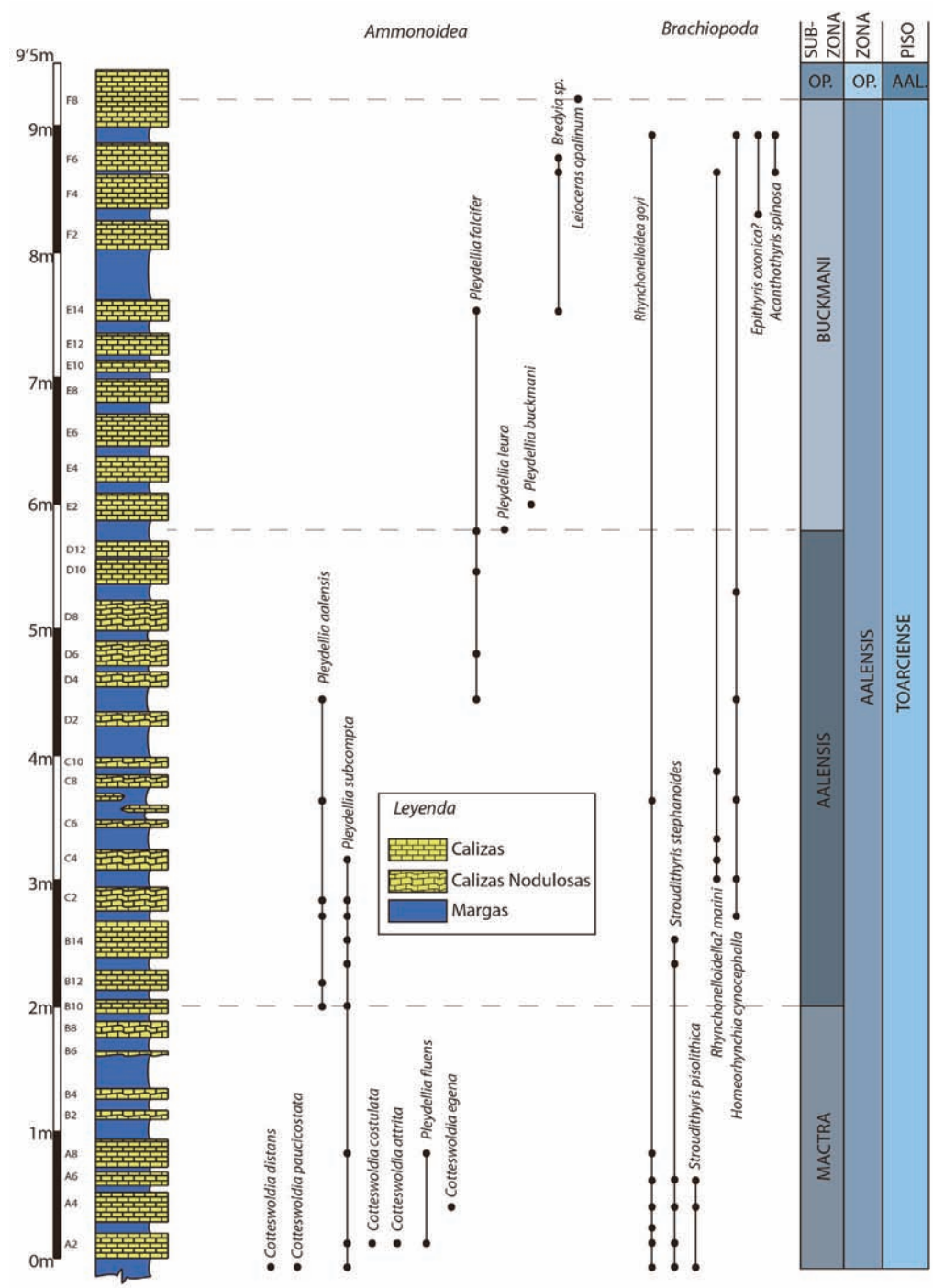


Figura 3. Columna estratigráfica de la sección de Fuente del Molino con los taxones identificados, zonas y subzonas reconocidas en este trabajo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer a Manuel Linares, Carlos Paz y Mélani Berrocal-Casero la ayuda prestada en el campo. A los doctores María Soledad Ureta Gil, Fernando García Joral y Ricardo Paredes por su ayuda en la identificación de taxones y a Graciela N. Sarmiento por su apoyo, impulso e inestimable ayuda a lo largo de la realización de este trabajo.

REFERENCIAS

Aragonés-Illanas, P., Berrocal-Casero M., García, T., y Moratilla, M. 2015. Bioestratigrafía del límite Jurásico Inferior-Medio de Guadalajara (España) en el corte de Fuente del Molino y su correlación con la sección tipo de Fuentelsaz. In: Domingo, L., Domingo, M.S., Fesharaki, O., García Yelo, B., Gómez Cano, A.R., Hernández-Ballarín, V., Hontecillas, D., Cantalapiedra, J.L., López Guerrero, P., Oliver, A., Pelegrín, J., Pérez de los Ríos, M., Ríos, M., Sanisidro, O. y Valenciano, V. (Eds.), *XIII Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología,* Cercedilla (Madrid, España), 35-45.

Comas-Rengifo, M.J., Goy, A., Arche, A., Carenas, B., López-Gómez, J., Rodrigo, A., Segura, M. y Ureta, S. 2007. El Mesozoico en el sector central de la Cordillera ibérica. In: Díaz-Martínez, E. y Rábano, I. (Eds.), *4th European Meeting on the Palaeontology and Stratigraphy of Latin America.* Cuadernos del Museo Geominero 8, Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 435–485.

García Joral, F. y Goy, A. 1994. The associations of Brachiopods from the Toarcian-Aalenian transition in the Fuentelsaz section (Iberian Range, Spain). *Geobios, M.S.*, 17, 223-228.

García Joral, F. y Goy, A. 2010. Biozonas de Rhynchonellida (Brachiopoda) del Toarciense de las Cordilleras Ibérica y Cantábrica (España). In: *Comunicaciones del V Congreso del Jurásico de España. Museo del Jurásico de Asturias, (MUJA),* 65-70.

Goy A., Gómez, J.J. y Yébenes, A. 1976. El Jurásico de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (Mitad Norte). *Estudios Geológicos,* 32, 391-423.

Goy, A. y Robles, F. 1975. El Jurásico de Turmiel (Guadalajara). *Estudios Geológicos*, 31, 261-283.

ITGE. 1978. *Mapa geológico de España, Escala 1:50.000. Hoja 463 "Milmarcos".* Instituto Tecnológico Geominero de España, Madrid, 40 pp.

Van Wees, J.D., Arche, A., Bejidorff, C.G. y López-Gómez, J. 2002. Temporal and spatial variations in tectonic subsidence in the Iberian Basin (eastern Spain): inferences from automated foward modelling of high-resolution stratigraphy (Permian-Mesozoic). *Tectonophysics*, 300, 285-310.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

BASE CONCEPTUAL, ESTADO DE LA CUESTIÓN Y PERSPECTIVAS DE LA GESTIÓN Y CONSERVACIÓN DEL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO

E. Díaz-Martínez, J. Vegas, L. Carcavilla y Á. García-Cortés

Área de Patrimonio Geológico y Minero, Instituto Geológico y Minero de España.
Ríos Rosas 23, 28003 Madrid, España. e.diaz@igme.es

RESUMEN

La conservación del patrimonio paleontológico requiere una valoración adecuada y una gestión eficiente de los fósiles. En este trabajo desarrollamos algunas ideas fundamentales para su adecuada gestión y conservación, sistematizando conceptos de forma que su aplicación sea más fácil y directa. El estudio del patrimonio paleontológico (P_p) requiere considerar (a) una parte objetiva, los fósiles (E_p) como elementos naturales abióticos, y (b) una parte subjetiva, el valor (V) asignado a esos elementos. La relación entre estas dos partes (elemento y valor) es de tipo proporcional ($P_p = E_p$ x V) y fundamental para una correcta gestión para la geoconservación. Analizamos también la problemática generada por la Ley 16/1985, que debería resolverse con un adecuado desarrollo de la Ley 42/2007, asumiendo los organismos gestores la necesidad de aplicar el marco conceptual adecuado. Los avances a nivel internacional y nacional para la consideración del patrimonio geológico en las políticas ambientales y de conservación de la naturaleza permiten ser optimistas al respecto.

Palabras clave: Patrimonio paleontológico, legislación, gestión, conservación.

ABSTRACT

The conservation of palaeontological heritage requires proper assessment of value, and efficient management of fossils. We herein develop several ideas fundamental for its proper management and conservation, systematizing concepts so that their use may be easier and more direct. The study of palaeontological heritage (H_p) must consider (a) an objective part, the fossils (E_p) as abiotic natural elements, and (b) a subjective part, the value (V) assigned to those elements. The relationship between those two parts (element and value) is proportional ($H_p = E_p$ x V) and fundamental for a correct management towards geoconservation. We also analyze the problems created by Law 16/1985, which should be resolved with proper development of Law 42/2007, whereby management bodies should assume the need to apply the proper conceptual framework. Progress at international and national level to consider geoheritage in environmental and nature conservation policies provide an optimistic outlook.

Key words: Palaeontological heritage, legislation, management, conservation.

INTRODUCCIÓN

En la última década ha habido un considerable avance de las propuestas conceptuales y metodológicas para la adecuada gestión y conservación del patrimonio paleontológico. Sin embargo, lo reducido de su ámbito de investigación

y desarrollo (limitado a pequeños grupos de trabajo en unos pocos organismos) y de su ámbito de difusión (limitado a esporádicas reuniones con escasa distribución de los resultados) ha impedido una adecuada asimilación de esos avances por la comunidad científica y los organismos gestores. El objetivo de este trabajo es esbozar el estado de la cuestión, aclarar algunos conceptos básicos, sintetizar los logros y avances conseguidos, y aportar unas propuestas de actuación para facilitar esa adecuada gestión para la conservación del patrimonio paleontológico.

BASE CONCEPTUAL

En la actualidad, observamos que la gestión del patrimonio, tanto en España como en otros países del mundo, suele adolecer de errores conceptuales básicos en la clasificación tipológica (Díaz-Martínez, 2011; Díaz-Martínez *et al*., 2012, 2013, 2014). Esto origina, en demasiadas ocasiones, la asignación errónea de competencias a órganos de administración y colectivos profesionales que carecen de la preparación académica y de la experiencia científica necesarias para una correcta gestión para la conservación, incluyendo la elaboración de inventarios, análisis y valoración de los elementos, elaboración de estrategias y planes de conservación y uso público, etc. Todo ello puede afectar, y de hecho afecta, gravemente a unos elementos que, como es frecuente en el caso del patrimonio geológico, no son renovables y, por lo tanto, pueden perderse para siempre. Por esta razón, es conveniente dejar explícita y dar a conocer con mayor detalle la argumentación que conduce a algo que debería resultar obvio: que los fósiles son elementos geológicos y el patrimonio paleontológico es un tipo de patrimonio natural.

Con carácter general, el patrimonio se puede definir como un conjunto de elementos a los que se atribuye o asigna un valor, generalmente por ofrecer algún tipo de beneficio o interés, real o potencial. Este valor o interés es un aspecto subjetivo del patrimonio, es decir, sujeto a opinión y, por lo tanto, de carácter voluble según evolucionan los valores, preferencias y prioridades de las personas y las sociedades. Al mismo tiempo, el valor o interés es un parámetro imprescindible e intrínseco al patrimonio, algo que necesariamente tiene que existir para que el elemento pueda ser considerado como patrimonio, pues lo que no tiene ningún valor o interés no se considera patrimonio. El valor es, en todo caso, un concepto que debe ser establecido por los especialistas competentes según la disciplina (paleontología en el caso de los fósiles). Por lo tanto, el patrimonio (P) siempre consta de una parte objetiva e inalterable que es el elemento o elementos que lo integran (E), y una parte subjetiva que puede cambiar y que es el valor (V) de los mismos (Díaz-Martínez, 2011).

A la hora de gestionar el patrimonio, es evidente que se hace necesario aplicar criterios y metodologías de protección y conservación que dependen del tipo de patrimonio del que se trate. No es lo mismo gestionar un edificio, un libro, un afloramiento de rocas, o la coreografía de un baile tradicional. En este sentido, es imprescindible clasificar con rigor los elementos patrimoniales asignándolos a los diferentes tipos de patrimonio existentes. Para ello debemos recurrir a la componente objetiva del patrimonio, que es el tipo de elementos que lo integran, y debemos evitar la componente subjetiva del patrimonio, que es su valor o interés. En consecuencia, en función del tipo de elemento puede diferenciarse el patrimonio tangible del patrimonio intangible, el patrimonio mueble del inmueble, el patrimonio público o común del patrimonio particular o privado, o el patrimonio cultural (relacionado con la actividad humana) del patrimonio natural (relacionado con los procesos naturales, sin intervención humana directa). De esta manera incluso es posible identificar diferentes tipos de patrimonio con intereses superpuestos (Díaz-Martínez y Díez-Herrero, 2011), como el patrimonio cultural de interés geológico: un mapa geológico del siglo XIX, un cuadro del siglo XVI que representa un desprendimiento de rocas, o una placa cerámica indicadora del nivel alcanzado por las aguas en una avenida.

Los fósiles se forman por procesos naturales (sedimentación, diagénesis y fosilización posterior al enterramiento de los restos y señales de la actividad orgánica) y, por tanto, son elementos naturales. Esto es así para todo tipo de fósil, incluidos los fósiles humanos, por lo que, a la hora de considerar el tipo de patrimonio al que pertenecen, lo que se debe considerar es su carácter de elemento natural, y no el tipo de valor o interés (científico, cultural, histórico, etc.) que se les pudiera asignar. En consonancia con todo lo indicado anteriormente, por su carácter subjetivo, el valor de un elemento (en este caso de los fósiles) no debe determinar el tipo de patrimonio, sino que tan sólo debe servir para decidir cuándo ese elemento debe considerarse, o no, patrimonio. Por tanto, en rigor, el patrimonio paleontológico, de acuerdo con su carácter y origen natural (un hecho objetivo no discutible), debe considerarse patrimonio natural y no patrimonio cultural.

LEGISLACIÓN

La Ley 16/1985 del Patrimonio Histórico Español suele esgrimirse por algunos autores como un ejemplo de bien hacer, pues por primera vez se hacía referencia en la legislación española a los fósiles y sus yacimientos como patrimonio a conservar. Sin embargo, tal como hemos explicado más arriba, su consideración como patrimonio cultural es errónea, pues los fósiles no son resultado de la actividad humana. Esto ha dado lugar a numerosos conflictos de intereses que todavía hoy causan problemas para una eficiente gestión. En su artículo 40.1, la Ley 16/1985 indica que "forman parte, asimismo, de este Patrimonio [histórico] los elementos geológicos y paleontológicos relacionados con la historia del hombre y sus orígenes y antecedentes". Parece evidente que estos orígenes y antecedentes pretendían hacer referencia a los del género *Homo*, y no a todas las especies resultado de la evolución desde el origen de la vida en la Tierra. Varias Comunidades Autónomas españolas desarrollaron este concepto en su legislación, dando lugar a una organización administrativa que ahora resulta de compleja modificación y adaptación a la nueva Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y la Biodiversidad. Esta ley incluye correctamente la consideración explícita de los fósiles en el patrimonio geológico, como parte del patrimonio natural y de la geodiversidad, y contiene una disposición derogatoria respecto a cualquier normativa anterior con la que entre en conflicto. En algunos casos, las situaciones provocadas han sido realmente conflictivas (incluyendo denuncias, sanciones y recursos judiciales), al considerar como patrimonio histórico a cualquier fósil del registro geológico de la Tierra. Si se hubiera de cumplir estrictamente, esto significaría, por ejemplo, tener que proteger la mayoría de las formaciones calizas o arcillosas, obligando a prohibir la explotación de rocas industriales. No tiene sentido considerar todas estas formaciones como patrimonio, y resultaría inviable la protección de estos amplísimos territorios. Este hecho es sólo un ejemplo más de que no todos los fósiles deben ser considerados como patrimonio, y advierte de la necesidad de llevar a cabo inventarios y valoraciones realizados por especialistas en paleontología para su eficaz gestión, conservación y uso público.

En España, con posterioridad a la mencionada Ley 16/1985, la Ley 4/1989 de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres, en su artículo 16.2., establecía un instrumento de protección para el patrimonio paleontológico, al enunciar que "se considerarán también Monumentos Naturales, las formaciones geológicas, los yacimientos paleontológicos y demás elementos de la gea que reúnan un interés especial por la singularidad o importancia de sus valores científicos, culturales o paisajísticos". Esta legislación ha sido desarrollada correctamente en algunas Comunidades Autónomas para incorporar el patrimonio paleontológico en su normativa territorial de conservación de la Naturaleza (Díaz-Martínez *et al*., 2014).

La actual Ley 42/2007 es mucho más clara al respecto (Díaz-Martínez *et al*., 2008a; Pérez-Lorente *et al*., 2008). En su artículo 3, define el patrimonio natural como el "conjunto de bienes y recursos de la naturaleza fuente de diversidad biológica y geológica, que tienen un valor relevante medioambiental, paisajístico, científico o cultural". Además, en ese mismo artículo 3, establece que el patrimonio geológico, parte integrante del patrimonio natural, es el "conjunto de recursos naturales geológicos de valor científico, cultural y/o educativo, ya sean formaciones y estructuras geológicas, formas del terreno, minerales, rocas, meteoritos, fósiles, suelos y otras manifestaciones geológicas que permiten conocer, estudiar e interpretar: 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 Ley 42/2007 no sólo regula la protección del patrimonio geológico sino que ampara también de forma explícita el patrimonio paleontológico, al afirmar en su artículo 33.2 que "se considerarán también Monumentos Naturales los árboles singulares y monumentales, las formaciones geológicas, los yacimientos paleontológicos y mineralógicos, los estratotipos y demás elementos de la gea que reúnan un interés especial por la singularidad o importancia de sus valores científicos, culturales o paisajísticos". Obsérvese, además, que esta ley considera correctamente los elementos mencionados como parte del patrimonio natural precisamente también por su interés cultural, entre otros valores, corroborando que lo que establece el tipo de patrimonio es el tipo de elemento, y no el tipo de interés o valor que tenga.

En esta Ley 42/2007, además de la ya citada posibilidad de declaración de monumentos naturales, se adoptan medidas para la protección y gestión del patrimonio geológico (en el que está incluido el paleontológico), como la elaboración de un inventario español de lugares de interés geológico (artículo 9) actualmente en desarrollo, la posibilidad de creación de geoparques o parques geológicos, incluyendo "lugares que destacan por sus valores arqueológicos, ecológicos o culturales relacionados con la gea" (artículo 3.19), la posibilidad de declaración de

parques por su diversidad geológica (artículo 30), o la protección de los elementos geológicos en las reservas naturales y áreas marinas protegidas (artículos 31 y 32). Cabe mencionar finalmente que, de acuerdo con la Disposición derogatoria de esta Ley 42/2007, "quedan derogadas las disposiciones de carácter general que se opongan a lo establecido en la misma". Esta disposición plantea un conflicto con la Ley 16/1985 del Patrimonio Histórico Español en lo que se refiere a los fósiles y el patrimonio paleontológico, que ahora quedan regulados como elementos naturales y patrimonio natural, y que el desarrollo de la nueva legislación todavía debe dilucidar explícitamente. Tanto desde el punto de vista científico como jurídico, el patrimonio paleontológico, y por supuesto el patrimonio geológico que lo engloba, son parte integrante del patrimonio natural, y su protección y gestión deben regularse en el marco de la legislación relativa al patrimonio natural (Díaz-Martínez *et al*., 2013).

El año 2009, el Instituto Geológico y Minero de España (IGME), como órgano consultivo de la Administración del Estado en ciencias de la Tierra, emitió un informe en relación con el tratamiento que deber darse al patrimonio paleontológico en la legislación española (García Cortés, 2009). El informe lo había solicitado la Subdirección General de Protección del Patrimonio Histórico del Ministerio de Cultura, ante la conveniencia de reformar la Ley 16/1985 del Patrimonio Histórico Español, para lo cual se habían constituido grupos de trabajo y se buscaba la colaboración de especialistas. El IGME emitió su informe sobre cómo debería ser considerado el patrimonio paleontológico por las administraciones competentes en materia de patrimonio, argumentando su propuesta sobre la base de conceptos y principios epistemológicos básicos (Díaz-Martínez *et al*., 2013).

PERSPECTIVAS

De acuerdo con la argumentación anterior, ningún fósil debería ser incluido en la normativa sobre patrimonio cultural, ya que, en rigor, ésta sólo debería hacer referencia a los elementos patrimoniales que son resultado de la actividad humana, y los fósiles no lo son. Por otro lado, existen algunas especies fósiles con indudable valor cultural por su relación con la evolución humana y la actividad humana. En estos casos debe considerarse que el patrimonio paleontológico es siempre un tipo de patrimonio natural, si bien en algunos casos puede tener interés científico de tipo arqueológico y/o antropológico, para lo cual el ideal sería la cooperación multidisciplinar de los profesionales, tanto en la investigación como en la gestión.

Aunque todavía queda mucho por hacer al respecto, los organismos gestores de la naturaleza van poco a poco asumiendo su tarea en la gestión y conservación del patrimonio paleontológico (Díaz-Martínez *et al*., 2008b). En los últimos años, la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) ha incorporado la geoconservación en sus políticas, comenzando con varias resoluciones (UICN, 2012), su inclusión en las guías de buenas prácticas para gestores de áreas protegidas (Crofts & Gordon, 2014), e incluso este mismo año, desde la Sociedad Geológica de España se ha promovido en la UICN una moción para la adecuada gestión y conservación del patrimonio geológico mueble (UICN, 2016), que debería contribuir a controlar el comercio internacional, a evitar el expolio en aquellos países que ya cuentan con normativa, y a promoverla en los que aún no la tienen.

Por último, la reciente incorporación del patrimonio geológico como parte del patrimonio natural a considerar en los estudios y declaraciones de impacto ambiental (Vegas *et al*., 2012, 2013) significa un avance importante cuyo éxito va a depender de que los organismos encargados de la gestión ambiental asuman su responsabilidad exigiendo su consideración y cumplimiento.

REFERENCIAS

Crofts, R. y Gordon, J.E. 2014. Geoheritage conservation in protected areas. *Parks*, 20 (2), 61-76. (Disponible en http://parksjournal.com/parks-20-2/)

Díaz-Martínez, E. 2011. Typology of heritage: Where does geoheritage fit in? Forum GeoReg, Villeneuve d Ascq, France, 23-27 October 2011 – Programme and Abstracts, 102. (Disponible en http://www.igme.es/patrimonio/publicaciones/CongReun.htm)

Díaz-Martínez, E. y Díez-Herrero, A. 2011. Los elementos biológicos y culturales de interés geológico: un patrimonio a conservar. En: Fernández-Martínez, E. y Castaño de Luis, R. (eds.), *Avances y retos en la conservación del Patrimonio Geológico en España*. Actas de la IX Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico (Sociedad Geológica de España). Universidad de León, 85-90.

Díaz-Martínez, E., Guillén Mondéjar, F., Mata Perelló, J.M., Muñoz Barco, P., Nieto Albert, L.M., Pérez Lorente, F. y de Santisteban Bové, C. 2008a. 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.

Díaz-Martínez, E., Guillén Mondéjar, F., Mata Perelló, J.M. y de Santisteban Bové, C. 2008b. La conservación de la naturaleza debe incluir la geodiversidad y el patrimonio geológico como parte del patrimonio natural. *Boletín de la Sección del Estado Español de EUROPARC*, 25, 54-60.

Díaz-Martínez, E., Meléndez, G., Lozano, R.P. y Arbizu, M. 2012. La conservación del patrimonio geológico mueble. *Geotemas*, 13, 605-608.

Díaz-Martínez, E., García-Cortés, A. y Carcavilla, L. 2013. Los fósiles son elementos geológicos y el patrimonio paleontológico es un tipo de patrimonio natural. *Cuadernos del Museo Geominero*, 15, 583-589.

Díaz-Martínez, E., Salazar, A. y García-Cortés, A. 2014. El patrimonio geológico en España. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22 (1), 25-37.

García Cortés, A. 2009. *Informe del Instituto Geológico y Minero de España sobre el tratamiento del patrimonio geológico y paleontológico en la legislación relativa a patrimonio histórico.* Informe inédito, IGME, Madrid, 4 p.

UICN. 2012. Resolution 5.048 - Valuing and conserving geoheritage within the IUCN Programme 2013–2016. 13/05/2016. https://portals.iucn.org/library/node/44015

UICN. 2016. Motion 6.091 - Conservation of moveable geological heritage. 13/05/2016. https://portals.iucn.org/congress/motion/091

Pérez Lorente, F., Guillén Mondéjar, F., Díaz-Martínez, E., Nieto Albert, L., de Santisteban Bové, C., Muñoz Barco, P. y Mata Perelló, J.M. 2008. Participación de la Comisión de Patrimonio Geológico de la Sociedad Geológica de España en las nuevas leyes de protección de la naturaleza y desarrollo rural. *Geo-Temas*, 10, 1331-1334.

Vegas, J., Alberruche, E., Carcavilla, L., Díaz-Martínez, E., García-Cortés, A., García de Domingo, A. y Ponce de León, D. 2012. Guía metodológica para la integración del patrimonio geológico en la evaluación de impacto ambiental. IGME y MAGRAMA, 80 p.

Vegas, J., Alberruche, E., Carcavilla, L., García-Cortés, Á., Díaz-Martínez, E., García de Domingo, A. y Ponce de León, D. 2013. La integración del patrimonio geológico en los procesos de evaluación de impacto ambiental. *Cuadernos del Museo Geominero*, 15, 343-351.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

VALORACIÓN DE LUGARES DE INTERÉS ESTRATIGRÁFICO Y PALEONTOLÓGICO DEL CRETÁCICO DE LA PROVINCIA DE SEGOVIA

P. Font[1,2,3], E. Díaz-Martínez[4] y J. Gil-Gil[2,3]

[1] DestinoGEA. Doradores 1, 40004 Segovia
[2] Departamento de Geología, Geografía y Medio Ambiente. Universidad Alcalá
[3] Grupo de investigación IBERCRETA (CCTE2007-R23)
[4] Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid

RESUMEN

En este trabajo se analiza en detalle el valor científico de 6 lugares con potencial interés estratigráfico y paleontológico, con el objetivo de mejorar los inventarios ya existentes de cara a una mejor gestión para la conservación. El estudio ha permitido ampliar y modificar la metodología del Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG) para su aplicación a escala local y restringida a un tipo de interés concreto.

Palabras clave: Segovia, estratigrafía, paleontología, patrimonio geológico, metodología.

ABSTRACT

This paper analyzes the scientific value of 6 sites with potential stratigraphic and paleontological interest, with the aim of improving existing inventories towards a better management for conservation. The study allowed to expand and modify the methodology of the Spanish Inventory of Geosites (IELIG) for application at local scale and restricted to a specific type of interest.

Key words: Segovia, stratigraphy, paleontology, geoheritage, methodology.

INTRODUCCIÓN

Existe un interés creciente en la protección y divulgación del patrimonio natural, y de forma concreta el patrimonio geológico. Para poder gestionar adecuadamente el patrimonio geológico de mayor valor científico, es importante determinar en detalle el potencial de uso y vulnerabilidad (Carcavilla *et al*., 2007). Para ello debe utilizarse una metodología específica para el análisis de los lugares de interés.

Por otro lado, Segovia es una de las provincias pioneras en el inventariado, protección y divulgación del patrimonio geológico. Los materiales mesozoicos de la provincia de Segovia son esencialmente de edad cretácica, tal y como puede observarse en el mapa geológico de España (Rodríguez y Oliveira, 2014), y afloran en su mayoría asociados a pliegues relacionados con la estructura del basamento cristalino. El Mesozoico de la provincia de Segovia contiene algunas secciones, afloramientos singulares, yacimientos o estratotipos que han quedado fuera de

inventarios previos (Díez, 1991; Díez y Vegas, 1999; Vegas, 2000 y otros). El objetivo, por tanto, del presente trabajo es aplicar una metodología a escala local para analizar en detalle estos lugares de interés científico y valorar su inclusión en los inventarios.

METODOLOGÍA

Para realizar este inventario se ha tomado como base los criterios establecidos por el Inventario Español de Lugares de Interés Geológico (IELIG; IGME, 2014). El primer paso ha sido realizar una búsqueda bibliográfica, para la cual se ha tomado como base el trabajo de Díez-Herrero y Martín Duque (2005), donde hay una exhaustiva búsqueda bibliográfica que se ha ampliado con trabajos más modernos. De esta forma se obtuvo un listado de 300 lugares potenciales, que posteriormente fue filtrado, eliminando repeticiones, lugares no localizables actualmente, y aquellos lugares sin elementos estratigráficos o paleontológicos cretácicos de interés. De esta forma se obtuvo un listado final de 60 lugares de interés geológico (Tabla 1), que fueron posteriormente analizados según los criterios de la tabla 2. De entre ellos, se han elegido 6 lugares de interés variable (alto, medio y bajo) para su análisis como representación de la diversidad del registro del Cretácico segoviano. Estos son: 1) Sección de Castrojimeno; 2) sección de Castroserracín; 3) Estratotipo de la Formación Valle de Tabladillo; 4) Sección de Sepúlveda; 5) Sección de Segovia, y 6) Sección de Hontoria.

DISCUSIÓN

De acuerdo al análisis realizado se obtuvo la siguiente valoración para los puntos seleccionados (Tabla 3), tal como se explica a continuación:

- Sección de Castrojimeno: Se presuponía la de más valor y así ha resultado ser, con una puntuación de 8,5. La sección muestra de forma muy clara las condiciones de depósito y su evolución en esta área durante el Coniaciense, posee estructuras sedimentarias relevantes y significativas bioconstrucciones de rudistas. Es también la sección con más citas de todas las estudiadas.
- Sección de Castroserracín: Es muy similar a la anterior, aunque tiene menos citas. Sin embargo, tiene una asociación fosilífera con mayor valor bioestratigráfico, destacando los ammonoideos, lo que le confiere un valor de 7,9. Esta sección y la anterior se suelen estudiar en conjunto, ya que por sus condiciones de afloramiento se complementan mutuamente.
- Estratotipo de la Formación Valle de Tabladillo: Sería de esperar un valor alto, al tratarse de un estratotipo. Sin embargo, es una sección poco estudiada, con pocas citas, malas condiciones de afloramiento, sin fósiles y con escasas estructuras. Esto le da un valor de 3,1.
- Sección de Sepúlveda: Se trata de uno de los puntos más conocidos, posee una sección muy continua aunque dolomitizada, lo que hace que en muchos tramos las estructuras sean poco claras. Sin embargo, hay dos puntos donde se han localizado fragmentos de rudistas, así como de otros bivalvos enteros apenas diagenetizados. Esto le da un valor de 6,1.
- Sección de Segovia: En la localidad de La Lastrilla (Gil, 2002; Alonso, 1981), es un afloramiento de buena calidad pero con escasos fósiles y estructuras. Sin embargo, destaca por su continuidad, accesibilidad y condiciones de exposición, así como por la presencia de un nivel de silicificación que puede ser correlacionable con los descritos en la Cuenca Vasco-Cantábrica. Esto le da un valor de 4,25.
- Sección de Hontoria: Como en el caso anterior, se trata de una sección muy continua, sin apenas tramos cubiertos, fácilmente accesible, con escasos fósiles y estructuras, pero muy completa al englobar todo el registro sedimentario del Cretácico Superior (Turoniense–Campaniense medio) en el área de influencia. Esto le da un valor (5,5) ligeramente superior.

ESGP01	Sección del Mesozoico de Grado del pico	LIMO31	Estratotipo del miembro Montejo
SEHC02	Afloramiento Triasico de Honrubia de la Cuesta	LILI32	Estratotipo del Miembro Linares
ESVA03	Sección del Triásico y Jurásico de Villalvilla a Aldeanueva	ESTE33	Sección del Cretácico de Tejadilla
SETO04	Afloramiento del Jurásico de Torreadrada	ESMA34	Sección del Cretácico de Matabuena
ESAS05	Sección del Jurásico y Cretácico de Aldeanueva de la Serrezuela	ESGA35	Sección del Cretácico de Gallegos
SEPR06	Afloramiento del cretácico de Prados	ESOR36	Sección del Cretácico de Orejanilla
ESIL07	Sección del Cretácico de Ituero y Lama	ESVP37	Sección de Torre Val de San Pedro
SELP08	Afloramiento Cretácico de Lastras del Pozo	ESRE38	Sección del Cretácico de Requijada
SELR09	Afloramiento del Cretácico de Laguna Rodrigo	SEPE39	Afloramiento Cretácico de Pedraza
PAAR10	Sección y cueva del Cretácico de Armuña	SEPE40	Afloramiento Cretácico de Orejana
PACM11	Sección del Cretácico de Carbonero el Mayor	ESAR41	Sección Cretácica de El Arenal
SEZP12	Afloramiento Cretácico de Zarzuela del Pinar	SEVS42	Afloramiento Valleruela de Sepúlveda
ESLC13	Sección del Cretácico de Lastras de Cuellar	SEPP43	Sección de Pajares de Pedraza
SEMB14	Afloramiento del Cretácico de San Miguel de Bernuy	SEAC44	Sección de Arevalillo de Cega
ESFU15	Sección del Cretácico de Fuentidueña II	SEGU45	Sección del Cretácico de Guijar
ESFU16	Sección y cueva del Cretácico de Fuentidueña	LICA46	Estratotipo de la Formación Caballar
SETE13	Sección del Cretácico de Tejares	ESTI47	Sección del Cretácico de Torreiglesias
LICF18	Sección y estratotipo de Castro de Fuentidueña	ESVP48	Sección de Villarubia del Pirón
SECC19	Sección del cretácico de la cantera de Castro	ESAP49	Sección de Adrada del Pirón
PACA20	Sección del Cretácico de Castrojimeno	ESLH50	Sección Cretácico La Higuera I
ESCS21	Sección del Cretácico de Castroserracín	ESLH51	Sección Cretácico de la La Higuera II
LIVT22	Estratotipo de la formación Valle de Tabladillo	ESEH52	Sección Espirdo-La Higuera
ESUR23	Pliegue y sección del Cretácico de Urueñas	SEES53	Afloramiento Cretácico de Espirdo
SEHC24	Afloramiento Cretácico de Hinojosa del Cerro	SEBP54	Afloramiento Bernuy de Porreros
ESSE25	Sección del Cretácico de Sepúlveda	ESQU55	Cantera de El Quintanar
ESSE26	Sección del Cretácico de Sepúlveda II	SERE56	Afloramiento de Roda de Eresma
ESCA27	Sección del cretácico y estratotipo de Carabias	ESSG57	Sección del Cretácico de Segovia
ESNA28	Sección del Cretácico de Navares	ESSG58	Afloramiento de la alameda de El Parral
ESMH29	Sección del Cretácico de Moral de Hornuez	SESG59	afloramientos del interior de Segovia
ESVM30	Sección del Cretácico de Valverde del Majano	ESHO60	Sección del Cretácico de Hontoria

Tabla 1. Listado de los potenciales puntos de interés del Mesozoico de Segovia con interés estratigráfico, sedimentológico y paleontológico. En las siglas, las dos primeras letras indican el tipo de interés (SE: Sedimentológico, ES: Estratigráfico, PA: Paleontológico y LI: Litoestratigráfico) y las dos siguientes corresponden al municipio.

R- Representatividad
0- Poco útil como modelo aunque sea parcialmente.
1- Útil como modelo parcial para representar un rasgo o proceso.
2- Útil como modelo para representar en su globalidad un rasgo o proceso.
4- El mejor ejemplo en la provincia para representar un rasgo o proceso.
LT- Carácter de localidad tipo
0- No es una localidad tipo formal.
1- Aunque no es una localidad formal es una buena alternativa (local o regional).
2- Representa una localidad alternativa de mejor calidad y acceso.
4- Es una localidad tipo reconocida. Incluye superficies, horizontes y facies y fósiles de alto interés científico.
CC- Grado de conocimiento científico del lugar
0- No existen trabajos publicados ni tesis.
1- Existen trabajos locales.
2- Existen trabajos en revistas nacionales y/o es citado en tesis doctorales.
4- Existen trabajos en revistas internacionales y es citado en tesis doctorales.
RA- Relevancia y abundancia de las publicaciones
0- No existen trabajos.
1-Existen 1-2 publicaciones y/o comunicaciones a congresos.
3- Existen entre 3 y 5 publicaciones y/o comunicaciones a congresos y es citado en alguna tesis.
4- Existe abundantes publicaciones (>5) alguna de ellas internacional y es citado en varias tesis.
O- Condiciones de observación
0- Hay elementos que enmascaran notablemente la observación y estudio del LIG.
1- Hay elementos que enmascaran el LIG de forma parcial, ocultando parte de sus características.
2- Hay elementos que dificultan la observación y estudio del LIG de forma íntegra.
4- Perfectamente observable íntegramente.
RP- Rareza a escala provincial
0- Existen bastantes lugares similares en la provincia
1- Es uno de los escasos ejemplos conocidos en la provincia
2- Es uno de los mejores ejemplos de la provincia (donde mejor se observa un elemento).
4- Es el mejor ejemplo de la provincia.
P- Presencia de elementos para el estudio
1- No tiene elementos para el estudio
2- Tiene elementos estratigráficos/sedimentológicos o paleontológicos
4- Tiene elementos estratigráficos/sedimentológicos y paleontológicos
E- Presencia de estructuras sedimentarias
0- No se observan estructuras sedimentarias
1- Las estructuras son difusas
2- Tiene estructuras comunes (ripples, laminaciones…)
4- Tiene estructuras poco comunes o muy abundantes
SE- Grado de visibilidad de la secuencia estratigráfica*
0-No se puede observar ninguna de las superficies.
1- Se puede observar al menos una secuencia de alta frecuencia o sus superficies.
2- Se observa una secuencia de baja frecuencia o sus superficies.
4- Se observan secuencias sobreimpuestas y sus cortejos internos.
A- Variedad de ambientes de sedimentación
1- Solo se observa un ambiente de sedimentación
2-Se observan varios subambientes (ej: zonas mareales)
4- Se observan varios ambientes de sedimentación bien diferenciados
VT- Variedad y relevancia de taxones
0- Ausencia de fósiles
1- Se observa una única familia de fósiles con poco valor bioestratigráfico o huellas de los mismos
2- Hay un único tipo de fósiles de alto valor bioestratigráficos.
4- Hay varios géneros o familias de fósiles con alto valor bioestratigráfico.
PT- Grado de preservación del molde y microestructura en los taxones
0- No hay resto o solo hay porosidad móldica
1- Se observan moldes (claros) o restos que permiten cierta identificación.
2- Se observan los restos originales, pero diagenetizados, y es posible identificación a nivel de género.
4- Se conserva el resto original o está poco afectado por la diagénesis
PI- Grado de preservación e integridad de los fósiles
0- No hay restos
1- Solo hay restos rodados
2- Restos fragmentados
4- Restos enteros o casi enteros

Tabla 2. Parámetros de valoración utilizados. *En cuanto a la visibilidad de la secuencia estratigráfica, se habla siempre de la posibilidad de ver superficies o secuencias deducidas tras un exhaustivo análisis regional. En nuestro caso se han tomado los trabajos de Gil (2002), Gil *et al.* (2004), Gil *et al.* (2010) y García-Hidalgo (2012).

SIGLA	R	LT	CC	RA	O	RP	P	E	SE	A	VT	PT	PI	VALOR
PACA20	4	2	4	4	2	4	4	2	4	4	4	4	4	**8,5**
ESCS21	2	1	4	2	2	1	4	4	4	4	4	4	4	**7,9**
LIVT22	2	4	1	2	1	1	2	1	1	1	0	0	0	**3,1**
ESSE25	2	1	1	2	2	2	4	4	2	4	2	4	2	**6,1**
ESSG57	1	0	1	2	2	1	2	2	4	4	1	1	1	**4,2**
ESHO60	1	0	2	2	4	0	2	2	4	4	1	1	0	**4,6**

Tabla 3. Análisis de los puntos de interés seleccionados, donde se puede ver la puntuación en cada uno de los parámetros y el valor final, de acuerdo con la siguiente expresión: Valor= ((20*(R+LT+O+E+A+VT))+ (15*(RP+SE+PT))+(10*(CC+RA+PI)))/80. Obteniéndose un valor que varía entre 0 y 10.

CONCLUSIONES

El análisis detallado del valor científico de los elementos geológicos permite obtener información útil para su gestión y conservación. A la vista de los resultados obtenidos en este estudio preliminar (basado en solo 6 localidades seleccionadas), se pueden extraer algunas conclusiones. Por un lado, la metodología muestra su validez para identificar y comparar los lugares, obteniendo unos resultados acordes con lo conocido y esperable, y con la bibliografía estudiada. Por otro lado, destaca la relevancia que se suele otorgar al contenido fósil para la valoración, ya que, los lugares donde no existe, se ven muy penalizados. Destaca también la importancia de la calidad de observación, que hace que lugares que *a priori* tienen poca relevancia (por estructuras o fósiles), resulten atractivos desde el punto de vista científico. Por último, el estudio ha puesto de manifiesto el bajo valor científico del estratotipo de la Formación Valle de Tabladillo, cuya baja puntuación puede deberse a una mala selección original del estratotipo o posterior alteración/modificación del mismo, lo que pone de manifiesto la necesidad de corregir la propuesta de estratotipo.

Los siguientes pasos a dar serían, por un lado, ampliar el análisis a los 60 lugares seleccionados, y por otro lado, si se observan más errores con los diferentes estratotipos, proponer futuros estudios que ayuden a establecer estratotipos más adecuados.

REFERENCIAS

Alonso, A. 1981. El Cretácico de la provincia de Segovia (borde Norte del Sistema Central). *Seminarios de Estratigrafía, Serie Monografías* 7, 1-271.

Carcavilla, L., López-Martínez, J. y Durán, J.J. 2007. *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos.* Instituto Geológico y Minero de España, Serie Cuadernos del Museo Geominero, 7, Madrid, 360 p.

Díez, A. 1991. Puntos de Interés Geológico de la Provincia de Segovia. *Litos*, 6, 31-33,

Díez, A. y Martín-Duque, J.F. 2005. *Las raíces del Paisaje. Condicionantes geológicos del territorio de Segovia*. En: Abella Mardones, J.A. *et al*. (Coords.), Colección Hombre y Naturaleza, VII. Ed. Junta de Castilla y León, 464 págs.

Díez, A. y Vegas, J. 1999. The Geological Heritage in the Province of Segovia (Spain); Proposals for its Management and Conservation. *III International Symposium ProGEO on the Conservation of the Geological Heritage*, Madrid (Spain).

Gil Gil, J. 2002. *Estratigrafía de Alta Resolución en el Turoniense superior- Coniaciense inferior de la Cordillera Ibérica Septentrional*. Tesis Doctoral, UCM, Facultad de Ciencias Geológicas, Madrid, 218 pp.

Gil, J., Carenas, B., Segura, M., García Hidalgo, J.F. y García, A. 2004. Revisión y correlación de las unidades litoestratigráficas del Cretácico Superior en la región central y oriental de España. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 17(3-4), 249-266.

Rodríguez Fernández, L.R. y Oliveira, J.T. (Eds.). 2014. *Mapa Geológico de España y Portugal, E 1:1,000.000*. IGME-LNEG, Madrid.

Vegas J. 2000. *El patrimonio geológico de la provincia de Segovia: geodiversidad y geoconservación*. Colección Naturaleza y Medio Ambiente, 26. Caja Segovia, 69 pp.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LA COMPLEJIDAD LEGISLATIVA EN EL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO: EL CASO DE LOS YACIMIENTOS DE ICNITAS DE LA RIOJA

E. García-Ortiz[1,2] y E. Fernández-Martínez[1]

[1] Universidad de León. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Campus de Vegazana, s/n. 24071 León.
cloessense@hotmail.com, e.fernandez@unileon.es
[2] Instituto de Estudios Riojanos. Calle Portales, 2. 26001 Logroño (La Rioja)

Palabras clave: Icnita, La Rioja, legislación, patrimonio paleontológico, protección.

INTRODUCCIÓN

El patrimonio paleontológico, constituido por los fósiles y los yacimientos donde se encuentran, se caracteriza por presentar rasgos propios que hacen de su gestión un caso particular. Entre ellos se encuentra la multiplicidad legislativa que lo rige, la necesidad de conservar el contexto geológico en el que se encuentran los fósiles, o el hecho de que su atractivo para diversos grupos sociales incrementa su vulnerabilidad (Carcavilla *et al.,* 2007, Henriques y Pena dos Reis, 2015, Vilas Boas *et al.*, 2013).

En este trabajo abordamos la problemática generada por la primera de las características citadas: la multiplicidad legislativa, es decir, el hecho de que los fósiles aparezcan legislados en normativas de diferente origen, categoría y objetivos. Para ello se han analizado, desde un punto de vista patrimonial, 186 yacimientos de icnitas de dinosaurios de la parte riojana dela Cuenca de Cameros (García-Ortiz, 2016). La gestión de estos yacimientos está regulada por normativas muy diversas, existiendo varias figuras de gestión y protección solapadas (Tabla 1).

Las icnitas de dinosaurios son un tipo de fósil que suscita gran interés tanto entre la comunidad científica como entre el público general. El sector riojano de la Cuenca de Cameros, un territorio cuya superficie total supera los 1.332 km^2, es una zona especialmente importante en lo que a icnitas de dinosaurio se refiere ya que en ella se realizaron, en la década de los 60, los primeros descubrimientos de huellas de dinosaurio de España. Además, es la zona de la Península Ibérica en la que se ha documentado un mayor número de yacimientos con icnitas de dinosaurios, contabilizándose un total de 186 yacimientos gracias a la reciente actualización de su inventario (García-Ortiz, 2016). Los materiales donde aparecen estos yacimientos son de edad Jurásico Superior-Cretácico Inferior, aunque casi la totalidad de los mismos está datada como Cretácico Inferior.

MARCO LEGAL DEL PATRIMONIAL REGIONAL

En el caso de La Rioja, los yacimientos paleontológicos fueron protegidos, en un primer momento, mediante la aplicación de la legislación urbanística y de ordenación del territorio (Tabla 1). En 1988 se elaboró el Plan Especial de Protección del Medio Ambiente Natural de La Rioja (PEPMAN; Tabla 1) y, posteriormente en 1994, con un carácter más específico, el Plan Especial de Protección de Icnitas de La Rioja (PEPIR; Tabla 1) que abarca un área de tan sólo 137 km^2. Este plan, mediante la regulación urbanística de usos del suelo y actividades, tiene como finalidad «establecer las medidas necesarias para asegurar la Protección, Catalogación, Promoción y Mejora de los yacimientos de huellas de Dinosaurio y de interés paleontológico de los términos municipales de Cornago, Enciso e Igea». Este

documento constituye el desarrollo de uno de los planes especiales previstos en el PEPMAN, adaptando su normativa a las peculiaridades implícitas del espacio natural que contiene icnofósiles.

En cuanto a la legislación medioambiental, conviene recordar aquí que los fósiles son elementos que aparecen en la definición de patrimonio geológico, incluida por primera vez en la legislación española con la promulgación de la Ley 42/2006, del Patrimonio Natural y la Biodiversidad. Centrándonos en el territorio estudiado, es interesante comentar la Ley 5/2002, de 8 de octubre, de Protección del Medio Ambiente en La Rioja (Tabla 1), que tiene como objetivo «establecer el marco normativo para la prevención, protección, gestión, conservación y restauración del medio ambiente en el ámbito territorial de la Comunidad Autónoma de La Rioja», entendiéndose por medio ambiente «el conjunto constituido por el agua, la atmósfera, el suelo, el subsuelo, el clima, la fauna, la flora y el paisaje, así como su procesos de interacción y la evolución de los mismos» (Art. 1).

Dentro de la legislación medioambiental también es necesario reseñar la Ley 4/2003, de 26 de marzo, de Conservación de Espacios Naturales de La Rioja (Tabla 1), cuya regulación se extiende «al conjunto de la biodiversidad del territorio riojano con sus hábitats naturales, especies de flora y fauna silvestres, patrimonio geológico, patrimonio paleontológico y paisaje, así como sobre los procesos ecológicos fundamentales» (Art.1.2). En su Artículo 15 se hace referencia a los yacimientos paleontológicos dentro de la figura de «Monumentos Naturales», donde se incluyen «las formaciones geológicas, los yacimientos paleontológicos y demás elementos de la gea que reúnan un interés especial por la singularidad o importancia de sus valores científicos, culturales o paisajísticos». Además, esta Ley establece un catálogo de infracciones (de leves a muy graves) y propone un régimen sancionador para las mismas (Título V, Capítulos I y II).

Por otra parte, desde la legislación cultural, organizada en torno a la Ley 16/85, de 25 de junio, del Patrimonio Histórico Español, se promulgó el Decreto 34/2000, de 23 de junio, para la declaración de «Sitio Histórico» de cuarenta yacimientos paleontológicos de icnitas de dinosaurios en la Comunidad Autónoma de La Rioja (Tabla 1). En él se consideran «los yacimientos con pisadas fósiles de dinosaurio como un bien de natural interés» (sic). Además, los 120 afloramientos inventariados en La Rioja se agruparon por razones de proximidad geográfica en 40 yacimientos de contenido y extensión diferentes, de acuerdo con la información existente en el expediente tramitado al efecto por el Servicio de Patrimonio Histórico-Artístico. Mediante este Decreto, se declararon Bienes de Interés Cultural (BIC) con la categoría de «Sitio Histórico», como establece el Art. 9.2 de la la Ley 16/85.

Finalmente, la Ley 7/2004, de 18 de octubre, de Patrimonio Cultural, Histórico y Artístico de La Rioja (Tabla 1) incide en la protección de todos los yacimientos de huellas de dinosaurios de La Rioja, indicando que «el patrimonio cultural, histórico y artístico de La Rioja está constituido por todos los bienes muebles o inmuebles, relacionados con la historia y la cultura de la Comunidad Autónoma, que presenten un interés o valor histórico, artístico, arqueológico, paleontológico, antropológico, etnográfico, arquitectónico, urbanístico, natural, científico, técnico, industrial, documental, bibliográfico o audiovisual de naturaleza cultural» (Art. 2.1). Esta Ley establece una clasificación de los bienes inmuebles según la cual los yacimientos de icnitas de dinosaurios se englobarían bajo la denominación de «Bien de Interés Cultural, clase Lugares Culturales y bajo la categoría de Sitio Histórico y Zona Paleontológica» (Art. 55.2).

Inventarios y catálogos

El Servicio de Patrimonio Histórico Artístico del Gobierno de La Rioja, sección de Paleontología, gestiona el inventario del Registro General del Patrimonio Cultural, Histórico y Artístico de La Rioja, que consta actualmente de 146 fichas de diferentes yacimientos paleontológicos.

Por otro lado, en junio del año 2007, la empresa GEOMARE S.A.L., Geotecnología, Medio Ambiente y Recursos, realizó el «Inventario de Recursos Geológico Mineros de Carácter Singular de la Comunidad Autónoma de La Rioja» para el Gobierno de La Rioja (GEOMARE, 2007). En este inventario se incluyeron los yacimientos de icnitas de dinosaurios dentro de la categoría de «singularidades paleontológicas», describiéndose 113 afloramientos de los 120 contemplados en la Ley 7/2004 pero con información escasa e imprecisa, llegando en algunos casos a ser errónea (por ej., la edad que figura en todas las fichas de yacimientos es Jurásico).

Marco patrimonial regional	***Aspectos legislativos***	**1988: Plan Especial de Protección del Medio Ambiente Natural de La Rioja (PEPMAN).** **1994: Plan Especial de Protección de Icnitas de La Rioja (PEPIR)** aprobado por la Comisión de Ordenación del Territorio y Urbanismo. **2000: Decreto 34/2000**, de 23 de junio, para la declaración de «Sitio Histórico» de cuarenta yacimientos paleontológicos de icnitas de dinosaurios en la Comunidad Autónoma de La Rioja. **2002: Ley 5/2002**, de 8 de octubre, de Protección del Medio Ambiente en La Rioja. **2003: Ley 4/2003**, de 26 de marzo, de Conservación de Espacios Naturales de La Rioja. **2004: Ley 7/2004**, de 18 de octubre, de Patrimonio Cultural, Histórico y Artístico de La Rioja.
	Inventarios y catálogos	**1996 - actualidad:** inventario del **Registro General del Patrimonio Cultural, Histórico y Artístico de La Rioja** gestionado por el Servicio de Patrimonio Histórico Artístico del Gobierno de La Rioja. **2007: «Inventario de Recursos Geológico Mineros de Carácter Singular de la Comunidad Autónoma de La Rioja»**, realizado por GEOMARE S.A.L. para el Gobierno de La Rioja.
	Áreas protegidas y otras figuras de gestión	Parte de esta área es: **- Parque Natural de la Sierra de Cebollera** (Ley 4/1995, de 20 de marzo, de Creación del Parque Natural de la Sierra de Cebollera). **- Reserva de la Biosfera de los Valles del Leza, Jubera, Cidacos y Alhama** desde el 9 de julio de 2003, declarada por el Consejo Internacional del Programa Hombre y Biosfera (MaB) de la UNESCO. **- Destino Turístico *Starlight*** según la Fundación *Starlight.* **- Red Natura 2000** (Decreto 9/2014, de 21 de febrero) con cuatro espacios en el área de estudio: **- ZEC/ZEPA «Sierras de Demanda, Urbión, Cebollera y Cameros»** **- ZEC/ZEPA «Peñas del Iregua, Jubera y Leza»** **- ZEC/ZEPA «Peñas de Arnedillo, Peña Isasa y Peñalmonte»** **- ZEC/ZEPA «Sierra de Alcarama y Valle del Alhama»** **- Monte de Utilidad Pública (MUP)** según el Decreto 36/2014, de 29 de agosto. **- Reserva Regional de Caza de La Rioja, Cameros-Demanda**, según la Ley 3/1999, de 31 de marzo.

Tabla 1. Cuadro de síntesis con las principales iniciativas legislativas y figuras de protección que implican a los yacimientos de icnitas de dinosaurios de La Rioja y/o a su territorio.

Áreas protegidas y otras figuras de gestión

En el sector riojano de la Cuenca de Cameros concurren varias figuras de protección relacionadas con diferentes aspectos del medio ambiente. Todas ellas han de ser tenidas en cuenta para llevar a cabo una gestión eficaz e integral de la zona.

En la parte occidental se encuentra el Parque Natural de la Sierra de Cebollera (Tabla 1), dentro de cuyos límites se localizan cinco yacimientos (San Prudencio, Río Maguillo y La Moga 1-3). Además, la mayoría de los yacimientos inventariados se sitúan dentro de la Reserva de la Biosfera de los Valles del Leza, Jubera, Cidacos y Alhama (Tabla 1), zona recientemente considerada «Destino Turístico *Starlight*» que, aunque no es una figura de protección en sí misma, supone el reconocimiento de unos valores ambientales excepcionales.

Por otro lado, esta área solapa con cuatro espacios de la Red Natura 2000 catalogados como Zonas Especiales de Conservación de Importancia Comunitaria (ZEC) y como Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA). Estos espacios son: «Sierras de Demanda, Urbión, Cebollera y Cameros», «Peñas del Iregua, Jubera y Leza», «Peñas de Arnedillo, Peña Isasa y Peñalmonte» y «Sierra de Alcarama y Valle del Alhama».

Finalmente, gran parte de la Sierra de Cameros está catalogada como Monte de Utilidad Pública (MUP) según el Decreto 36/2014, de 29 de agosto, y Reserva de Caza (Reserva Regional de Caza de La Rioja, Cameros-Demanda), según la Ley 3/1999, de 31 de marzo.

OTRAS INICIATIVAS PATRIMONIALES DE INTERÉS

Debido al abundante registro paleoicnológico de dinosaurios en España, junto con la existencia de otros lugares con este tipo de fósiles en Portugal, en 1998 se impulsó una candidatura internacional para declarar estos bienes Patrimonio Mundial de la UNESCO. Esta candidatura, denominada IDPI, siglas de «Icnitas de dinosaurio de la Península Ibérica» (o *Dinosaur Ichnite sites of the Iberian Peninsula* en inglés) ponía de manifiesto la importancia de este patrimonio considerándolo un recurso natural único e insustituible (FCPTD-IDPI, 2008). Sin embargo, la iniciativa no salió adelante y actualmente La Rioja, al igual que el resto de áreas con icnitas de dinosaurios de la Península Ibérica, carece de un reconocimiento internacional de este tipo.

Por otro lado, parte de estos yacimientos han sido incluidos en el Proyecto *Global Geosites* a través de la identificación de 18 lugares de interés paleontológico representativos del contexto geológico *Fósiles e Icnofósiles del Mesozoico Continental*.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Lejos de constituir un obstáculo, la multiplicidad legislativa que afecta al patrimonio paleontológico debe ser considerada como un hecho positivo, principalmente por dos motivos:

La presencia de este patrimonio en legislaciones y figuras de protección diversas supone un reconocimiento implícito de la existencia e importancia de este tipo de patrimonio. En este sentido, la legislación de La Rioja podría sentar jurisprudencia para el desarrollo legislativo del patrimonio paleontológico en otras regiones.

La existencia de múltiples normativas y figuras de protección (Monumento Natural, Sitio Histórico, Sitio Paleontológico, Zona Paleontológica, etc.) supone un elevado número de herramientas que pueden ser utilizadas en la conservación de este patrimonio.

Sin embargo, un análisis detallado del caso de La Rioja permite constatar que la existencia de este marco legislativo no garantiza *per se* la protección del patrimonio paleontológico ya que, a pesar del número y diversidad de estrategias de protección descritas, una gran cantidad de yacimientos se encuentra actualmente en grave riesgo de degradación. El estudio realizado apunta a que las principales causas de esta situación son:

La gestión está basada en inventarios incompletos, desorganizados y no actualizados (multiplicidad de nombres para un mismo yacimiento, existencia de yacimientos estudiados y publicados no incluidos en los inventarios, desconocimiento de la ubicación y de la extensión precisa de algunos yacimientos, etc.).

La ausencia de estudios sobre las amenazas precisas que afectan a cada yacimiento.

La no existencia de un plan estratégico que permita priorizar las actuaciones. En general, lo que ha ocurrido en el caso analizado es que han prevalecido las estrategias de divulgación frente a las de conservación, hecho que, como demuestra García-Ortiz (2016), ha favorecido la degradación de algunos yacimientos.

El análisis realizado ha permitido también constatar que, de cara a la conservación de los yacimientos, funcionan mejor las estrategias que engloban la totalidad del territorio frente a aquellas que protegen únicamente determinados elementos bajo figuras concretas de protección, especialmente en aquellos casos que requieren una rápida actuación para preservar el yacimiento. Por ejemplo, el yacimiento Trevijano 2 pudo ser fácilmente preservado, ante una amenaza de destrucción por infraestructura vial, mediante la aplicación del PEPIR (Pérez-Lorente, *com. pers.*). Esta misma protección hubiera supuesto un proceso largo, costoso y posiblemente fallido si se hubiera solicitado conservar el yacimiento bajo cualquiera de las figuras de protección reconocidas en la legislación.

En síntesis, existen herramientas múltiples, diversas y complementarias que pueden ser utilizadas para la conservación del patrimonio paleontológico. Sin embargo, por si solas, estas herramientas no protegen nuestro

patrimonio. Para su aplicación con éxito es imprescindible conocer exhaustivamente el territorio y los elementos, con frecuencia cambiantes (pérdida de sitios, nuevos yacimientos, etc.) que se encuentran en el mismo, seleccionar la herramienta que mejor pueda resolver la problemática en cada momento, considerar siempre al patrimonio paleontológico como integrado en un medio ambiente y cultural más amplio, y seleccionar las medidas de gestión que, en cada caso, mejor garanticen el uso y preservación de los elementos patrimoniales.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha beneficiado de una ayuda para la formación de personal investigador de la Universidad de León. Las autoras agradecen a F. Pérez-Lorente (Universidad de La Rioja) su ayuda y la información facilitada para la realización de este trabajo. Este artículo es una contribución al proyecto 727/2012 "Sistema de indicadores para el seguimiento del estado de conservación del patrimonio geológico en la Red de Parques Nacionales (INDICAGEOPAR)".

REFERENCIAS

Carcavilla, L., López-Martínez, J. y Durán, J.J. 2007. *Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos.* Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, Serie Cuadernos del Museo Geominero, nº 7, 360 pp.

Decreto 34/2000, de 23 de junio, para la declaración de «sitio histórico» de 40 yacimientos paleontológicos de icnitas de dinosaurio en la Comunidad Autónoma de La Rioja. BOR 80, de 27 de junio de 2000. http://www.larioja.org/npRioja/default/defaultpage.jsp?idtab=809406&modelo=NA&norma=00216 (acceso: 1-03-2015).

Decreto 9/2014, de 21 de febrero, por el que se declaran las zonas especiales de conservación de la Red Natura 2000 en la Comunidad Autónoma de La Rioja y se aprueban sus planes de gestión y ordenación de los recursos naturales. BOR 24, de 24 de febrero de 2014. http://ias1.larioja.org/boletin/Bor_Boletin_visor_Servlet?referencia=1517427-1-PDF-475993 (acceso: 11-04-2015).

FCPTD-IDPI. 2008. *Icnitas de Dinosaurios de la Península Ibérica (World Heritage Candidacy).* Informe inédito. Ministerio de Cultura de España y Ministerio do Ambiente, do Ordenamento do Territorio e do Desenvolvimento Regional de Portugal, 460 pp.

García-Ortiz, E. 2016. *Análisis de los yacimientos de icnitas de dinosaurios de La Rioja (N de España) como recurso patrimonial y aplicación de nuevas tecnologías a su estudio.* Memoria de Tesis Doctoral inédita, Universidad de León, 540 pp.

GEOMARE S.A.L., Geotecnología, Medio Ambiente y Recursos. 2007. *Inventario y caracterización de recursos geológicos – mineros singulares de la Comunidad Autónoma de La Rioja.* El Gobierno de La Rioja en Internet, 24/01/15, http://www.larioja.org/npRioja/default/defaultpage.jsp?idtab=456440&IdDoc=471255

Henriques, M.H. and Pena dos Reis, R. 2015. Framing the Palaeontological Heritage Within the Geological Heritage: An Integrative Vision. *Geoheritage*, 7 (3), 249-259.

Ley 5/2002, de 8 de octubre, de Protección del Medio Ambiente en La Rioja. BOE 253, de 22 de octubre de 2002. http://www.cepco.es/Uploads/docs/rioja.PDF (acceso: 24-01-2015).

Ley 4/2003, de 26 de marzo, de Conservación de Espacios Naturales de La Rioja. BOE 87, de 11 de abril de 2003. http://www.boe.es/boe/dias/2003/04/11/pdfs/A14270-14288.pdf (acceso: 10- 04-2015).

Ley 7/2004, de 18 de octubre, de Patrimonio Cultural, Histórico y Artístico de La Rioja. BOE 272, de 11 de noviembre de 2004. http://www.boe.es/boe/dias/2004/11/11/pdfs/A37173-37203.pdf (acceso: 1-04-2015).

Resolución de 28 de junio de 1988 de la Consejería de Ordenación del Territorio y Medio Ambiente para la aprobación definitiva del Plan Especial de Protección del Medio Ambiente Natural PEPMAN y de las Normas Urbanísticas Regionales. BOR 78, de 30 de junio de 1988. http://ias1.larioja.org/boletin/Bor_Boletin_visor_Servlet?referencia=490287-1-PDF-26956 (acceso: 18-03-2015).

Resolución de 5 de diciembre de 1994 de la Consejería de Obras Públicas y Urbanismo para la aprobación definitiva del Plan Especial de Protección de Icnitas de La Rioja. BOR 153, de 15 de diciembre de 1994. http://ias1.larioja.org/boletin/Bor_Boletin_visor_Servlet?referencia=514800-1-PDF-76021 (acceso: 18-03-2015).

Vilas Boas, M., Brilha, J. and de Lima, F.F. 2013. Conservação do patrimônio paleontológico do Geopark Araripe (Brasil): enquadramento, estratégias e condicionantes. *Boletim Paranaense de Geociências*, 70, 156-165.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LA PLANIFICACIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS: UN ASPECTO ESENCIAL EN LA GESTIÓN DEL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO

E. García-Ortiz[1,2] y E. Fernández-Martínez[1]

[1] Universidad de León. Facultad de Ciencias Biológicas y Ambientales. Campus de Vegazana, s/n. 24071 León.
cloessense@hotmail.com, e.fernandez@unileon.es
[2] Instituto de Estudios Riojanos. Calle Portales, 2. 26001 Logroño (La Rioja)

Palabras clave: Icnita, infraestructura, La Rioja, patrimonio paleontológico, protección.

INTRODUCCIÓN

En trabajos previos se ha analizado el papel que juegan las infraestructuras en la gestión del patrimonio geológico en general y del paleontológico en particular (García-Ortiz *et al.,* 2013; Fuertes-Gutiérrez *et al.,* 2015). Entre los resultados de este análisis destaca la idea de que, aunque las infraestructuras son esenciales como vehículos de divulgación del patrimonio, no están exentas de problemas ya que ellas mismas experimentan una degradación, tanto natural como antrópica, motivo por el cual su mantenimiento debe ser incluido en la gestión de los yacimientos. Sin embargo, persistía la duda de si estas infraestructuras podían funcionar también como fuente de degradación para el propio yacimiento en el que se instalan.

Para responder a esta pregunta se ha realizado un análisis patrimonial de más de 40 yacimientos de icnitas de dinosaurios localizados en el sector riojano de la Cuenca de Cameros (García-Ortiz, 2016). La cantidad, variedad, interés científico y potencial divulgativo de este patrimonio paleontológico dotan al territorio estudiado de un altísimo valor patrimonial (García-Ortiz, 2016). Se trata, además, de una región con cierto recorrido en lo que se refiere a gestión de yacimientos puesto que la primera normativa específica de regulación (Plan Especial de Protección de Icnitas de La Rioja, PEPIR) data del año 1994. A lo largo de las últimas décadas, la gestión de este patrimonio ha priorizado el estudio científico y la divulgación turística de los yacimientos, iniciada esta última en los años 60, frente a la protección directa de los mismos. El resultado, a fecha de hoy, es la existencia de más de 40 yacimientos con infraestructuras de diverso tipo en el sector riojano de la Cuenca de Cameros.

En este trabajo se realiza una recopilación de las diferentes infraestructuras existentes en los yacimientos estudiados, agrupándolas en cuatro categorías tipológicas en función de su utilidad principal. Además, se exponen los principales tipos de deterioro generados por estas infraestructuras y que se han observado en los yacimientos estudiados, sugiriendo algunas propuestas de gestión, previas y posteriores a la colocación de la infraestructura, encaminadas a eliminar o mitigar dichas amenazas.

INFRAESTRUCTURAS Y SU EVOLUCIÓN

La Tabla 1 recopila los diferentes tipos de infraestructuras presentes en los yacimientos de icnitas de dinosaurios del sector riojano de la Cuenca de Cameros, indicando la funcionalidad principal de cada uno de estos tipos. Para ello, se han definido cuatro funcionalidades básicas: 1) acceso (con dos subtipos: mobiliario y señal), 2) protección frente a amenazas, 3) información, y 4) uso turístico general. Como se observa en la Tabla 1, la mayoría de las infraestructuras

Funcionalidad / Infraestructura	Acceso		Protección frente a		Información	Uso turístico
	Mobiliario	Señal	Amenazas naturales	Amenazas antrópicas		
Parking	●					●
Camino/senda/pista/carretera	●					○
Pasarela	●			○		●
Barandilla de acceso	●					●
Escalera	●					●
Mirador	○			○	●	●
Poste		●			○	●
Muro de contención			●			
Tejado o cubierta			●			
Vallado/verja			○	●		
Cercado			○	●		
Foso			○	●		
Recinto cerrado			○	●		
Panel horizontal (mesa)					●	●
Panel vertical					●	●
Poster plastificado					●	●
Ruta señalizada	●				○	●
Réplica de dinosaurio					○	●
Molde/replica de rastro						●
Tobogán dinosaurio						●
Banco						●
Área recreativa					○	●
Parque de paleoaventura					○	●
Espacio paleobotánico «Mirando al cielo»					○	●
Museo				○	●	●

● Funcionalidades primarias ○ Funcionalidades secundarias

Tabla 1. Tabla con las principales infraestructuras existentes en los yacimientos de icnitas de dinosaurios de La Rioja y funcionalidades (primarias y secundarias) de las mismas.

tienen varias funcionalidades, aunque una o dos suelen ser las primarias. Tan sólo algunas infraestructuras como los bancos o varios elementos recreativos, como los toboganes, tienen la funcionalidad única que hemos denominado «uso turístico».

DEGRADACIÓN ASOCIADA A INFRAESTRUCTURAS

Como puede observarse en la Tabla 2, que recoge la degradación asociada a loscuatro tipos de infraestructuras definidos, las amenazas para el patrimonio generadas por estas son fundamentalmente de dos tipos:

a) *El aumento de la vulnerabilidad antrópica*. Está principalmente causado por el incremento de la presión de carga, con el consiguiente deterioro físico de la estructura y del área en que se encuentra. En este sentido, un caso especial pero habitual está representado por el incremento de acciones que denotan falta de educación y civismo. En efecto, determinadas infraestructuras, especialmente aquellas que funcionan como reclamo turístico, pueden ser propulsoras de conductas contrarias a su objetivo inicial, facilitando el acceso a personas que practican el expolio y/o el vandalismo.

b) *La degradación física, usualmente puntual, del yacimiento*. Por ejemplo, la colocación de una cubierta sobre una parte concreta de un yacimiento suele provocar cambios bruscos de insolación y temperatura entre partes próximas de la superficie, desencadenando procesos mecánicos de fracturación y descamación. Otro ejemplo viene dado por la colocación de infraestructuras metálicas sobre la superficie de los propios yacimientos. En este caso, los óxidos, creados por la exposición del material metálico a los agentes meteorológicos, provocan alteraciones cromáticas y químicas que pueden afectar valor intrínseco del lugar, aunque en con frecuencia solo repercuten en el valor percibido por los visitantes debido al impacto visual generado.

Exponemos a continuación algunos ejemplos de degradación representativos de la gama que aparece en los yacimientos de icnitas de dinosaurios de La Rioja.

Respecto a las infraestructuras de acceso, un caso reseñable son los yacimientos con elementos que facilitan la accesibilidad al público,como es el caso de Valdecevillo de Enciso (Figura 1.a). Este lugar cuenta con parking, escaleras, senda, barandillas de acceso y postes de señalización, además de otras infraestructuras de protección (ej., cercado, cubierta…), información (ej., paneles) y uso turístico (ej., seis réplicas de dinosaurios). Este elevado número de elementos actúa como reclamo, convirtiéndolo en uno de los yacimientos más visitados de La Rioja, lo que unido a su inclusión en varias rutas turísticas, como la «Senda de los Dinosaurios», supone la intensificación de la presión de carga a la cual se encuentra sometido el yacimiento.

Con referencia a las infraestructuras de protección, en el yacimiento de El Villar (Igea) se construyó un pequeño muro de contención (Figura 1.b). Este elemento, lejos de proteger, se situó sobre la superficie del yacimiento ocultando parte de su contenido y separando icnitas pertenecientes a un mismo rastro. Además, su presencia intensifica la acción del agua en una parte del yacimiento ya que actúa como canal, sirviendo también de soporte para el acúmulo de gran cantidad de rocas

Funcionalidad de la infraestructura	Degradación asociada	Ejemplo
De acceso	Aumento de la vulnerabilidad antrópica y del riesgo de degradación derivado de su uso público de la propia infraestructura	Yac. Valdecevillo
De protección	Intensificación de la amenaza que se pretende frenar	Yac. El Villar
De información	Aumento de la vulnerabilidad antrópica (intensificación del riesgo de expolio y/o vandalismo)	Puesto de interpretación paleontológica de Valdebrajes
De uso turístico	Aumento de la vulnerabilidad antrópica	Yac. La Virgen del Campo

Tabla 2. Degradación asociada a los cuatro tipos básicos de funcionalidades de las infraestructuras, con el ejemplo que se expone en el texto. Yac.: yacimiento.

Figura 1. a) Vista general del yacimiento de Valdecevillo en Enciso con diferentes infraestructuras. b) Yacimiento de El Villar (Igea) con muro de contención en su parte inferior. c) Bloque con contenido icnítico, señalado con una flecha, destrozado por completo en el punto de interpretación paleontológica junto al yacimiento de Valdebrajes (Cervera del Río Alhama). Fotografía cedida por F. Pérez-Lorente e I. Díaz-Martínez. d) Grupo de turistas fotografiándose con las reproducciones situadas dentro del yacimiento de La Virgen del Campo en Enciso.

y terrígenos rodados por la acción de la gravedad desde partes altas del yacimiento. Esta acumulación está provocando la formación de un suelo y el crecimiento de vegetación, acrecentándose así la acción de la actividad biológica en el lugar.

Acerca de las infraestructuras de información, un ejemplo de referencia es el Punto de interpretación paleontológica de Valdebrajes (Cervera del Río Alhama) (Figura 1.c), que se articuló en torno a la exposición de 23 piezas con icnitas y estructuras sedimentarias halladas durante la obras de ampliación de la carretera Arnedo-Cervera del Río Alhama. La existencia de piezas sueltas, muy accesibles y atractivas, ha propiciado la aparición de conductas vandálicas que han supuesto la destrucción parcial (rotura y robo) de los elementos expuestos.

Por último, la mayoría de las infraestructuras de uso turístico intensifican la presión de carga que experimentan los yacimientos, pero son aquellas que se sitúan dentro de los mismos las que pueden generar una degradación directa del mismo. Un ejemplo de este último caso es el yacimiento de La Virgen del Campo, sobre cuya superficie se han situado dos réplicas simulando una pelea entre un dinosaurio herbívoro y otro carnívoro (Figura 1.d). A pesar de las infraestructuras de protección del propio yacimiento (pasarela, barandillas y mirador) y de que las réplicas se encuentran sobre una peana, los turistas se adentran en el yacimiento para fotografiarse junto a estos llamativos elementos.

LA EVOLUCIÓN DE LAS INFRAESTRUCTURAS

Otro aspecto a tener en cuenta en la determinación de los efectos de las infraestructuras en el valor de los yacimientos son los cambios en el tiempo experimentados por estas, especialmente en lo que a materiales de fabricación, tipo de elemento, cantidad y ubicación de los mismos se refiere.

En La Rioja, la primera estrategia de protección y puesta en valor tuvo lugar en el año 1976 con el vallado del sector VA4 del yacimiento de Valdecevillo. Posteriormente, en 1985, se colocó una reproducción de un dinosaurio de yeso en el municipio de Poyales, y, en 1989, se levantaron una cubierta y un vallado en el yacimiento de Los Cayos (García-Ortiz, 2016). A partir de la década de los 90 estas actuaciones se intensificaron por la intervención de diversos ayuntamientos, que jugaron un importante papel, primero apoyando las iniciativas particulares, y después, empleando fondos europeos en la consecución de esta labor (Pérez-Lorente, 2000). Posteriormente, el Gobierno de La Rioja y la Fundación Patrimonio Paleontológico se hicieron cargo de la señalización mediante postes de algunos yacimientos inventariados.

Así, las primeras iniciativas priorizaban la funcionalidad de la infraestructura sin prestar atención a aspectos como la durabilidad de la misma (por ej., la reproducción del dinosaurio de Poyales se destruyó pocos años después de su instalación como resultado de su exposición a los agentes meteorológicos), el impacto visual causado, etc., siendo la mayoría de las señales elementos de tipo vallas y recintos de metal. Actualmente las infraestructuras de metal están en desuso, pero en algunos casos se siguen utilizando piezas metálicas para zonas de refuerzo que pueden ocasionar las mismas alteraciones, especialmente en sectores no riojanos de la Cuenca de Cameros (García-Ortiz, 2016).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta todo lo anterior, existe una propuesta de gestión lógica y que ya fue planteada al reconocer el deterioro experimentado por las propias infraestructuras (García-Ortiz *et al.*, 2013; Fuertes-Gutiérrez *et al.*, 2015): la consideración de estas dentro de los planes de gestión de cada yacimiento de interés paleontológico. No obstante, para planificar correctamente esta gestión es imprescindible contar con una relación exhaustiva de los problemas asociados a la colocación de infraestructuras de distintos tipo en yacimientos también diversos. Se trata de una labor que cada equipo (de investigación y/o gestión) debería desarrollar en sus respectivas áreas de trabajo.

A pesar de las particularidades de cada región y tipo de yacimiento, las propuestas de gestión deberían centrarse en dos tipos de actuaciones:

1. Las previas a la instalación, en las cuales usualmente se define el tipo y la finalidad o finalidades de cada infraestructura, los materiales que la componen, el lugar de colocación, etc. Entre las propuestas que pueden ser aplicadas en esta fase se encuentran, entre otras, la selección de yacimientos en los que se van a instalar determinadas infraestructuras, el análisis de la superficie potencial de cada yacimiento seleccionado, el estudio de la presión de carga, o la elección de ubicaciones que no oculten o deterioren físicamente zonas sensibles del yacimiento.
2. Las posteriores a la instalación, o de mantenimiento propiamente dicho, con las cuales se pretende mantener la funcionalidad de estas infraestructuras y detectar posibles alteraciones derivadas de su uso. En todo caso, las actuaciones posteriores deberían incluir un seguimiento del estado de conservación de los yacimientos específicamente ligado a las propias infraestructuras.

AGRADECIMIENTOS

Para la realización de este trabajo, E.G.O. ha obtenido una ayuda para la formación de personal investigador de la Universidad de León. Este artículo es una contribución al proyecto 727/2012 "Sistema de indicadores para el seguimiento del estado de conservación del patrimonio geológico en la Red de Parques Nacionales (INDICAGEOPAR)".

REFERENCIAS

Fuertes-Gutiérrez, I., García-Ortiz, E. and Fernández-Martínez, E. 2015. Anthropic Threats to Geological Heritage: Characterization and Management: A Case Study in the Dinosaur Tracksites of La Rioja (Spain). *Geoheritage,* (2015-02-04), 1-19.

García-Ortiz, E. 2016. *Análisis de los yacimientos de icnitas de dinosaurios de La Rioja (N de España) como recurso patrimonial y aplicación de nuevas tecnologías a su estudio.* Memoria de Tesis Doctoral inédita, Universidad de León, 540 pp.

García-Ortiz, E., Fuertes-Gutiérrez, I. y Fernández-Martínez, E. 2013. Análisis del riesgo de degradación de algunos yacimientos de icnitas de dinosaurio de La Rioja, España. 2 - vulnerabilidad antrópica y elementos de puesta en valor. En: Vegas, J., Salazar, A., Díaz- Martínez, E. y Marchán, C. (eds.), *Patrimonio geológico, un recurso para el desarrollo*, Cuadernos del Museo Geominero15. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 219-229.

Pérez-Lorente, F. 2000. Experiencias de Geoconservación en La Rioja. En: Barettino, D., Wimbledon, W.A.P. y Gallego, E. (eds.), *Patrimonio Geológico y Gestión.* Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 179-196.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

GEORRECURSOS ASOCIADOS A LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS: DIFUSIÓN DE LA GEOLOGÍA DE LA PROVINCIA DE GUADALAJARA

J.A. Lebrón[1], A. Calonge[1], M.D. López Carrillo[2] y R.E. Trinidad Teves[3]

[1] Dpto. Geología, Geografía y Medio Ambiente. Facultad de Educación. Universidad de Alcalá.
19001 Guadalajara. lebron02@gmail.com, a.calonge@uah.es
[2] Dpto. Didácticas Específicas. Centro Universitario Cardenal Cisneros (centro adscrito a la Universidad de Alcalá),
28806 Alcalá de Henares. lola.lopez@cardenalcisneros.es
[3] ViewNext, Empresa de desarrollo de software, Avda. de Burgos, 8-A, 28036 Madrid. rober_tt@yahoo.es

RESUMEN

Actualmente el uso de las redes sociales se ha convertido en uno de los medios más empleados a la hora de interactuar con el resto de la sociedad mediante la publicación de fotografías, experiencias, o vivencias que muestran claramente los intereses del conjunto de la sociedad. Entre las principales redes sociales que permiten esta interactuación destacan principalmente, Facebook, Twitter o Instagram, en las que es posible compartir, con un amplio espectro de usuarios, contenidos específicos. Además, se considera de gran interés el empleo de nuevos métodos de difusión, tales como las aplicaciones móviles, donde el usuario pueda acceder de forma rápida y sencilla a cualquier tipo de información. De esta manera, se han definido una serie de acciones destinadas a la divulgación de la geología, a través de las nuevas tecnologías.

Palabras clave: Aplicaciones móviles, geología regional, georrecursos, Guadalajara, redes sociales.

ABSTRACT

Currently the use of social networks has become one of the best way to interact with society by publishing photographs and experiences. It is useful to the whole society. Among the major social networks that allow this interaction Facebook, Twitter and Instagram can be shared with a wide range of users and specific content. In addition, it is considered the use of new methods of diffusion, such as mobile applications, where the user can access quickly and easily to any type of information. Therefore, we have defined actions to diffuse geology with ICT.

Key words: Mobile applications, regional geology, georesources, Guadalajara, social networks.

INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas el interés por la geología en nuestra sociedad ha experimentado un claro aumento debido, en gran medida, al enorme esfuerzo que los expertos en esta ciencia han ejercido para que la historia de nuestro planeta sea difundida de generación en generación. Para llevar a cabo esta importante tarea, se han realizado una serie de acciones las cuales, dentro de este artículo, se definen como "Georrecursos tradicionales". Entre los métodos más característicos que

forman parte de este conjunto de recursos geodidácticos se encuentran las visitas a exposiciones, ubicadas en determinados museos o centros de interpretación; el desarrollo de rutas geológicas (geoturismo) o la elaboración de obras o trabajos de carácter didáctico-divulgativo, tales como guías, atlas paisajísticos; e incluso, el desarrollo de determinados congresos, simposios o jornadas, centradas en diversos aspectos divulgativos de la geología de una región.

En nuestro caso, en la provincia de Guadalajara existen diversas vías destinadas a la difusión de la geología de la zona. De esta manera, nos encontramos museos como el de Molina de Aragón, o los de Atienza (Calonge y Rodríguez, 2008), donde es posible contemplar elementos geológicos representativos de la provincia, como fósiles, rocas o minerales; así como determinados centros de interpretación vinculados con los principales espacios naturales de la zona: los parques naturales del Barranco del río Dulce, Alto Tajo y la Sierra Norte de Guadalajara; en los que se expone gran cantidad de información referente a los aspectos naturales más relevantes de cada uno de los parques naturales de la provincia.

Por otro lado, como se ha comentado anteriormente, en los últimos años se ha visto incrementado el interés en el desarrollo de rutas geológicas accesibles para toda la sociedad, lo que actualmente se conoce como Geoturismo, el cual se ha visto favorecido gracias a la aparición de iniciativas como el "Geolodía", destinada a la difusión de la geología para toda la sociedad (Crespo-Blanc *et al.,* 2011), y a la implementación de numerosas infraestructuras que facilitan, en gran medida el acceso a determinados enclaves geológicos y su comprensión (Carcavilla *et al*., 2011).

Finalmente, la confección de obras didáctico-divulgativas, como las guías geológicas del Alto Tajo (Carcavilla *et al*., 2008), el Barranco del río Dulce (García Olaya *et al*., 2010) o el Geoparque de Molina (Carcavilla y Perruca, coords, 2015), entre otros, permiten al usuario disponer de gran cantidad de información relacionada con la geología de la región.

A pesar de las diversas alternativas existentes que permiten a los geólogos materializar acciones destinadas a la divulgación de esta ciencia al resto de la sociedad, hay que tener en cuenta que actualmente están surgiendo nuevos medios que pueden ser adoptados como nuevos escenarios para difundir la geología. En esta línea se pueden englobar los Georrecursos asociados a las nuevas tecnologías.

NUEVOS MÉTODOS DE DIFUSIÓN DE LA GEOLOGÍA: GEORRECURSOS ASOCIADOS A LAS NUEVAS TECNOLOGÍAS

Redes Sociales

Desde comienzos del siglo XXI, han ido surgiendo nuevas formas que permiten a la sociedad estar en contacto con el resto del mundo, obtener información de una forma más rápida y sencilla y compartir dicha información con multitud de usuarios. Dichos mecanismos de información se han desarrollado gracias a la evolución de los medios informáticos, principalmente internet y los dispositivos portátiles. De esta manera, en los últimos años han surgido las denominadas redes sociales, a través de las cuales millones de personas pueden compartir información en cualquier tipo de formato digital, con el resto de usuarios. Entre estas redes sociales, destacan principalmente tres: Facebook, Twitter e Instagram. Debido al auge de estos medios de interactuación, se ha considerado de gran importancia la adecuación de los métodos de difusión de la Geología a las nuevas posibilidades que ofrecen estas nuevas plataformas.

Aplicaciones para teléfonos inteligentes (Smartphones)

Finalmente, otro de los medios que han experimentado un considerable crecimiento, es el empleo de aplicaciones a través de multitud de dispositivos tecnológicos, entre los que destacan los teléfonos inteligentes o Smartphones. Actualmente existen determinadas aplicaciones móviles centradas en la difusión del medio natural, principalmente asociadas a elementos geológicos y/o paleontológicos, como las APPS del Geoparque de Villuercas Ibores Jara, Cuatro Valles-PIGs o NaturCuenca, entre otros.

De esta manera, se ha iniciado el desarrollo de una aplicación móvil, denominada GeoGuada, para dispositivos Apple, a través del sistema operativo iOS. Los dispositivos móviles que actualmente son compatibles: *iPhone 4s* (2011), *iPhone 5* (2012), *iPhone 5c* y *iPhone 5s* (2013), *iPhone 6*, *iPhone 6 Plus*, *iPhone 6s*, *iPhone 6s* y *iPhone 6s Plus* (2014), *iPhone SE* (2016), y iPod Touch de 5ª y 6ª generación (2012 y 2015, respectivamente).

El principal objetivo de la elaboración de esta APP reside en la necesidad de difundir las características del medio natural y el Patrimonio Geológico de la provincia de Guadalajara, con el fin de concienciar al conjunto de la sociedad

sobre la importancia de su conservación, mediante el empleo de las nuevas tecnologías. Esta aplicación permite que los usuarios dispongan de una gran cantidad de información en un formato muy reducido y totalmente manejable, siendo apto e imprescindible su uso en el entorno natural. Así, a través de la información contenida en esta aplicación, cualquier usuario puede conocer las características de los elementos geológicos más relevantes de la provincia de Guadalajara, otorgándoles, además, la pautas necesarias para poder llevar a cabo la visita a gran parte de los Puntos de Interés Geológico de la región, gracias a la geolocalización de los mismos. Esta información, como se explicará más adelante, aparece reflejada en diferentes formatos de mapas, tanto en vista de satélite como de carreteras. Además, esta APP pretende ser accesible para cualquier usuario, independientemente de sus conocimientos sobre aspectos geológicos, gracias a la confección de un completo glosario de términos, cuyas características se expondrán más adelante.

La aplicación móvil propuesta dentro de las acciones destinadas a la divulgación del Patrimonio Geológico de la provincia de Guadalajara, se encuentra actualmente en una avanzada fase de desarrollo aunque su contenido será notablemente ampliado en el futuro. Esta aplicación ha sido desarrollada por el ingeniero informático, Roberto Trinidad Teves, de la Universidad Politécnica de Madrid, siendo el contenido de la misma íntegramente creado por el resto de autores de este trabajo. El proceso de elaboración de esta APP se ha llevado a cabo principalmente en dos fases:

• *Primera fase de desarrollo de la aplicación GeoGuada*

Uno de los primeros elementos que se debían generar como punto inicial en la confección de esta APP, es la elaboración de una completa base de datos relacional en la que se ha incluido información de cada uno de los PIGs inventariados en la provincia de Guadalajara. La construcción de dicha base de datos se realizó mediante la utilización de la herramienta *Sqlite.* A través de dicho programa se han podido desarrollar diversas tablas que nos permiten interrelacionar la información contenida en cada una de ellas. De esta manera, se llevó a cabo la elaboración de una tabla principal, constituida por el nombre de los PIGs catalogados, sus descripciones y características litológicas, entre otros; y tablas de edades, disciplinas geológicas y comarcas, vinculadas con la información incluida en la tabla principal.

• *Segunda fase de desarrollo de la aplicación GeoGuada*

Una vez elaborada la base de datos, el siguiente paso es iniciar la creación de la aplicación mediante el uso del kit de desarrollo de iOS, denominado *XCode*. A través de esta herramienta, se pueden realizar diversas acciones que nos permitirán confeccionar la forma en la que se mostrará la información a trava manera en la que se mostrars, llevar a cabo diversas acciones que nos permitan confeccionar la manera en la que se mostrars, és del dispositivo móvil. Para desarrollar esta segunda fase, mediante la citada herramienta, se debe conectar la base de datos realizada a través del programa *Sqlite*, lo que nos ofrece posteriormente, la posibilidad de efectuar consultas de la misma a través de *XCode* y, por otro lado, la creación de pantallas, con el fin de iniciar el proceso de programación de toda la lógica de la APP. El lenguaje de programación que se ha utilizado para la creación de esta aplicación se denomina *Swift*.

• *Interfaz, estructura y contenido de la aplicación GeoGuada*

Una vez introducidos todos los datos asociados al conjunto de Puntos de Interés Geológico en las diferentes tablas de contenidos que conforman la base de datos, y diseñadas cada una de las pantallas que mostrarán dicha información dentro de la APP, se procede a la exposición de la estructura y el contenido de la misma. La aplicación *GeoGuada,* se estructura principalmente en cuatro secciones, ubicadas en la parte inferior de la pantalla principal de la APP (Figura 1): *Listados, Favoritos, Mapas* e *Información.*

• *Sección 1: Listados*

En esta primera sección, se muestran diferentes listados a través de los cuales se puede acceder a la información de cada uno de los Puntos de Interés Geológico incluidos en la APP. Así, nos encontramos, por un lado, con el Listado completo del conjunto de Puntos de Interés Geológico presentes en la aplicación (a, Figura 1, izq.); y por otro lado, se facilitan diferentes listados filtrados en base a diversos aspectos o categorías:

- *Listado de Puntos de Interés Geológico distribuidos por comarcas* (b, Figura 1, izq.).
- *Listado* de Puntos de Interés Geológico *en base a los diferentes períodos geológicos* representados (c, Figura 1, izq.).
- *Listado* de Puntos de Interés Geológico agrupados *por disciplinas geológicas* (d, Figura 1, izq.).

Figura 1. Pantalla principal de la aplicación en la que se muestra la información de la sección "Listados" (izquierda); pantalla principal de la sección de mapas (derecha).

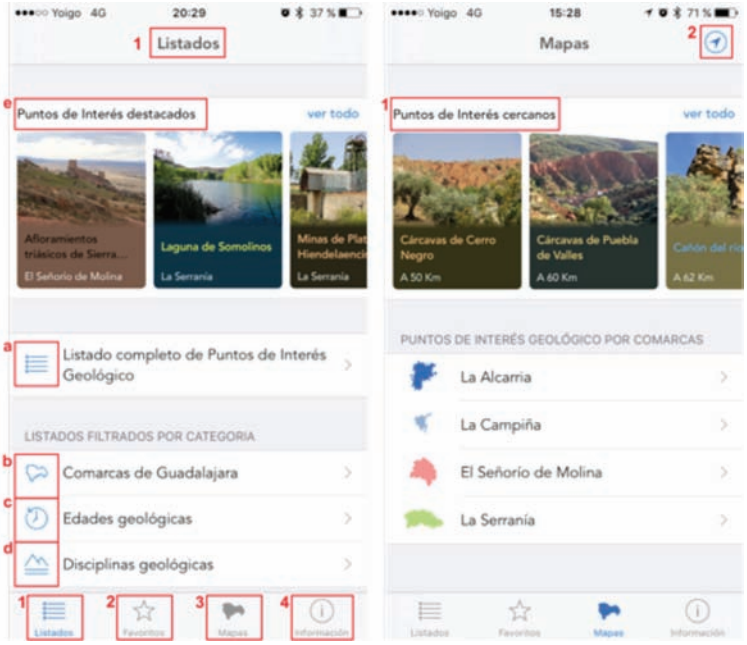


Figura 2. Pantalla en la que se muestra la información de los Puntos de Interés Geológico.

Cuando accedemos a cualquiera de los elementos geológicos inventariados en la aplicación, se muestra una nueva pantalla, en la que destaca en primera instancia, la presencia de una imagen relacionada con el Punto de Interés Geológico consultado. Inmediatamente debajo de esta fotografía (la cual puede seleccionarse para ser visualizada de manera independiente), se muestra información detallada sobre el elemento geológico en cuestión (Figura 2).

• *Sección 2: Favoritos*

En este apartado se puede acceder a aquellos Puntos de Interés Geológico que hayamos considerado como nuestros "favoritos". Para llevar a cabo esta acción, hay que acceder al Punto de Interés Geológico que se desea consultar. Una vez en la pantalla de información de dicho PIG, pulsamos sobre el icono en forma de estrella que aparece en la esquina superior derecha de la pantalla (Figura 2).

• *Sección 3: Mapas*

Esta sección muestra aquellos PIGs más próximos a nuestra ubicación actual. Por tanto, una vez que nos hallemos en el medio natural de la provincia de Guadalajara, podremos saber qué puntos aparecen en nuestro entorno, con la finalidad de poder confeccionar nuestras propias rutas geológicas (1, Figura 1, der.). La información asociada a la distancia entre cada uno de los PIGs y el usuario puede actualizarse al pulsar sobre el icono que aparece en la parte superior derecha de la pantalla (2, Figura 1, der.).

• *Sección 4: Información*

En este último apartado se incluye importante información que abarca diversos aspectos:

- *Información* acerca de las diversas *figuras de protección* presentes en la provincia.
- *Listado de museos y centros de interpretación* de la provincia.
- *Listado de miradores* presentes en la región.
- *Glosario* de términos vinculados con conceptos expuestos en las descripciones de cada uno de los Puntos de Interés Geológico disponibles en la APP.
- *Advertencias* y consejos relacionados con el acceso a determinadas localizaciones, tránsito a pie por carreteras, disponibilidad de aparcamiento, indumentaria adecuada, etc…
- *Créditos*, en el que se mostrará el equipo que ha hecho posible la elaboración de esta APP.
- *Acerca de GeoGuada*, donde se expondrá el motivo de la creación de esta aplicación así como los objetivos que se desean cumplir con su utilidad.

CONCLUSIONES

Como se ha podido observar, la adopción de nuevos métodos para la difusión de la geología a través del empleo de las nuevas tecnologías, pueden suponer un nuevo rumbo en el desarrollo de acciones que permitan a la sociedad conocer, de una forma más accesible, las características geológicas del medio natural que les rodea. Por lo tanto, se considera de vital importancia la adecuación y complementación de los métodos tradicionales de divulgación con los nuevos medios informáticos. De esta manera, este trabajo pretende poner de manifiesto las posibilidades que pueden ofrecernos las nuevas tecnologías destinadas a la difusión, no solo de la geología, sino del entorno natural de cualquier región.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del Proyecto Ministerio de Economía y Competitividad no CGL2015-69805-P y del Grupo de innovación docente: UAH-GI15-77 "Competencias en red". También ha recibido el apoyo del proyecto de la UAH: UAH/EV783 y del Grupo de Investigación CCEE2008/R02 (UAH: Enseñanza de las Ciencias de la Tierra).

REFERENCIAS

Calonge, A. y Rodríguez, M. (Eds.) 2008. *Geología de Guadalajara*. Obras colectivas Ciencias 03 UAH, 368 pp.

Carcavilla, L., Ruiz, R. y Rodríguez, E. 2008. *Guía Geológica del Parque Natural del Alto Tajo*. Ed. Junta de Comunidades de Castilla – La Mancha, 267 pp.

Carcavilla, L., Belmonte, A., Durán, J.J. e Hilario, A. 2011. Geoturismo: concepto y perspectivas en España. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19 (1), 81-94.

Carcavilla, L. y Perruca, M. 2015. *Guía turística del Geoparque de la comarca de Molina-Alto Tajo.* Ed. Asociación de Desarrollo Rural Molina de Aragón-Alto Tajo, 300 pp.

Crespo-Blanc, A., Alcalá, L., Carcavilla, L. y Simón, J.L. 2011. Geolodía: origen, presente y futuro. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19 (1), 95-103.

García Oyala, M.C., Sanz, J. y Aguilar, M. (Coords.) 2010. *Guía de visitantes del Parque Natural del Barranco del Río Dulce.* Ed. Organismo Autónomo de Espacios Naturales de Castilla – La Mancha y la Junta de Comunidades de Castilla – La Mancha, 187 pp.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LA CONSERVACIÓN PREVENTIVA DE MATERIALES PALEONTOLÓGICOS

F. Marcos-Fernández[1] y F. Ortega[2]

[1] Universidad Complutense de Madrid, Departamento de Pintura y Restauración, Facultad de Bellas Artes, UCM, Greco 2, 28040 Madrid. famarcos@ucm.es
[2] Universidad Nacional de Educación a Distancia. Departamento de Física Matemática y de Fluidos, Facultad de Ciencias, Paseo de la Senda del Rey 9, 28040 Madrid. fortega@ccia.uned.es

RESUMEN

La conservación preventiva es una disciplina desarrollada a lo largo del último siglo como herramienta de gestión de colecciones en la que los antiguos inventarios empiezan a completarse con una información dirigida a las labores de conservación con intención de generar rutinas de control de riesgos para anticiparse a sus efectos. Proponemos un formulario con la documentación necesaria para la realización de una ficha que aporte pautas adecuadas para la conservación preventiva en paleontología.

Palabras clave: Paleontología, conservación, conservación preventiva, fósiles.

ABSTRACT

Preventive conservation is a discipline developed over the last century as a set of techniques for the management of collections, in which the old inventories begin to be completed with information aimed at tasks of conservation in order to generate routines of risk control that allow to anticipate their effects. We propose a form with the necessary documentation for making a datasheet to provide appropriate guidelines for preventive conservation in palaeontology.

Key words: Palaeontology, conservation, preventive conservation, fossils

INTRODUCCIÓN

La conservación preventiva contiene todas aquellas medidas y acciones dirigidas a evitar o minimizar futuros deterioros o pérdidas de un objeto patrimonial (*sensu* resolución adoptada por los miembros de ICOMCC durante la 15ª Conferencia Trienal, New Delhi). Es una forma de mejorar de forma global el estado de conservación de las colecciones que se gestionan. La conservación preventiva conlleva un análisis pormenorizado de los materiales depositados en una colección, sus métodos de extracción y sus necesidades de investigación. Con todo ello se generan unas rutinas de gestión o unos protocolos de trabajo que permiten detectar los síntomas de distintos procesos de deterioro o identificar los factores de riesgo para las distintas colecciones, de forma que se puedan minimizar o evitar antes de que generen daños irreversibles (Herráez Ferreiro, 2013)

Se presenta una aproximación a las necesidades conservación del material paleontológico y se proponen una serie de análisis para conocer las necesidades y riesgos de una colección paleontológica con la intención de mejorar

sus condiciones de conservación. En general, las medidas propuestas son indirectas, pero para ajustarlas es necesario el conocimiento de la colección o de las colecciones sobre las que se va a actuar: la legislación que las protege, sus necesidades de registro, inventarios, materiales que las componen, tratamientos realizados durante la extracción o en la restauración, necesidades de control ambiental, etc. (Guichen, 2013).

Aproximación histórica

Aunque probablemente el mayor desarrollo de la conservación paleontológica se ha producido en las últimas décadas, pueden rastrearse referencias a aspectos relacionados desde hace casi 200 años. Las primeras referencias estructuradas a procedimientos de conservación de material paleontológico son de principios del siglo XIX (Brown, 2013). No será hasta los años 70 cuando A.E. Rixon, preparador jefe del BMNH de Londres, publique la primera obra de referencia en la conservación y preparación moderna (Rixon, 1976).

Por otro lado la conservación preventiva da sus primeros pasos a mediados del s. XX, pero el desarrollo de la disciplina se produce a finales de los 90 con la publicación de un monográfico de la revista *Museum* (García Fernández, 2013). En ese momento, desde el Museo Nacional de Ciencias Naturales en Madrid, surge la inquietud de generar literatura y de estudiar los agentes de deterioro de las colecciones de historia natural en general y de las de paleontología en particular (Sanchíz y Rodríguez, 1994).

NORMATIVA Y LEGISLACIÓN

Uno de los primeros análisis a realizar es el de la normativa de aplicación, ya sea autonómica, estatal o internacional que controla a nivel legal el material a conservar. En el caso del patrimonio paleontológico español, el marco legal siempre ha sido complejo, atendiendo a su dualidad normativa derivada tanto de su consideración como patrimonio histórico o cultural y natural. Afortunadamente, en los últimos años y con la modificación de las leyes autonómicas, se comienzan a considerar las características específicas del patrimonio paleontológico, aunque aún no existe en la mayoría de las legislaciones regionales una completa especificidad normativa.

EL REGISTRO DOCUMENTAL DE LAS COLECCIONES

Se propone la realización de una ficha que permita además de documentar, monitorizar la conservación de la colección; esta ficha se realiza haciendo una evaluación y un análisis de distintos factores.

Evaluación del patrimonio paleontológico

En la jerarquización de las colecciones se propone una valoración de los ejemplares que forman la colección, estableciendo su valor científico y valor socio-cultural. Los criterios de valoración se han basado en la propuesta de la Comisión de Patrimonio de la SEP, adecuándolos para su utilización en la valoración de ejemplares individuales. En esta evaluación se considera:

- El interés científico, museístico, didáctico o como material de exposición.
- Ejemplar en conexión y % conservado.
- Preservación y estado de conservación.
- Rareza del ejemplar y rareza del yacimiento.
- Valoración socio-cultural.
- Antigüedad de la colección.

Evaluación del estado de conservación de las colecciones

Para realizar una ficha tipo acorde con las necesidades de conservación de las distintas colecciones de vertebrados fósiles se han considerado:

1. Toma de datos que se realizará *de visu*, sin realizar analíticas y tomando como referencia las descripciones y determinaciones consignadas directamente en la documentación que acompaña al ejemplar y las indicaciones proporcionadas por los especialistas.
2. Principales riesgos de deterioro en colecciones con características semejantes, síntomas de alteración reconocidos y tratamientos habituales para evitar el deterioro. Análisis de los agentes de degradación más frecuentes en estas colecciones y los agentes que los favorecen.
3. Experiencias de previas de otras instituciones que realizan fichas para el control de sus colecciones paleontológicas.
4. Información disponible sobre prácticas de conservación preventiva en la conservación de objetos de otras disciplinas.

Materiales integrantes de una colección paleontológica

Las pautas para la adecuada conservación de una colección son muy dependientes de la naturaleza de los materiales que componen sus ejemplares. El conocimiento de la composición de aquello que queremos preservar y de las modificaciones que ha podido sufrir con los distintos tratamientos realizados o con el tiempo, indica las necesidades de adecuación de los distintos métodos o parámetros de protección.

Componentes de los fósiles

En el caso de la paleontología, generalmente las colecciones pueden ser muy diversas, ya que los elementos que las constituyen derivan de los procesos de fosilización en los que una serie de factores físicos y químicos van a producir los elementos de los que se compone el fósil, dando lugar una variedad considerable. Es importante el conocimiento de los patrones de comportamiento y de las características de los elementos que componen los fósiles para reducir riesgos y asegurar la perdurabilidad de las colecciones en circunstancias hábiles para el estudio y la difusión (Fernández-López 2000).

Los materiales de conservación-restauración

Los otros materiales que componen las colecciones y que deben ser considerados en la generación de parámetros idóneos de mantenimiento son los propios de la conservación y restauración, es decir, aquellos que han sido introducidos por los distintos tratamientos recibidos por el fósil. Los materiales utilizados en restauración son dispares, aunque similares en todas las especialidades de esta disciplina. En principio, los más habituales son las resinas, que, aunque habitualmente presentan temperaturas relativamente bajas de cristalización y de fusión (la mayoría no supera los 60ºC), son las que producen mejores resultados en la conservación a largo plazo.

Factores de alteración

Existen distintos tipos de factores de alteración, unos que son acumulativos, y que normalmente tiene que ver con la situación de exposición o embalaje de las piezas, y otros que son rápidos y suelen proceder de situaciones accidentales.

Humedad relativa (HR)

Los parámetros de humedad relativa y de temperatura idóneos para las distintas colecciones son muy diversos e incluso dispares dentro de una misma colección. Para su establecimiento, en cada caso es necesario considerar una serie de variables y priorizar los que mejor se ajusten a la situación idónea de la mayor parte de los materiales que forman parte de la colección. En el caso general para todos los objetos que son gestionados en una colección, y en el de los minerales en particular, es importante que el porcentaje de humedad ambiental sea constante. Esta es una de las bases de la estabilidad de los fósiles, que presentan una enorme amplitud en los movimientos de contracción y expansión que pueden activar las fracturas y fisuras. La fluctuación diaria de la humedad a la que se expone una colección de fósiles no debería superar el 2% (Collins *et al.*, 2008).

Por otra parte, aunque los materiales que componen los fósiles no son estrictamente orgánicos, muchos de sus soportes sí, por lo que el control de la humedad es también necesario para evitar el biodeterioro.

El control de la humedad es muy importante en el caso del material paleontológico cuando las piezas contienen sulfuros de hierro en su composición. A pesar de que no todas las piritas sufren un decaimiento, cuando éste comienza

es imparable y, como ha ocurrido en numerosas ocasiones, pueden causar graves daños a una colección. En general se recomienda una HR por debajo del 50% en las colecciones de ejemplares con pirita (Newman 1998), aunque también debe considerarse la implicación combinada de la humedad con la temperatura en algunos procesos químicos que deterioran las colecciones (Odin *et al.*, 2013)

Temperatura

La temperatura no afecta de forma significativa a los materiales propios de las colecciones paleontológicas, si es relativamente constante y se mantienen dentro de una franja entre 16 y 20ºC. Sin embargo, el exceso de temperatura es perjudicial para determinados productos muy utilizados en restauración, como las ceras animales. Incluso, a partir de los 50ºC constantes, la capacidad de adhesión de las resinas baja y se acelera su envejecimiento.
El control de la temperatura puede ser útil para evitar plagas y, como se ha comentado, modula el efecto de la humedad en determinadas reacciones químicas.

Luz y radiación UV

La luz y la radiación UV alteran de forma poco significativa a los materiales paleontológicos, pero, por prevención, se deberán contemplar unos márgenes tanto en almacén como en exposición.

Otros

Hay otra serie de riesgos estandarizados para el almacenamientos de colecciones, que aunque no presentan ninguna especificidad para los objetos paleontológicos, se han de tener en cuenta en la planificación de la conservación preventiva de una colección, como son el control de plagas, cuidado del edificio, los riesgos de inundación de las zonas que alojan las colecciones, prevención de incendios, prevención de efectos producidos por movimientos sísmicos, etc.

Embalaje y manipulación

Uno de los riesgos físicos más importantes detectados para los objetos que forman parte de las colecciones paleontológicas deriva del incorrecto embalaje y manipulación.

Los fósiles son objetos frágiles que, en muchas ocasiones, presentan estructuras y pesos que generan complejos problemas de embalaje y de manipulación. Una de las formas de abordar este problema es la construcción de soportes adecuados para que la manipulación y el depósito de los fósiles sea lo más seguro posible. Existen múltiples estrategias para un correcto almacenaje (Fox y Yarborough 2004), que se aplican de forma diversa en la distintas instituciones.

CONCLUSIÓN

La conservación preventiva precisa un análisis pormenorizado de las colecciones desde puntos de vista distintos. La toma de datos para la toma de decisiones en conservación preventiva debe cubrir las necesidades específicas de naturaleza, estructura y riesgos de cada tipo de colección. Se propone la formulación de las necesidades documentales básicas de una colección paleontológica dirigidas a la realización de un Plan de Conservación Preventiva.

REFERENCIAS

Brown, M.A. 2013. The development of "modern" palaeontological laboratory methods: a century of progress. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh,* 103(3-4), 205–216.

Collins, C. Allington-Jones, L.Sabin, R.Lowe, M.Gregson, J.Papworth, V. Goodger, D.., 2008. Environmental standard for natural history collections - a review and recommendations. *Internal NHM publication*, 62.

Fernández-López, S.R. 2000. *Temas de Tafonomía* Departamento de Paleontología, ed., Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

Fox, M. y Yarborough, V. 2004. A Review of Vertebrate Fossil Support (and storage) Systems at the Yale Peabody Museum of Natural History. *Preparator's Symposium at the 2004 Annual Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology, Denver, Colorado*.

García Fernández, I. 2013. *La conservación preventiva de bienes culturales,* Madrid: Alianza Forma.

Guichen, G. de, 2013. Conservación preventiva: ¿en qué punto nos encontramos en 2013? *Conservación preventiva: revisión de una disciplina*, 7(030-13-139-9), 15–24.

Herráez Ferreiro, J.A. 2013. Conservación preventiva: revisión de una disciplina. *Revista patrimonio cultural de España,* 7(August 2012), 9–14.

Newman, A. 1998. Pyrite oxidation and museum collections: a review of theory and conservation treatments. *The geological curator*, 6-10. Available at: http://www.bcin.ca/Interface/openbcin.cgi?submit=submit&Chinkey=180519 [Accessed May 21, 2014].

Odin, G., Chabard, D. y Rouchon, V. 2013. Étude de collections de paléontologie. De la caractérisation à la reproduction des altérations de fossiles dits pyriteux. *… , exposition, Restauration d' ….* Available at: http://ceroart.revues.org/3409 [Accessed May 21, 2014].

Rixon, A. 1976. *Fossil animal remains: their preparation and conservation*. Athlone Press.

Sanchíz, B. y Rodríguez, J. 1994. Manual de catalogación y gestión de las colecciones científicas de Historia Natural. In: Borja Sanchíz, ed. *Serie de Manuales Técnicos de Museología*. Madrid: MNCN-CSIC.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

VALORES CIENTÍFICOS Y EDUCATIVOS DE UN NUEVO BIEN DE INTERÉS CULTURAL: EL YACIMIENTO PALEONTOLÓGICO DE LAS HOYAS (CUENCA, ESPAÑA)

H. Martín Abad[1, 2, 3], C. Blanco Moreno[1], S. Barrios de Pedro[1], A. D. Buscalioni[1], J. Marugán-Lobón[1], F.J. Poyato Ariza[1], G. Delvene[4], J.J. Moratalla[4], M.A. Fregenal Martínez[5], R. Vullo[6], E. Cuesta[1], M. Iniesto[7], A. Barral[8] y B. Gomez[8]

[1] Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Biología, Unidad de Paleontología. Darwin 2, Cantoblanco, 28049 Madrid, España. hugo.martin.abad@gmail.com, candela.blanco@uam.es, sandra.barrios@uam.es, angela.delgado@uam.es, jesus.marugan@uam.es, francisco.poyato@uam.es, elena.cuesta@uam.es
[2] JURASSICA Museum. Route de Fontenais 21, 2900 Porrentruy, Suiza.
[3] University of Fribourg, Department of Geosciences. Chemin du Musée 6, 1700 Fribourg, Suiza.
[4] Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23, 28003 Madrid, España. g.delvene@igme.es, j.moratalla@igme.es
[5] Universidad Complutense, Facultad de Ciencias Geológicas, Departamento de Estratigrafía. C/ José Antonio Nováis, 12, 28040 Madrid, España. mariana@geo.ucm.es
[6] Université de Rennes 1, Géosciences Rennes, UMR CNRS 6118, 263 avenue du Général Leclerc, 35042 Rennes, Francia. romain.vullo@univ-rennes1.fr
[7] Universidad Autónoma de Madrid, Departamento de Ecología. C/ Darwin 2, Cantoblanco, 28049 Madrid, España. miguel.iniesto@uam.es
[8] Université Lyon 1 (Claude Bernard), Laboratoire de Géologie de Lyon-Terre, Planètes, Environnement, UMR CNRS 5276. 69622 Villeurbanne, Francia. abel.barral-cuesta@univ-lyon1.fr, bernard.gomez@univ-lyon1.fr

RESUMEN

El yacimiento paleontológico de Las Hoyas (Cuenca) ha ocupado reiteradamente un espacio en los medios autonómicos, nacionales e internacionales en los últimos años. Los descubrimientos y publicaciones científicas más recientes han hecho que la sociedad castellano-manchega redescubra su interés por la Paleontología. El acuerdo del 15 de marzo de 2016 del consejo de Gobierno de Castilla-La Mancha declaró el yacimiento de Las Hoyas, en el municipio de La Cierva, como Bien de Interés Cultural con categoría de Zona Paleontológica. Las Hoyas combina de modo único diversos ámbitos patrimoniales: natural, cultural, geológico y paleontológico. El esfuerzo del gobierno regional por fomentar los valores científicos y culturales de su patrimonio va en el mismo sentido que el trabajo de los investigadores, que llevan a cabo diversas propuestas para facilitar la participación tanto de los estudiantes como del resto de la sociedad, que demandan tomar parte del desarrollo paleontológico. Del conjunto de valores patrimoniales de Las Hoyas se analiza aquí en especial los didácticos y educativos.

Palabras clave: Las Hoyas, patrimonio paleontológico, Bien de Interés Cultural, Castilla-La Mancha, Cuenca.

ABSTRACT

The palaeontological site of Las Hoyas (Cuenca) has consistently been in the autonomic, national, and international media during the last years. The most recent findings and scientific publications have led the society

of the Castilla-La Mancha region to re-discover its interest in Palaeontology. The edict of 15th March 2016 by the Government of Castilla-La Mancha, declared the site of Las Hoyas (La Cierva) as a Cultural Interest Site, in the form of Palaeontological Zone. Las Hoyas particularly combines the natural, cultural, geological and palaeontological heritages. The effort of the regional government in order to promote the scientific and cultural values of their heritage runs together with that of researchers, who implement different strategies in order to facilitate the participation of students and the rest of society, who demand to take part on the palaeontological development. Among all the values of Las Hoyas, we herein focus on the didactic and educational ones.

Key words: Las Hoyas, palaeontological eritage, Cultural Interest Site, Castilla-La Mancha, Cuenca.

INTRODUCCIÓN

El patrimonio paleontológico de Castilla-La Mancha es uno de los más completos de España en términos de distribución temporal y diversidad de restos fósiles. Su registro incluye los fósiles más antiguos hallados en la Península Ibérica, correspondientes a icnofósiles vermiformes y restos de agregados celulares de edad Alcudiense, en el tránsito entre el Precámbrico y el Cámbrico (Prado *et al*., 1855). Su registro paleontológico llega hasta el Pleistoceno, en cuyos depósitos se han preservado restos de grandes mamíferos como caballos, elefantes o hipopótamos, e incluso de las últimas panteras que habitaron la Península Ibérica (Arribas Herrera, 1997; Sesé *et al*, 2000). En conjunto, el patrimonio paleontológico de esta comunidad constituye una magnífica representantación del Paleozoico, Mesozoico y Cenozoico de la Península Ibérica (Aguirre y Rábano, 1999; Nuche del Rivero, 2003), con yacimientos tan importantes como los de Puertollano (Wagner *et al*., 2003) y Buenache de la Sierra (Buscalioni *et al*., 2008). El de Las Hoyas, sin embargo, destaca especialmente entre todos ellos. El yacimiento Barremiense (Cretácico Inferior) de Las Hoyas, situado en la Serranía de Cuenca, fue descubierto en 1984. Desde entonces, cerca de 30 campañas de excavaciones científicas han dado como resultado una extensa colección de fósiles, con unos 19.000 ejemplares catalogados, que han dado origen a numerosos trabajos científicos (véase http://www.yacimientolashoyas.es). En la presente década, el yacimiento forma parte más que nunca del imaginario de la sociedad castellano-manchega, fomentado por una presencia constante en los medios de comunicación.

Con la reciente reinterpretación holística del paleoambiente como un humedal tropical a escala regional (Buscalioni y Fregenal Martínez, 2010), se contextualiza ecológicamente la biota de Las Hoyas, lo que, junto a los continuos hallazgos de relevancia científica, han hecho resurgir un amplio interés por esta localidad. En 2010 se publicó *Concavenator corcovatus*, un dinosaurio terópodo carcarodontosáurido de aproximadamente 6m de longitud, con una cresta lumbar característica que da nombre a la especie (Ortega *et al*., 2010). En 2012, el primer pterosaurio tapejárido de Europa, *Europejara olcadesorum*, fue descrito en Las Hoyas (Vullo *et al*., 2012). Las causas que subyacen a la preservación excepcional de los restos fósiles del yacimiento se han explorado mediante estudios de actuotafonomía, utilizando tapetes microbianos (Iniesto *et al*., 2013). Gomez *et al*. en 2015 estudiaron más de mil especímenes de *Montsechia vidali* para destacar la importancia filogenética de este taxón en la evolución de las primeras angiospermas. Cuesta *et al*. (2015) analizaron la podoteca de *Concavenator corcovatus*, que presenta un patrón similar al de las aves y se trata de la primera evidencia de este tipo de estructura en un terópodo no aviano. Navalón *et al*. (2015) describieron el integumento y las estructuras conectivas asociadas a la inserción de las plumas en el ala de una enantiornita, sugiriendo que estas aves primitivas fueron voladoras competentes. Martin *et al*. (2015) describieron *Spinolestes xenarthrosus*, el único mamífero conocido hasta ahora en Las Hoyas. La exquisita preservación de sus tejidos blandos extiende el registro conocido de características típicas de mamíferos hasta el Cretácico Inferior. Con éstos y otros relevantes descubrimientos científicos, el yacimiento de Las Hoyas continúa sorprendiendo tanto a la comunidad científica como a la sociedad castellano-manchega treinta años después de su descubrimiento. Como resultado, en estos momentos se encuentra en prensa un libro monográfico que sintetiza el estado de conocimiento geológico, tafonómico y paleobiológico actual sobre Las Hoyas, así como los últimos hallazgos científicos (Poyato-Ariza y Buscalioni, en prensa).

LAS HOYAS: BIEN DE INTERÉS CULTURAL

El primer proyecto de incoación de la localidad de Las Hoyas como Bien de Interés Cultural (B.I.C.) data de 2008. Los nuevos hallazgos en el yacimiento y las últimas publicaciones en revistas de alto impacto internacional han dado un nuevo impulso a las sucesivas iniciativas del Gobierno de Castilla-La Mancha. Durante el evento de puertas abiertas organizado en el Museo de las Ciencias de Castilla-La Mancha (Cuenca) por el 25 aniversario de las excavaciones en Las Hoyas, se anunció públicamente que la localidad sería declarada B.I.C. con la categoría de Zona Paleontológica. Ello se ha materializado en el acuerdo del 15 de marzo de 2016 publicado por la Consejería de Educación, Cultura y Deportes en el Diario Oficial de Castilla-La Mancha con fecha 6 de abril de 2016 (año XXV, número 65, 7285-7297). El Patrimonio Paleontológico está regulado a nivel estatal por dos leyes: la Ley 16/1985 de Patrimonio Histórico Español y la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. La problemática de la legislación española en relación al Patrimonio Paleontológico ha sido señalada en numerosas ocasiones (ej., Meléndez y Soria, 1997); a efectos prácticos, es la primera de esas leyes la que finalmente se ha usado en su regulación. Se ha destacado que dicha legislación entra en conflicto con ciertos aspectos de la praxis científica (López-Martínez, 1995). Sin embargo, como discuten Morales *et al*. (1999) y Morales (2010), el hecho de que sean las leyes de patrimonio histórico y cultural, y no las del patrimonio natural, las que regulen la protección del patrimonio paleontológico, no es algo intrínsecamente bueno ni malo, y es responsabilidad de los paleontólogos integrar en su desarrollo profesional los valores no estrictamente científicos (didácticos, educativos, socioeconómicos) del patrimonio paleontológico. Desde esta perspectiva, resulta de gran importancia la protección de yacimientos paleontológicos excepcionales, dado que cualquier actividad en torno a los valores patrimoniales queda en tal caso claramente encuadrada en un marco legal concreto. La regulación del patrimonio paleontológico depende en España de las comunidades autónomas, y en el caso de Castilla-La Mancha, se fragua en la reciente Ley 4/2013 de Patrimonio Cultural. En ella se establece la figura de Zona Paleontológica como una categoría propia del B.I.C. Según sus Artículos 36 y 37, el B.I.C. gozará de la máxima protección y tutela, y su utilización estará siempre subordinada a que no se ponga en peligro su conservación y sus valores. De acuerdo al Artículo 41, la categoría de Zona Paleontológica comporta el mantenimiento de los valores propios definidos en la declaración de B.I.C., así como la protección de los bienes afectados. Asimismo, el Ayuntamiento en cuyo término municipal se localice la Zona Paleontológica deberá redactar un plan especial de protección del área afectada. La sociedad siempre sustenta la práctica científica y, a su vez, demanda participar en el propio desarrollo paleontológico. El yacimiento de Las Hoyas lleva años siendo un escenario de participación estudiantil y popular en la práctica paleontológica, y su papel educativo-formativo se ha incrementado notablemente con propuestas recientes. Es por ello que la capacidad educativa y formativa de Las Hoyas es un inestimable valor a seguir desarrollando.

POTENCIAL EDUCATIVO Y FORMATIVO DE LAS HOYAS

Como se extrae de la declaración de Las Hoyas como B.I.C., "sin lugar a dudas este conjunto de particularidades hacen del patrimonio paleontológico de Las Hoyas un elemento exclusivo para desarrollar actividades educativas, formativas y obviamente propias de la difusión científica, puesto que sus aportaciones y estudios tienen habitualmente un gran impacto mediático" (Castilla-La Mancha, 2016: 7287). La educación y las actividades didácticas que se generan en torno a Las Hoyas se engloban en las siguientes categorías: (1) Educación no formal, (2) Educación formal y (3) Paleontología social.

1. *Educación no formal*. La función educativa ha tenido como objetivo la comunicación del saber sobre el pasado para sensibilizar a la opinión pública de la riqueza del patrimonio, su importancia y su historia. Con tal fin, se ha colaborado con medios de comunicación impartido conferencias dirigidas a profesionales de la educación y de turismo, y realizado exposiciones y recorridos guiados para escolares en los museos de Castilla-La Mancha. Esta educación no formal siempre ha sido asistemática, de modo que su efectividad es siempre fragmentada. No obstante, debemos reconocer que esta actividad ha jugado un papel importante en la puesta en valor de los fósiles de yacimientos importantes como el de Las Hoyas. Para valorar si el conocimiento sobre el yacimiento de Las Hoyas por parte de

la opinión pública ha cambiado y cómo lo ha hecho, se realizarán unas encuestas cuyos datos se contrastarán con resultados previos de entrevistas realizadas en la ciudad de Cuenca en 2010.

2. *Educación formal*. La función educativa formal se empezó a consolidar como tal en 2015 con el I Curso de Formación Continua aprobado por la escuela de Postgrado de la Universidad Autónoma de Madrid, curso con reconocimiento oficial de créditos (ECTS y LRU) centrado en el trabajo de excavación e investigación en Las Hoyas. Sin embargo, aunque la actividad no era reglada, desde su comienzo en 1987 Las Hoyas ha constituido un importante espacio educativo, de formación y de profesionalización. El yacimiento de Las Hoyas ha atraído a multitud de estudiantes de Geología y Biología de universidades españolas y extranjeras. A lo largo del tiempo, las actividades realizadas en el yacimiento han ido convergiendo con los objetivos y competencias planteados en el marco del Proyecto de Tuning de la UE. Hemos aprendido a aunar el conocimiento, su aplicación, la adquisición de aptitudes, destrezas, competencias y responsabilidades con el proceso de aprendizaje. Con esta perspectiva los espacios y los tiempos de los estudiantes en el yacimiento se han organizado para conjugar lo que se denomina *las tres dimensiones del acto educativo*: intelecto-sensorial-afectivo (Fernández-Pérez, 1994). Cada dimensión se fomenta en espacios connotados: 1) trabajo en equipo realizado en las cuadrículas, 2) interacción con especialistas cotidianamente, 3) trabajo profesional en la "oficina" (espacio de ordenación y catalogación), y 4) responsabilidades en el apoyo y sostén diario del grupo.

3. *Paleontología Social*. Definida a partir de las experiencias realizadas en el yacimiento Mioceno de Somosaguas, en Madrid (Castilla Cañamero *et al*., 2006), el principal objetivo de la Paleontología Social es gestionar el potencial didáctico que tiene la Paleontología para todos los niveles educativos (Torices, 2004; Castilla Cañamero *et al*., 2006). Las experiencias realizadas en Las Hoyas en este aspecto han sido más bien escasas. Las visitas guiadas al público durante el periodo de excavación, así como la gestión de su página web (http://www.yacimientolashoyas.es) por estudiantes son experiencias interesantes que han tenido poco alcance en comparación con otros ejemplos como las de Somosaguas y las páginas web de *Aragosaurus* o *Cuaderno de Godzillin*, entre otras.

Estrategias de futuro. Se continúa persiguiendo en las actividades didáctico-educativas de Las Hoyas fomentar los valores de corresponsabilidad, integración e interdisciplinariedad entre los diversos agentes implicados: estudiantes, profesores, investigadores y profesionales gestores del patrimonio. El reconocimiento por parte del gobierno castellano-manchego de Las Hoyas como B.I.C. proporciona un valor añadido y un anclaje legal a todas las iniciativas que se puedan ir diseñando en el futuro.

CONCLUSIÓN

Después de más de treinta años de trabajo científico, el yacimiento paleontológico de Las Hoyas no deja de sorprender tanto a la sociedad castellano-manchega como a la comunidad científica global. Los últimos descubrimientos de fósiles excepcionales y la síntesis ecológica han hecho resurgir el interés público por este yacimiento, más presente que nunca especialmente en la provincia de Cuenca. El gobierno autonómico no ha pasado por alto este hecho y en los últimos años ha dado un fuerte impulso al Patrimonio Paleontológico de la región, culminando con la declaración del yacimiento de Las Hoyas como Bien de Interés Cultural. La continua y estrecha colaboración de las instituciones gubernamentales y de investigación, que han de hacer un esfuerzo para entender y complementar sus distintas necesidades, será la clave para seguir fomentando los valores científicos y culturales del rico patrimonio paleontológico castellano-manchego.

AGRADECIMIENTOS

El proyecto de investigación de Las Hoyas está financiado actualmente por el Ministerio de Economía y Competitividad (CGL-2013-42643P). Los autores desean agradecer especialmente a todos los especialistas, estudiantes y aficionados a la Paleontología que han participado, año tras año, en las campañas de excavación en Las Hoyas.

REFERENCIAS

Aguirre, E. y Rábano, I. (coords.). 1999. *La Huella del pasado: fósiles de Castilla-La Mancha*. Junta de Comunidades de Castilla- La Mancha, Toledo, 381 pp.

Arribas Herrera, A. 1997. Un leopardo, *Panthera pardus* (Linnaeus, 1758), en el Pleistoceno de la Cueva de los Torrejones (Tamajón, Guadalajara, España). *Geogaceta*, 22, 19-22.

Buscalioni, A.D. y Fregenal-Martínez, M.A. 2010. A holistic approach to the palaeoecology of Las Hoyas Konservat-Lagerstätte (La Huérguina Formation, Lower Cretaceous, Iberian Ranges, Spain). *Journal of Iberian Geology*, 36 (2), 297-326.

Buscalioni, A.D., Fregenal-Martínez, M.A., Bravo, A., Poyato Ariza, F.J., Sanchíz, B., Baez, A.M., Cambra Moo, O., Martín-Closas, C., Evans, S.E. y Marugán-Lobón, J. 2008. The vertebrate assemblage of Buenache de la Sierra (Upper Barremian of Serranía de Cuenca, Spain) with insights into its taphonomy and paleoecology. *Cretaceous Research*, 29, 687-710.

Castilla Cañamero, G., Fesharaki, O., Hernández Fernández, M., Montesinos, R., Cuevas, J., y López Martínez, N. 2006. Experiencias educativas en el yacimiento paleontológico de Somosaguas (Pozuelo de Alarcón, Madrid). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14(3), 265-270.

Castilla-La Mancha, 2016. Acuerdo de 15/03/2016, del Consejo de Gobierno, por el que se declara Bien de Interés Cultural el Yacimiento de Las Hoyas en el municipio de La Cierva (Cuenca), con la categoría de Zona Paleontológica. [2016/3464]. *Diario Oficial de Castilla-La Mancha*, XXXV (65), 7285-7297.

Cuesta, E., Díaz-Martínez, I., Ortega, F. y Sanz, J.L. 2015. Did all theropods have chicken-like feet? First evidence of a non-avian dinosaur podotheca. *Cretaceous Research*, 56, 53-59.

Fernández-Pérez, M. 1994. *Las tareas de la profesión de enseñar.* Siglo XXI: Madrid, 1136 p.

Gomez, B., Daviero-Gomez, V., Coiffard, C., Martín-Closas, C. y Dilcher, D.L. 2015. *Montsechia*, an ancient aquatic angiosperm. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112 (35), 10985-10988.

Iniesto, M., López-Archilla, A. I., Fregenal-Martínez, M. A., Buscalioni, A.D. y Guerrero, M. C. 2013. Involvement of microbial mat in delayed decay: an experimental essay on fish preservation. *Palaios*, 28, 56-66.

López-Martínez, N. 1995. Los fósiles, patrimonio natural. *Tierra y Tecnología,* 11, 54-58.

Martin, T., Marugán Lobón, J., Vullo, R., Martín Abad, H., Luo, Z.-X. y Buscalioni, A.D. 2015. A Cretaceous eutriconodont and integument evolution in early mammals. *Nature*, 526, 380-384.

Meléndez, G. y Soria, M. 1997. Problemática actual de la legislación sobre patrimonio paleontológico en España. Medidas y soluciones. *Zubía*, 15, 113-120.

Morales, J. 2010. El Patrimonio paleontológico. En: Querol, M.A., *Manual de Gestión del Patrimonio Cultural*. Akal, Madrid, 164-165.

Morales Romero, J., Azanza Asensio, B. y Gómez Ruíz, E. 1999. El Patrimonio Paleontológico Español. *Coloquios de Paleontología,* 50, 53-62.

Navalón, G., Marugán-Lobón, J., Chiape, L.M., Sanz, J.L. y Buscalioni, A.D. 2015. Soft-tissue and dermal arrangement in the wing of an Early Cretaceous bird: Implications for the evolution of avian flight. *Nature Scientific Reports,* 5, 14864. doi: 10.1038/srep14864.

Nuche del Rivero, R. (Ed.). 2003. *Patrimonio Geológico de Castilla-La Mancha.* Enresa, Madrid, 613 pp.

Ortega, F., Escaso, F., y Sanz, J.L. A bizarre, humped Carcharodontosauria (Theropoda) from the Lower Cretaceous of Spain. *Nature* 467, 303-206.

Poyato-Ariza, F.J. y Buscalioni, A.D. (Eds.). En prensa. *Las Hoyas: A Cretaceous wetland. A multidisciplinary synthesis after 25 years of research on an exceptional fossil Lagerstätte from Spain.* Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München.

Prado, C., Verneuil, E. y Barrande J. 1855. Mémoire sur la Géologie d'Almaden, d´une partie de la Sierra Morena et des montagnes de Tolède. *Bulletin de la Societé Géologique de France*, 2 (12), 182-204, 964-1025.

Sesé, C., Soto, E. y Pérez-González, A. 2000. Mamíferos de las terrazas del valle del Tajo: primeros datos de micromamíferos del Pleistoceno en Toledo (España central). *Geogaceta*, 28, 133-136.

Torices, A., Bolea, B., y Cuevas, J. 2004. Paleontología Social. *Libro de Resúmenes del II Encuentro de jóvenes Investigadores en Paleontología, Macastre (Valencia),* 46-47.

Vullo, R., Marugán Lobón, J., Kellner, A.W.A., Buscalioni, A.D., Gomez, B., de la Fuente, M. y Moratalla, J.J. 2012. A New Crested Pterosaur from the Early Cretaceous of Spain: The First European Tapejarid (Pterodactyloidea: Azhdarchoidea). *PLoS ONE,* 7 (7), e38900. doi:10.1371/journal.pone.0038900.

Wagner, R., Delcambre-Brousmiche, C. y Coquel, R. 2003. Una Pompeya Paleobotánica: historia de una marisma carbonífera sepultada por cenizas volcánicas. En: Nuche del Rivero, R. (Ed.), *Patrimonio Geológico de Castilla-La Mancha.* Enresa, Madrid, 448-475.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

ENTORNOS VIRTUALES 3D APLICADOS AL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO: NEÓGENO DE SEVILLA (CUENCA DEL GUADALQUIVIR, ESPAÑA)

A.M. Martínez-Graña[1], I. Bajo[2], J.A. González-Delgado[1], J. Cárdenas-Carretero[2], M. Abad[3] y P. Legoinha[4]

[1] Departamento de Geología, Facultad de Ciencias, Universidad de Salamanca, Plaza de la Merced s/n, 37008 Salamanca. amgranna@usal.es, angel@usal.es
[2] Museo de Alcalá de Guadaíra. Juez Pérez Díaz s/n, 41500 Alcalá de Guadaíra, Sevilla. paleoalcala@gmail.com
[3] Dpto. Geología. Universidad de Atacama. Copiapó, Chile. manuel.abad@uda.cl
[4] GeoBioTec, Departamento de Ciências da Terra, Faculdade de Ciências e Tecnologia, Universidade Nova de Lisboa, 2829-516 Caparica, Portugal. pal@fct.unl.pt

RESUMEN

Se estudian 11 sitios de interés paleontológico georeferenciados en el Mioceno Superior de Sevilla (Cuenca del Guadalquivir). Se ha evaluado su valor científico, educativo y turístico-cultural, oscilando entre 410 y 770. La mayoría de ellos son muy ricos en macroforaminiferos bentónicos, moluscos, equinodermos, grandes icnofósiles, cetáceos y tiburones. Los lugares de interés paleontológico 5 y 7 contienen el estratotipo Andaluciense, propuesto en los años 70. Mediante herramientas geomáticas implementadas en globos virtuales gratuitos, como Google Earth, se realizan itinerarios y vuelos virtuales 3D que contienen diagramas, fotografías y fichas informativas.

Palabras clave: Patrimonio paleontológico, globos virtuales, georuta 3D, Neógeno, Sevilla.

ABSTRACT

Eleven georeferenced sites ofpalaeontological interest, representative of Upper Miocene deposits of Seville (Central Guadalquivir Basin, Spain) have been selected and assessed their scientific, educational and touristic-cultural values. The sites range among 410 to 770. Most of them are very rich in benthic macroforaminifers, mollusks, large echinoids, ichnofossils, cetaceans and sharks. Sites 5 and 7 also contain the stratotype of the proposed Andalusian stage in the '70s. Using geomathic tools, they can be viewed in free virtual globes, including virtual flight, that contain diagrams, photographs and informative sheets.

Key words: Paleontological heritage, virtual globes, 3D georoute, Neogene, Sevilla.

INTRODUCCIÓN

La Cuenca Cenozoica del Guadalquivir, situada en el Sur de la Península Ibérica, es una depresión alargada ENE-OSO, casi completamente rellena de sedimentos neógenos blandos. Su arquitectura estratigráfica y secuencias

deposicionales han sido descritas por Martínez del Olmo *et al.* (1984), Sierro et *al.* (1995, 2014) y González-Delgado *et al.* (2004). La cuenca limita al Norte con la Placa Ibérica (margen pasivo), y al Sur con el Orógeno Bético (margen activo, resultado de la convergencia entre las placas Ibérica y Africana). Durante gran parte del Mioceno Superior, formó el llamado estrecho Norbético, que junto con el estrecho Sur-Rifeño (localizado al Norte de Marruecos), conectaron los dominios Atlántico y Mediterráneo. Cuando estas conexiones se restringieron (Messiniense superior), en el dominio Mediterráneo se produjo la conocida Crisis de Salinidad.

La provincia de Sevilla está situada en el sector central de la Cuenca, y posee un extraordinario registro de sedimentos del Mioceno Superior, que han sido objeto de estudio desde el siglo XIX [ver Bajo *et al.* (2009) con exhaustiva bibliografía de los autores del siglo XIX y principios del XX]. Perconig y Granados (1973) propusieron, en su margen pasivo, y en el sector estudiado, el estratotipo Andaluciense, situado entre el Tortoniense y el Plioceno. Durante el Tortoniense superior, la región experimentó una gran transgresión, propiciada tanto por subsidencia del margen pasivo como por eustasia (Abad, 2007), y los sedimentos marinos depositados, con una enorme riqueza paleontológica, lo hicieron rellenando las variadas características del paleorelieve existente.Estos sedimentos consisten en conglomerados, arenas y calcarenitas en paleoambientes de abanicos deltaicos, playas y base de paleoacantilados. Durante el Messiniense, se registra una profundización, con depósito de arcillas (Sierro *et al.,* 1995). Posteriormente se produce una somerización hacia techo, con arenas y calcarenitas de plataforma interna, donde se desarrollan sistemas de barras bioclásticas (Bajo *et al.,* 2009).

La extraordinaria y diversa riqueza paleontológica del Mioceno superior de Sevilla, con abundancia de grandes ostreidos y pectínidos, además de otros bivalvos, gasterópodos, equinoideos, macroforaminíferos bentónicos, icnofósiles y restos de cetáceos y de tiburones, que presentan improntas tafonómicas variadas, y reflejan bien los diferentes paleoambientes, sugiere que este patrimonio paleontológico, debidamente valorado por su interés científico, didáctico y turístico-cultural, pueda contribuir al desarrollo sostenible en la zona (Fig. 1).

El análisis del patrimonio paleontológico mediante herramientas geomáticas, de gran uso social, permite georeferenciar los diferentes *geosites* en globos virtuales 3D sobre plataformas gratuitas como Google Earth (Martínez-Graña, *et al.*, 2013; Martínez-Graña, *et al.,* 2014; González-Delgado *et al.*, 2015). Se pueden desarrollar entornos virtuales dinámicos, que pongan en valor estos recursos científicos y educativos, para interactuar, de

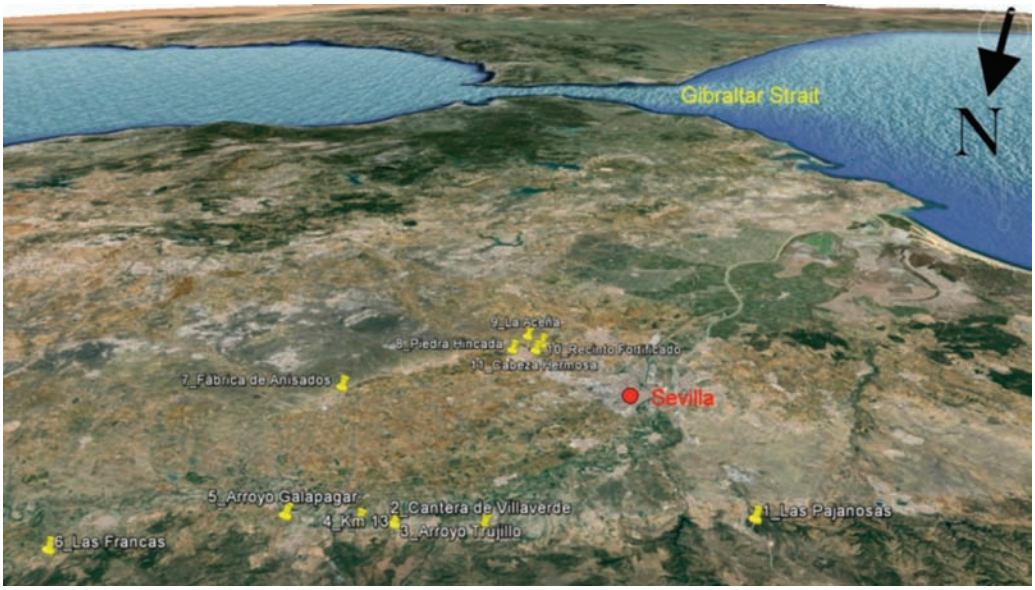


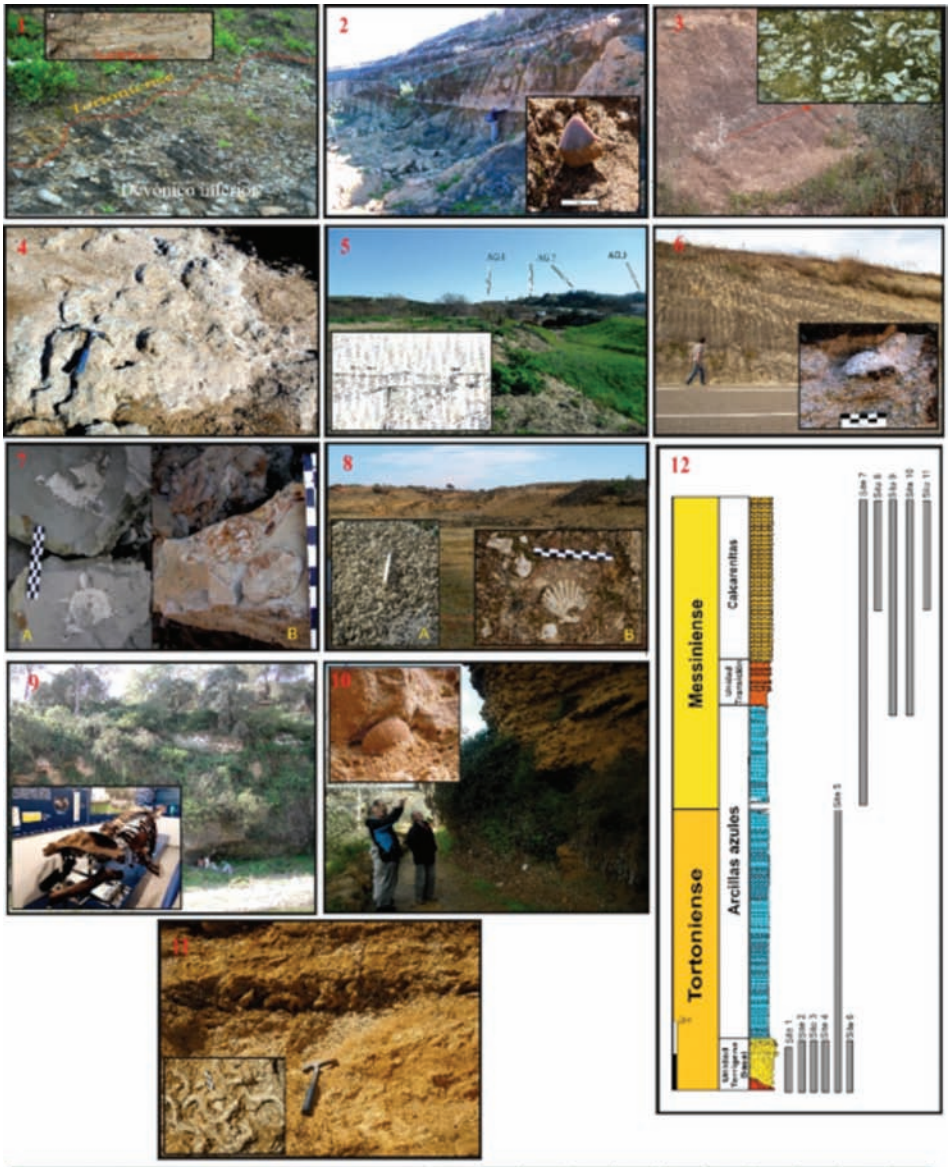
Figura 1. Localización geográfica de los 11 lugares de interés paleontológico estudiados.

forma fácil y entretenida, con la información digital de yacimientos estudiados. Ayudados de las nuevas tecnologías implementadas en smartphone, tablets, ipod, etc., la Realidad Aumentada despierta la creatividad y fija el conocimiento paleontológico de un modo más interactivo y a la vez respetuoso con los yacimientos paleontológicos, permitiendo su geoconservación y favoreciendo un geoturismo sostenible (Martínez-Graña, *et al*., 2011; Martínez-Graña, *et al*., 2016).

DATOS Y RESULTADOS

Los 11 lugares seleccionados en la provincia de Sevilla (Fig. 2), son:

1. LasPajanosas (coordenadas UTM H29: 755282.00, 4162487.00). Es visible la discordancia entre las arenas del Tortoniense superior y el zócalo de pizarras devónicas (Fig. 2.1). Los 15 m de arenas neógenas, contienen 37 especies de moluscos (14 de pectínidos, Rico *et al.* 2006), y restos neurocraneales de cetáceos.
2. Cantera de Villaverde del Río (UTM H30: UTM: UTM: 246746.00, 4167832.00). Formada por arenas de finas a gruesas, que gradualmente pasan a techo a limos arcillosos. Son abundantes los briozoos, bivalvos, equinodermos (*Clypeaster*) e icnofósiles. Destacan los restos de cetáceos, en especial los de odontocetos y los de seláceos (*Isurus, Carcharodonmegalodon*) (Fig. 2.2).
3. Arroyo Trujillo (UTM H30: 253572.00,4168611.00). Es el geosite más rico en moluscos (310 especies, Cardenasen *prep.*), donde se han realizado estudios tafonómicos, paleoecológicos y biogeoquímicos (Civis *et al*., 1990; González-Delgado *et al*., 1995; González-Delgado y Civis, 2000) (Fig. 2.3).
4. Km 13 (UTM H30: 256411.00, 4168819.00). Geosite localizado en el cauce de un arroyo. Se observan arenas gruesas y conglomerados en la base, que hacia techo pasan a arenas y areniscas muy ricas en el macroforaminífero bentónico *Heterostegina*. Además, existen concentraciones de ostreidos y de pectínidos (Fig. 2.4).
5. Arroyo Galapagar (UTM H30: 262574.00, 4169091.00). Este geosite constituye el estratotipo de la base del Andaluciense (Perconig y Granados, 1973), formado por niveles arenosos con abundante *Heterostegina*. Son también abundantes *Clypeaster*, pectínidos y fragmentos de cetáceos (Fig. 2.5).
6. Las Francas (UTM H30: 278587.00,4176180.00). Consiste en arenas blancas y calcarenitas amarillentas. Los equinodermos *Clypeaster* y *Echinolampas* conservan su posición de vida (Bajo *et al.*, 2006), y abundan pectínidos articulados, terebratúlidos, algas, dientes de seláceos (*Isurushastalis*), y escasos restos de cetáceos (Fig. 2.6).
7. Fábrica de Anisados (UTM H30: 265147.00,4149175.00). Esta sección constituye el techo del estratotipo Andaluciense (Perconig y Granados, 1973). La sección consta de un tramo de arcillas azules, que pasan a arenas de la Unidad de Transición, sobre las que se disponen calcarenitas. El mayor interés paleontológico lo presentan las arcillas, donde son frecuentes los equinoideos (*Brissopsis, Schizaster*) en posición de vida y asociados a sus pozos de ventilación. También están presentes crustáceos decápodos (*Albaidaplaxhispalensis*) (Fig, 2.7.B), y gasterópodos como *Xenophora* (Fig, 2.7.A).
8. Piedra Hincada (UTM H30: 249830.00, 4138114.00). Conjunto calcarenítico con abundantes restos fósiles, donde destacan por su abundancia los pectínidos (Fig. 2.8.B), equinodermos y concentraciones de ostreidos (Fig. 2.8.A), seguidos por briozoos, dientes de seláceos, y restos de cetáceos (Fig, 2.8).
9. La Aceña (UTM H30: 248706.00,4134544.00). Arcillas azules, que pasan a arenas (Unidad de Transición, UT) y calcarenitas. Destaca el cetáceo hallado en la UT (Sendra *et al.*, 1996), hoy expuesto en el museo local de Alcalá de Guadaira (Fig. 2.9).
10. Recinto Fortificado (UTM H30: 246897.00,4135999.00). La sección comienza con arcillas azules, pasando a arenas de la UT a calcarenitas. Destacan los fósiles en éstas últimas, con frecuentes los equinodermos (7 especies, Bajo *et al*., 2008) y frecuentes pectínidos, ostreidos, briozoos, crustáceos e icnofósiles (Fig, 2.10).
11. Cantera Cabeza Hermosa (UTM H30: 247339.00, 4137765.00). Calcarenitas, intensamente bioturbadas (Fig. 2.11) en algunos niveles por el ichnotaxón *Sinusichnus sinuosus* (Belaústegui *et al*., 2014), muy ricas en equinodermos y moluscos. En la Figura 2.12 se observa la posición de los diferentes lugares de interés paleontológico en la columna estratigráfica sintética general de la zona.



GEOSITES	s1	s2	s3	s4	s5	s6	s7	s8	s9	s10	s11
Interés Científico	155	195	230	135	195	150	165	150	125	195	225
Interés Didáctico	245	165	170	155	130	200	265	265	295	320	255
Interés Turístico-Cultural	195	195	130	120	140	175	200	205	230	255	195
TOTAL	595	555	530	410	465	525	630	620	650	770	645

Figura 2. Panorámicas de los diferentes lugares de interés paleontológico, con su posición en la columna estratigráfica general del sector de estudio, y valoración de su interés. En rojo los valores más altos.

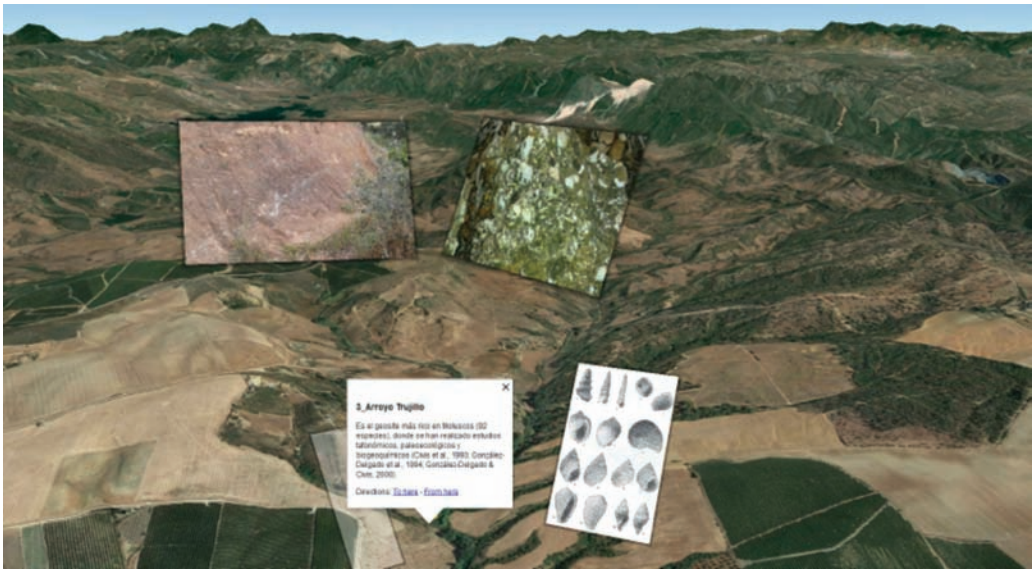


Figura 3. Captura del vuelo virtual 3D del *geosite* nº 3, correspondiente al Arroyo Trujillo, donde se aprecia la descripción online de la parada, así como fotografías e esquemas interpretativas digitales "al vuelo" sobre el globo virtual de la plataforma gratuita Google Earth.

Para valorar el interés científico, didáctico y turístico-cultural, se han aplicado los criterios de García-Cortés y Carcavilla (2014). A partir de las valoraciones, destacan los *geosites* 3, 4, 6 y 8, por su gran riqueza y diversidad de invertebrados. Desde el punto de vista científicodestacan las paradas 3, 5 y 11, con referencias en revistas científicas internacionales.

Los *geosites* 7 a 11 por su situación en el casco urbano de Alcalá de Guadaira, ofrecen la posibilidad de incluir un itinerario paleontológico realizable "a pie" en media jornada, de gran interés didáctico para los diferentes centros educativos de primaria y secundaria del entorno.

La generación de un itinerario por los 11 *geosites más importantes* de la provincia de Sevilla con técnicas geomáticas, han permitido una localización, e interpretación digital y virtual que facilita la divulgación, creatividad y fácil conocimiento de los diferentes puntos de interés paleontológico. Se facilita de esta manera su puesta en valor y su protección, al presentar recursos "*online*" que mejoran el entendimiento paleoambiental y hacen innecesaria la intervención del yacimiento al obtener, de forma virtual, la documentación de cada punto: dibujos interpretativos, columnas estratigráficas, esquemas gráficos, fotografías con los mejores ejemplares y vuelos virtuales en 3D, como se aprecia en la Figura 3.

REFERENCIAS

Abad, M. 2007. *La transgresión Tortoniense en el margen pasivo de la Cuenca del Guadalquivir. Respuesta estratigráfica e implicaciones paleontológicas.* Tesis Doctoral, Univ. Huelva, 510 pp.

Bajo, I., Carrasco, J.F., Rico-García, A., Borghi, E. y Maestre, V. 2006. Asociaciones de equinoideos en el Tortoniense superior del sector occidental de la Cuenca del Guadalquivir (Provincias de Huelva y Sevilla). *IV Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología. Salamanca*, 41-42.

Bajo, I., Rico, A., Cárdenas J., Maestre, V. y Borghi, E. 2008. Asociaciones de equinoideos en las calcarenitas messinienses de Alcalá de Guadaira (Sevilla, SO España). *Geogaceta*, 45, 55-58.

Bajo, I., Maestre, M.V., Cárdenas, J. y Rico, A. 2009. *Estudio Paleontológico del Neógeno superior de Alcalá de Guadaíra.* Exmo. Ayuntamiento de Alcalá de Guadaíra (Sevilla), 400 pp.

Belaústegui, Z., Gibert, J.M.D., López-Blanco, M. y Bajo, I. 2014. Recurrent constructional pattern of the crustacean burrows *Sinusichnus sinuosus* from the Paleogene and Neogene of Spain. *Acta Paleontologica Polonica,* 59(2), 461-474.

Civis, J., González-Delgado, J.A., Andrés, I., Valle, M.F., Sierro, F.J., Flores, J.A. y Dabrio, C.J. 1990. El contenido paleontológico de la sección Tortoniense-Mesiniense de Arroyo Trujillo (Sevilla, Borde NW de la Cuenca del Guadalquivir). *Actas de Paleontología Univ. Salamanca,* 68, 85-101.

García Cortés, A. y Carcavilla, L. 2014. *Documento metodológico para la elaboración del inventario español de lugares de interés geológico* (*IELIG*). IGME, Madrid, 64 pp. http://www.igme.es/internet/patrimonio/novedades/METODOLOGIA%20IELIG%20web.pdf.

González-Delgado, J.A., Andrés, I. y Sierro, F.J. 1995. Late Neogene molluscan faunas from the Northeast Atlantic (Portugal, Spain, Morocco). *Geobios*, 28 (4), 459-471.

González-Delgado, J.A. y Civis, J. 2000. Ciclicidad estacional en perfiles de isótopos de C y O de *Megacarditajouanneti* del Tortoniense superior de Cacela (Portugal) y Arroyo Trujillo (Sevilla, España). *Ciências da Terra UNL,* 14, 297-302.

González-Delgado, J.A. (coord.), Civis, J., Dabrio, C.J., Goy, J.L., Ledesma, S., Pais, J., Sierro, F.J. y Zazo, C. 2004. Cuenca del Guadalquivir. En *Geología de España* (J.A. Vera, Ed.), SGE-IGME, Madrid, 587-634.

González-Delgado, J.A., Martínez-Graña, A.M., Civis, J. Sierro, F.J., Goy, J.L., Dabrio, C.F., Ruiz, F., González-Regalado, M.L. and Abad, M. 2015. Virtual 3D tour of the Neogene palaeontological heritage of Huelva (Guadalquivir Basin, Spain). *Environmental Earth Sciences*, 73, 4609-4618.

Martínez del Olmo, W., García-Mallo, J., Leret, J., Serrano-Oñate, A. y Suárez-Alba, J. 1984. Modelo tectosedimentario del Bajo Guadalquivir. *I Congreso Español de Geología, Segovia*, I, 199-213.

Martínez-Graña, A.M., Goy, J.L. and Zazo, C. 2011. Natural Heritage Mapping of the Las Batuecas-Sierra De Francia and Quilamas Nature Parks (SW Salamanca, Spain). *Journal of Maps*, 2011, 600-613.

Martínez-Graña, A.M., Goy, J. L. and Cimarra, C. 2013. A virtual tour of geological heritage: Valourising geodiversity using Google Earth and QR code. *Computers and Geosciences,* 61, 83-93.

Martínez-Graña, A.M, González-Delgado, J.A., Pallarés, S., Goy, J.L. y Civis, J. 2014. 3D Virtual Itinerary for Education Using Google Earth as a Tool for the Recovery of the Geological Heritage of Natural Areas: Application in the "Las Batuecas Valley" Nature Park (Salamanca, Spain). *Sustainability,* 6, 8567-8591.

Martínez-Graña, A.M., Legoinha, P., González-Delgado, J.A., Dabrio, C.J., Pais, J., Goy, J.L., Zazo, C., Civis, J., Armenteros, I., Alonso-Gavilán, G., Dias, R. y Cunha, T. 2016. Augmented Reality in a hiking tour on the Miocene geoheritage of central Algarve cliffs (Portugal). *Geoheritage*. DOI: 10.1007/s12371-016-0182-3.

Perconig, E. y Granados, L.F. 1973. El estratotipo del Andaluciense. *XIII Coloquio europeo de micropaleontología,* C.N.G./ENADIMSA, 223-251.

Rico, A., Cárdenas-Carretero, J., González-Delgado, J.A. y Civis, J. 2006. Estudio paleontológico preliminar del Tortoniense superior de Las Pajanosas (Sevilla, Cuenca del Guadalquivir). *Geogaceta,* 39, 143-146

Sendra, J., Bajo, I. y Cárdenas, J. 1996. Un ejemplar de Misticeto (*Mammalia: Cetacea*) del Plioceno inferior de Alcalá de Guadaira (Sevilla). *Comunicaciones XII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología,* Badajoz, 116-117.

Sierro, F.J., González-Delgado, J.A., Dabrio, C.J., Flores, J.A. y Civis, J. 1995. Late Neogene depositional sequences in the foreland basin of Guadalquivir (SW Spain). *In* Friend, P. and Dabrio, C.J. (Eds.), *Tertiary basins of Spain.* Cambridge UniversityPress, 329-334

Sierro, F.J., Bajo, I., Cárdenas-Carretero, J., Ledesma, S., Van den Berg, B., Flores, J.A., Dabrio, C.J., Civis, J. y González-Delgado, J.A. 2014. The Neogene of the Guadalquivir basin (SW Spain). *2nd IODP 339 Post-cruise Meeting Mediterranean Outflow,* 9-20.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LA CUENCA DE ENGEL ELA – RAMUD: UN NUEVO YACIMIENTO ARQUEOPALEONTOLÓGICO EN ERITREA

B. Martínez-Navarro[1,2,3], E. Carbonell[2,3], T. Medin[2,3,4], O. Oms[5], X.P. Rodríguez-Álvarez[2,3], S. Ros-Montoya[6], D. Araia[4], L. Tsehaie[4] y Y. Libsekal[4]

[1] ICREA, Institució Catalana de Recerca i EstudisAvançats, Barcelona, España. bienvenido.martinez@icrea.cat
[2] IPHES, InstitutCatalà de Paleoecologia Humana i Evolució Social, Tarragona, España.
[3] Area de Prehistoria, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona,
España.eudald.carbonell@urv.cat,eldatse@gmail.com, xprodriguez@iphes.cat
[4] National Museum of Eritrea, Asmara, Eritrea. dawitkiflemariam@gmail.com, lalembatse@gmail.com, yosief.libsekal@gmail.com
[5] UniversitatAutònoma de Barcelona, Fac. Ciències, Dpt. de Geologia (Unitatd'Estratigrafia),
08193 Bellaterra, Barcelona, España. joseporiol.oms@uab.cat
[6] Departamento de Ecología y Geología, Universidad de Málaga. Campus de Teatinos.
29071 Málaga, España. sergiorosm@gmail.com

RESUMEN

En este trabajo se presentan los datos preliminares llevados a cabo durante los últimos años en Eritrea. La zona del Afar es ampliamente conocida por su contribución al estudio de la evolución humana. La cuenca de Engel Ela – Ramud se localiza al noreste del valle del Rift, y al sur de la cuenca de Buia. Se trata de un conjunto de nuevos yacimientos con un excelente potencial para el registro de restos paleontológicos y arqueológicos. Se han realizado cuatro campañas de campo con la intención de determinar la importancia del registro arqueológico, paleontológico y geológico que alberga esta cuenca.

Palabras clave: Eritrea, Cuenca Engel Ela – Ramud, Plio-Pleistoceno, *Nyanzachoerus*, Ado Qwaleh.

ABSTRACT

This paper presents preliminary data carried out during recent years in Eritrea. The Afar region is well known for its immense contribution in human evolution study. The Engel Ela-Ramud Basin is located at the northern end part of the Rift valley, south of the Buia Basin. It is a new complex of sites with a very good potential of paleontological and archaeological record. The purpose of the last four years scientific field work was to conduct systematic survey and determine the importance of archaeological, paleontological, and geological record of this depression.

Key words: Eritrea, Engel Ela – Ramud Basin, Plio-Pleistocene, *Nyanzachoerus*, Ado Qwaleh.

INTRODUCCIÓN

La cuenca plio-pleistocénica de Engel Ela –Ramud, se sitúa al norte de la Región del Afar, Eritrea (Fig. 1), en la frontera con Etiopía, contiene un excelente potencial paleontológico y arqueológico. Se localiza a 20 km al sur de

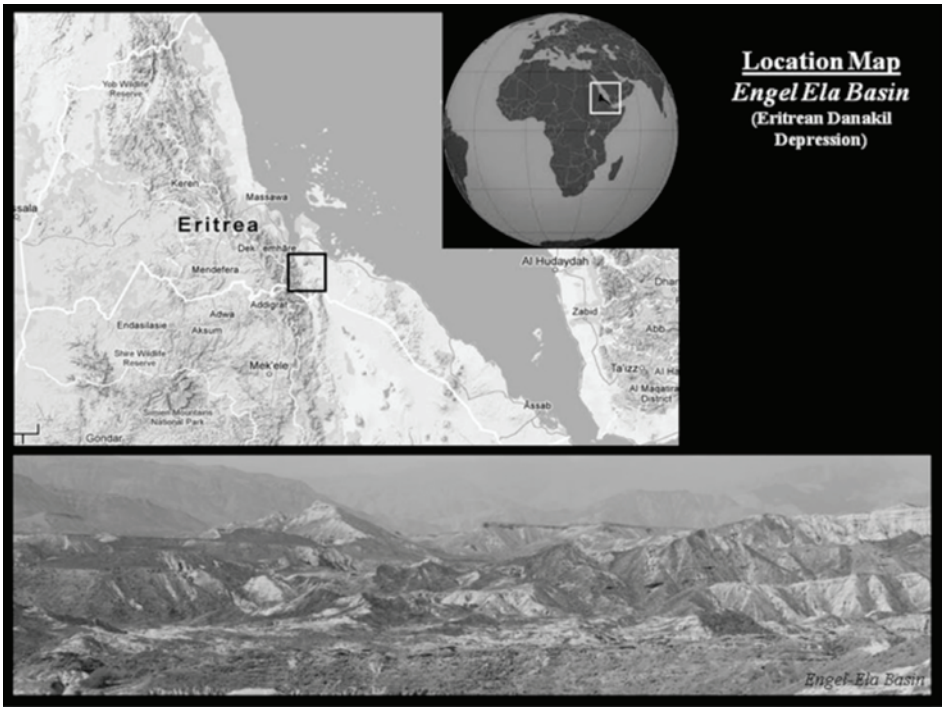


Figura 1. Localización geográfica de Engel Ela-Ramud y vista de la cuenca.

la cuenca de Buia (Martínez-Navarro *et al*., 2004, 2010) localidad donde se han recuperado restos humanoscon una cronología de 1 Ma. (Abbate *et al*., 1998). Desde 2012, un nuevo equipo científico Hispano-Eritreo está trabajando en esta cuenca, donde hasta el momento se han realizado cuatro campañas de campo durante los años 2012, 2013, 2014 y 2016.

LA CUENCA DE ENGEL ELA - RAMUD

Los trabajos geológicos y geocronológicos, aunque se encuentran en sus fases iniciales, han puesto de manifiesto la presencia de una serie estratigráfica, con estratos inclinados, de más de 300 metros de potencia, que está cubierta en su margen oriental por tobas volcánicas horizontales y en el occidental por conglomerados.

El registro paleontológico de la cuenca comienza en el Mioceno final con el hallazgo de una mandíbula de *Nyanzachoerus*, y continúa con nuevos registros de grandes mamíferos y otros vertebrados del Plioceno y del Pleistoceno.

Cabe destacar que durante las campañas del año 2014 y 2016 se llevó a cabo una pequeña excavación sistemática, de 12 metros cuadrados, en el yacimiento de Ado Qwaleh (Engel Ela D-1) (Fig. 2), en el que uno de los niveles estratigráficos contiene registro arqueopaleontológico, ya que en él se ha documentado industria lítica asociada a fauna de grandes mamíferos. Concretamente se han recuperado 38 piezas líticas, un coprolito y 6 fragmentos de hueso, uno de los cuales corresponde a un cráneo de un vertebrado de talla grande que se encuentra en proceso de restauración, y otro es undiente de un bóvido de talla pequeña. El resto son fragmentos indeterminados. Este nivel se caracteriza por la presencia de lascas y restos de talla de pequeño tamaño (menos de 2 cm), cuya materia prima es el cuarzo, entre las que destaca el hallazgo de una pieza de talla media, en torno a 7 cm de longitud. Probablemente este nivel corresponda a un evento de ocupación de esta región por un grupo de homininos que ocurrió

Figura 2. Excavación sistemática del yacimiento de Ado Qwaleh.

Figura 3. Restos dentales de *Pelorovis olduwayensis.*

Figura 4. Fragmento de núcleo óseo de *Pelorovis olduwayensis.*

de forma aislada, relacionado con la explotación del cadáver de un vertebrado de gran talla. La cronología de este nuevo yacimiento se encuentra en fase de estudio. Sin embargo, esta excavación sistemática, basada en la información estratigráfica provisional, confirma el registro de industrias líticas tempranas, probablemente las últimas herramientas líticas pliocénicas o las primeras pleistocénicas.

Por último, hay que decir que la cuenca de Engel Ela-Ramud presenta también un abundante registro de yacimientos achelenses asociados a faunas de grandes vertebrados, entre los que se ha identificado un proboscídeo (*Elephas* cf. *recki*), un suido (*Kolpochoerus* cf. *majus*), un bóvido (*Pelorovis olduwayensis*) (Figs. 3 y 4), varios carnívoros de gran talla entre los que se encuentran un hiénido y un félido, y un reptil (*Crocodylus* sp.). El registro arqueológico se completa con varias asociaciones líticas atribuibles a la "*Middle*" y "*Late Stone Age*".

CONCLUSIONES

La cuenca de Engel Ela-Ramud resulta de gran importancia para el estudio de las faunas africanas, ya que en ella están registrados yacimientos con cronologías continuas que abarcan desde el Mioceno, donde se ha recuperado una mandíbula de *Nyanzachoerus,* hasta el Pleistoceno, donde aparecen asociadas industrias líticas achelenses y restos de grandes mamíferos.

AGRADECIMIENTOS

Queremos agradecer a todas las personas e instituciones que han contribuido, directa o indirectamente, al desarrollo de este proyecto de investigación que ha sido autorizado por el Gobierno de Eritrea, y financiado por el

Ministerio de Cultura de España y por el Ministerio de Economía y Competitividad de España. También queremos agradecer a la Fundación Atapuerca por la beca a Tsegai Medin para la realización de su tesis doctoral.

BIBLIOGRAFÍA

Abbate, E., Albianelli, A., Azzaroli, A., Benvenuti, M., Berhane, T., Bruni, P., Cipriani, N., Clarke, R.J., Ficcarelli, G., Macchiarelli, R., Napoleone, G., Papini, M., Rook, L., Sagri, M., Tewelde, M.T., Torre, D. y Villa, I. 1998. A one-million-year old *Homo* cranium from the Danakil (Afar) depression of Eritrea, *Nature*, 393, 458–460.

Martínez-Navarro, B., Rook, L., Segid, A., Yosieph, D., Ferretti, M.P., Shoshani, J., Tecle, T.M. y Libsekal, Y. 2004. The large fossil mammals from Buia (Eritrea): systematics, biochronology and paleoenvironments. *Rivista Italiana Paleontologiae Stratigrafia*, 110, 61–88 Supplement.

Martínez-Navarro, B., Rook, L., Papini, M. y Libsekal, Y. 2010. A new species of bull from the Early Pleistocene paleoanthropological site of Buia (Eritrea): parallelism on the dispersal of the genus *Bos* and the Acheulian culture. *Quaternary International*, 212, 169–175.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LA UNIVERSIDAD DE LA EXPERIENCIA DE ZARAGOZA Y EL MUSEO DE LOS MARES PALEOZOICOS: ASPECTOS EDUCATIVOS Y DIVULGATIVOS DE LA CIENCIA

G. Meléndez, Z. Herrera, E. Villas y R. Barella

Departamento Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza.
gmelende@unizar.es, zherrera@unizar.es, villas@unizar.es, rosabarella@yahoo.es

RESUMEN

La "Universidad de la Experiencia" de Zaragoza (UEZ) empezó en 2001 como un proceso experimental con el objetivo de acercar el conocimiento a sectores de la población con una edad avanzada que no habían tenido acceso a una formación académica o que querían profundizar en ella. Su origen por tanto tuvo una intención formativa y divulgadora. El Departamento de Ciencias de la Tierra (especialmente el Área de Paleontología) participó activamente desde el primer momento aportando todos los medios disponibles y el personal docente con el objeto de presentar de un modo accesible para la población los conceptos relacionados con la paleontología, el registro fósil, los procesos y mecanismos evolutivos y los detalles de la sistemática. Desde la inauguración del "Museo de los Mares Paleozoicos" en la localidad de Sta. Cruz de Nogueras, en 2009, se consideró que la excursión de fin de curso, que solía hacerse a la cercana localidad de Belchite podría hacerse mejor a esta localidad, incidiendo sobre las sucesiones paleozoicas en lugar de las mesozoicas. De esta manera se ha logrado una fusión más fructífera entre la didáctica, la difusión de la ciencia y la museística. Los resultados han sido en todo momento satisfactorios y se han visto reflejados por los comentarios elogiosos de los participantes, que han resaltado tanto el interés del curso y la buena labor del profesorado como el gran interés de la excursión y el centro museístico. Este Museo, erigido gracias a la buena labor del Alcalde de la localidad y la colaboración con el Área de Paleontología de la Universidad de Zaragoza, permanece pese a sus reducidas dimensiones, como uno de los centros museísticos más interesantes y mejor cuidados de la Comunidad Aragonesa.

Palabras clave: Universidad de la Experiencia, cursos de formación, paleontología, sistemática, Museística.

ABSTRACT

The University of Experience of Zaragoza started in 2001 as a sort of experimental process with the aim of making science and knowledge accessible to a population not familiar with, or lacking, an academic background. The Department of Earth Sciences (the laboratory of Palaeontology) participated from the very beginning in this experience supplying all the knowledge and the available media in order to present the history of life and the main fossil groups in an easy and accessible way to a population not familiar with the complex concepts of palaeontology, the fossil record, the evolutionary processes and mechanisms, and the details of systematics. From the moment of the inauguration of the "Museum of the Palaeozoic seas" in the small locality of Sta. Cruz de Nogueras, in the middle of the Ordovician-Devonian units, it was considered more appropriate to change the fieldtrip from Belchite to this area, as the conditions should be now more adequate for a good learning in a combined effect of fieldwork and museistics, and changing the Mesozoic for Palaeozoic fossil and stratigraphic successions. The Museum, founded

recently by the good cooperation of the Townhall of the village and the laboratory of Palaeontology of the University of Zaragoza stands as one of the best examples of fruitful combination of scientific level and educational strategies in the Aragonese Community.

Key words: University of Experience, background courses, palaeontology, systematics, museistics.

INTRODUCCIÓN

En el año 2001 se ponía en marcha en la universidad de Zaragoza un ambicioso proyecto que con el nombre de "Universidad de la Experiencia de Zaragoza" (UEZ) tenía por objetivo difundir el conocimiento entre sectores de la población con una edad avanzada, que no habían tenido acceso a una formación académica o que querían profundizar en ella. Aunque la misma no excluía a personas con formación, el objetivo con el que surgió se enmarcaba en la tarea de difundir el conocimiento científico y otras ramas del conocimiento (la Historia, el Arte, etc) entre una población que no hubiera tenido acceso a la misma a lo largo de su vida. El carácter abierto y divulgativo del programa, en el que la asistencia a las sesiones era condición necesaria para superar las materias aunque no se contemplara la realización de pruebas o exámenes, atrajo desde el principio a amplios sectores de la población, formados principalmente por personas de cierta edad interesadas en acceder al conocimiento científico. Desde los primeros años coexistieron dos cursos, el primero centrado en campos diversos de las ciencias geológicas y el segundo, con la participación casi exclusiva de miembros del Área de Paleontología, que enfocaba de una forma más definitiva los contenidos en temas paleontológicos. Las sesiones se han ido desarrollando todos estos años, aparte de en la sede central de la Universidad de Zaragoza, en numerosas localidades de la región aragonesa. Entre las más destacadas figuran Calatayud, Alcañiz, Utebo, Ejea de los Caballeros, Jaca, Sabiñánigo, Monzón o Barbastro.

DESARROLLO DE LAS SESIONES

Los contenidos del Curso de Introducción a la Paleontología abarcan todo el programa de la sistemática de invertebrados y vertebrados, y desde los primeros años han participado en ellas la práctica totalidad del personal del Área o laboratorio de Paleontología. Esto ha llevado a que todo el profesorado haya realizado un notable esfuerzo divulgador con el objetivo de hacer los conceptos paleontológicos (y no sólo; también geológicos y biológicos, en aspectos como la paleogeografía, la evolución, la genética o la dinámica de poblaciones) accesibles a una población no familiarizada con dichos conceptos. El resultado se puede considerar como altamente positivo, pues muchos participantes muestran un alto interés por los ejemplares fósiles de muestra que se llevan para ilustrar los contenidos de la presentación, generando discusiones que contribuyen a aclarar los puntos tratados en la misma. También suele ser frecuente que muchos participantes se queden a dialogar con el conferenciante tras la sesión discutiendo algunos aspectos de la materia impartida. Estos pueden tratar puntos diversos, como el reconocimiento de ejemplares de los grupos tratados en zonas cercanas a la localidad donde habitan y la consiguiente discusión sobre la edad y los ambientes (marinos; tropicales...) que caracterizaban dicha zona en el Jurásico o en el Cretácico. Aunque las edades en millones de años son difíciles de percibir por la población poco habituada, la realidad es que llegan a mostrar una comprensión bastante exacta de las mismas. En otros casos, como el de profesoras de Instituto con una formación en Biología las discusiones pueden entrar directamente en temas como la acción de control de los genes estructurales y reguladores sobre los caracteres. Otro aspecto particularmente interesante en todos los cursos impartidos hasta la fecha es el hecho de que muy rara vez algún participante ha planteado el posible conflicto entre Ciencia y Religión, lo cual refleja un inusual grado de imparcialidad y madurez en los participantes que de alguna manera perciben con claridad la diferencia entre el conocimiento científico y las creencias personales. Es preciso hacer constar que esto no siempre es así y que incluso en el ámbito de la comunidad científica española y en otros ámbitos es frecuente el planteamiento de

estas cuestiones (recientemente ilustres evolucionistas como Simon Conway Morris han manifestado su opinión en la que "no ven conflicto" entre ambas posiciones...) Las referencias bibliográficas recomendadas abarcan un amplio campo dentro de la paleontología. Las más recomendadas son las de Domènech y Martinell (1996), Liñán Guijarro (1999), Martínez Chacón y Rivas (2009), Meléndez, B. (1943: *Introducción al estudio del Paleozoico aragonés*), 1955 (Manual de Paleontología), y las sucesivas ediciones de su *Tratado de Paleontología*: 1982, 1990, 1991, 1997. También la obra de A. Richter (1989): *Manual del coleccionista de fósiles*. Una primera aproximación a este tema ha sido presentada también recientemente por Meléndez y Barella (2016).

Figura 1. Participantes en los cursos de la UEZ en las proximidades de Santa Cruz de Nogueras, en los afloramientos del Devónico.

CONTENIDOS

Los contenidos cubren la mayoría de los temas que abarcan los programas de la asignatura de Paleontología Básica y Marina por un lado (en donde se trata el problema del origen de la vida y los grupos de invertebrados, principalmente) y de la Paleontología Continental, en donde se tratan, en mayor medida, aspectos relativos a los vertebrados y la paleobotánica. De este modo, aunque presentados de un modo accesible y con una obvia limitación horaria, el programa y los contenidos impartidos no son muy diferentes de los que se imparten a los alumnos del Grado de Geología en la Universidad de Zaragoza (véase Meléndez y Barella, 2016, y referencias allí).

El conjunto del temario, que se imparte en un total de 20 horas, cubre de un modo amplio el espectro de los grupos que componen el registro fósil, desde el origen de la vida bacteriana en el precámbrico hasta el Pliocuaternario, en donde los homínidos reciben una atención especial, con una sesión específica dedicada a su evolución. En estos cursos han participado hasta 20 profesores, la mayoría de la Universidad de Zaragoza, con la colaboración de especialistas del IGME, el Museo Geominero, el Museo de los Mares Paleozoicos o profesores de centros de enseñanza media. En conjunto los cursos impartidos han ofrecido una visión bastante exacta y detallada del registro fósil, que se ve complementada en la excursión realizada al finalizar el mismo. Una exposición más detallada de los contenidos y los desarrollos se puede encontrar en el trabajo de Meléndez y Barella (*loc. cit.*).

La programación del curso ha sido objeto de numerosos cambios y reestructuraciones, en algunos casos respondiendo a las mismas sugerencias de los propios alumnos. En el presente curso académico (2015-16), como viene siendo habitual en los últimos años, el curso se ha impartido en dos sedes diferentes: durante el mes de Marzo en una sede periférica de la Universidad de la Experiencia, este año Alcañiz, y en Abril-Mayo en la sede central de Universidad de Zaragoza. Una primera sesión de Introducción se centra en el interés y la importancia del Registro fósil y de los estudios paleontológicos para reconstruir la Historia de la vida en el pasado. Una segunda sesión cubre desde el origen de la vida bacteriana hasta los primeros organismos pluricelulares y las pistas fósiles

en el límite Precámbrico-Cámbrico y el Cámbrico Inferior. Los organismos diploblásticos, fundamentalmente los Celentéreos, son objeto de una tercera sesión, en la que quizás se echa en falta una mención a los parazoos (Espongiarios, Arqueociatidos...) aunque éstos son en parte cubiertos por la segunda sesión. En una cuarta sesión se abordan los equinodermos, como organismos triploblásticos deuteróstomos epitelioneuros, desde los primeros Eocrinoideos hasta los grupos recientes. Es interesante constatar cómo la triploblastia se alcanza en un estadio tan temprano del desarrollo de los invertebrados como el Cámbrico Inferior (con la expansión de invertebrados conocida como la "Radiación Cámbrica") y que en otros grupos aparece ya durante el período Cámbrico en radiaciones sucesivas.

Figura 2. Grupo de participantes de la UEZ en el afloramiento paleozoico de la fuente de Nogueras, estudiado por Bermudo Meléndez en 1943.

Los vertebrados reciben un tratamiento relativamente detallado a través de cuatro sesiones amplias. Los peces y los grupos derivados (anfibios y primeros reptiles hasta el Pérmico y el Triásico) son objeto de una primera sesión. Los dinosaurios, desde su origen y diversificación hasta su extinción y el origen de las aves son objeto de una segunda sesión. La historia evolutiva de los mamíferos desde sus orígenes (los "ambulátiles...") en el Triásico hasta el Cuaternario son objeto de una sesión muy completa, que realiza un recorrido detallado a lo largo de los distintos grupos que han ido dando origen a los que ocupan los ecosistemas actuales. Los Homínidos y el proceso evolutivo que ha desembocado en la aparición del género humano y el *Homo sapiens* a lo largo de un proceso evolutivo complejo (por sucesivos procesos de Neotenia favorecidos por sucesivos cambios climáticos y situaciones de cuello de botella) a partir de los australopitecinos, ocupan la sesión final del curso.

EL MUSEO DE LOS MARES PALEOZOICOS

El Museo de los mares Paleozoicos, situado en la localidad de Sta. Cruz de Nogueras (Provincia de Teruel) surgió como una iniciativa promovida por distintas instancias locales y con la colaboración activa de diversos especialistas cuya labor investigadora se había desarrollado por estas áreas. El museo ocupa un pequeño edificio, construido con ese objetivo, y alberga importantes colecciones y reproducciones de fósiles del Paleozoico de la región. Desde el punto de vista museístico es un ejemplo paradigmático de lo mucho que puede hacerse con un presupuesto nunca abundante y desde el punto de vista didáctico es un ejemplo aún mejor de cómo la ciencia puede ser transmitida de un modo claro sencillo y comprensible, sin necesidad de recurrir a infantilizaciones tan frecuentes en el mundo de la divulgación. Desde sus inicios, el Museo, con sus exiguos medios económicos, ha desarrollado una enorme labor de divulgación en niveles diversos incluyendo excursiones de alumnos de instituto, y de un modo particular, a los alumnos de la Universidad de la Experiencia, que año tras año han tenido la ocasión

Figura 3. Interior del Museo de los Mares Paleozoicos. El profesor Enrique Villas dirigiéndose a un grupo de visitantes (alumnos de la UEZ) en la sala de charlas del mismo.

de completar los contenidos del curso de Paleontología con una excursión por la zona y una visita a este centro. Igualmente, el centro se ha revelado como un punto clave en las excursiones de los alumnos de las universidades de Zaragoza, Valencia y Alicante, que desde el año de la inauguración han ido visitando el Paleozoico de la región. En definitiva, puede decirse que, pese a la escasez de medios, si las cosas se hacen bien, se puede realizar una labor enormemente importante de difusión de la ciencia entre la sociedad, incluyendo una difusión rigurosa de la misma a niveles muy diversos, desde la escuela primaria y secundaria hasta niveles universitarios y sectores adultos de la sociedad no familiarizados con los problemas científicos.

CONCLUSIONES

La divulgación de la Ciencia en la Sociedad y la explicación a los alumnos de la Universidad no es, en ninguno de los casos, una tarea fácil ni sencilla ni obvia. Con demasiada frecuencia los científicos caen en la tentación de: bien distanciarse de la población convencidos de la idea de que hacer las cosas comprensibles es degradar la ciencia y el conocimiento, lo que agranda el distanciamiento de, en este caso, el geólogo con la sociedad, o bien presentar la ciencia y el conocimiento como una materia comprensible como un juego de niños. Nada de esto es recomendable pues con frecuencia llevan a la población a pensar que el trabajo científico es un juego carente de rigor y la realidad es exactamente la contraria, aunque esta costumbre esté llevando en ocasiones a los propios científicos a hacer de la divulgación de la ciencia una tarea infantiloide.

Bien al contrario, la labor de divulgación puede y debe hacerse intentando presentar las cosas complejas de manera simple, lo cual no quiere decir ni ridícula ni distante ni incomprensible. Que la población no tenga ideas claras sobre la evolución de la vida, la historia de la Tierra y los continentes o los procesos genéticos y evolutivos no quiere decir que no puedan comprenderlos si se les presentan y explican con claridad, y se fomenta el intercambio de ideas con los estudiantes. Esto es exactamente lo que deben perseguir estos cursos y el Museo de los Mares paleozoicos y podemos decir que en este caso se ha conseguido ampliamente.

AGRADECIMIENTOS

Proyecto de Investigación E-17 (DGA): "*Patrimonio y Museo paleontológico*".

REFERENCIAS

Domènech, R. y Martinell, J. 1996. *Introducción a los fósiles.* Masson, 1-288.

Liñán Guijarro, E. 1999. *Los fósiles en Aragón*. CAI 100, 25, 1-110.

Martínez Chacón, M.L. y Rivas, P. (Eds.). 2009. *Paleontología de invertebrados*. Sociedad Española de Paleontología, 1-524.

Meléndez, B. 1943. *Introducción al estudio del paleozoico aragonés*. Inst. Lucas Mallada, Madrid, 320 pp.

Meléndez, B. 1955. *Manual de Paleontología*. Paraninfo, Madrid, 466 pp.

Meléndez, B 1982. *Paleontología*, t.1: *Parte general e invertebrados*. Paraninfo, Madrid, 722 pp.

Meléndez, B. (Ed.). 1990. *Paleontología 3 Volumen 1 Mamíferos*. Paraninfo, Madrid.

Meléndez, B. (Ed.). 1991. *Paleontología 3 Vertebrados Tomo 2*. Paraninfo, Madrid.

Meléndez, B. (Ed.). 1997. *Paleontología 3 Volumen 2 Mamíferos*. Paraninfo, Madrid.

Meléndez, G. y Barella, R. 2016. La Universidad de la Experiencia de Zaragoza (UEZ): dieciséis años enseñando paleontología a la población. *XXX Reunión AEPECT,* Manresa, 1-12.

Richter, A. 1989. *Manual del coleccionista de fósiles*. Omega, 1-460.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

USO DE MODELOS EN LA CATALOGACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DEL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO PLIOCENO DE MALLORCA

B. Morey

UIB. Dept. Ciencias de la Tierra. Soc. d'Hist. Nat. de les Balears. Palma de Mallorca. bernatmoreycolomar@yahoo.es

RESUMEN

Los estudios en el patrimonio Paleontológico de Mallorca han supuesto la localización de un importante registro plioceno marino que permite ordenar la estratigrafía del período de acuerdo con modelos cronoestratigráficos a nivel global. La distribución de este registro informa sobre la distensión del Neógeno postectónico de la isla con tasas de subsidencia y erosión variables (primeros estudios y modelos para la isla) y tectónica compresiva finipliocena. En cambio, se necesitan más estudios para considerar a *Persitistrombus coronatus* como bioindicador climático del periodo

Palabras clave: Mallorca, Plioceno, subsidencia, erosión, neotectónica.

ABSTRACT

The studies in the Pliocene Paleontological heritage of Majorca has supposed the location of an important coastal registry. This located registry allows to order the stratigraphy of the period in agreement with the Pliocene chronostratigraphyc global models. The particular distribution of registry inform on distension of the postectonic neogene of the island (variable rates of subsidence, erosion- first studies and models on the island) and new tectonic compression. By contrast, more studies are needed to consider to *Persitistrombus coronatus* climatic reference specie.

Key words: Majorca, Pliocene, subsidence, erosion, new-tectonic.

INTRODUCCIÓN

Al iniciarse los estudios de catalogación, caracterización y valoración del Patrimonio paleontológico de Mallorca *(TCCVVPPm.* 2003) el Plioceno marino de la isla sólo se había interpretado en sondeo con modelos extrapolables al de Montenat (1973) para el Plioceno de la Península Ibérica (Barón, 1978; Pomar *et al.,* 1983; Colom, 1985). Los *TCCVVPPm* localizan un importante registro marino en superficie sólo estudiado parcialmente a nivel ictiológico (Fig. 1. Fig. 2. 70 LIPs. Bauzá, 1978; Morey *et al.,* 2009; Mas, 2015) y aún confundido con el registro Mioceno (Fallot, 1922).

Todo apunta a la necesidad de perfilar el modelo estratigráfico original (resuelto con sólo dos familias sedimentarias. *Fm. Calcilutitas de Son Mir; Fm. Calcarenitas de Sant Jordi.* Pomar *et al.,* 1983; Mas, 2015) con otro que contemple:

- La regresión marina intrapliocena. Paso del Zancliense al Plasenciense.

- La inclusión del período Gelasiense en el Pleistoceno Inferior (sistemas dunares con *Rumina decollatta* y restos de insectos sobre sedimentación marina con *Persitistrombus coronatus*. Morey y Forteza, 2013).

Los *TCCVVPPm* permiten elaborar modelos que expliquen la erosión, distensión, subsidencia o elevación (neotectónica) del registro postectónico de la isla (Serravaliense- actualidad) tanto por la particular distribución del registro plioceno documentado como por encuadrar *éste* importantes registros Miocenos y Pleistocenos.

MODELOS PARA EL PLIOCENO MARINO DE MALLORCA

Estratigrafía

Los modelos climatológicos para el Plioceno a nivel global contemplan un enfriamiento climático intraplioceno (Límite Zancliense- Plasenciense) con regresión marina del orden de 15- 20 m respecto del nivel del mar actual (Berggren *et al*., 1995; Huq *et al.,* 1987; Lisiecki y Raymo, 2005. Fig. 1). A esta sigue una nueva transgresión marina Plasenciense para finalizar con nuevo episodio regresivo (con repunte- máximo climático) que deja paso al Pleistoceno inferior (límite Pliocuaternario- P/Q. 3.2- 2.5 ma).

Morey (2013) ordena de manera sintética los perfiles estratigráficos referentes para el Plioceno inferior y medio (*Son Mir.* Pomar *et al.,* 1983; *Son Palou. Margas con Amusium de Son Palou*) junto con especteculares perfiles cercanos para el Plioceno marino superior (*Pontiró. Fig. 2; Xorrigo etc.*) observando en estos últimos (Fig. 1; Fig. 2):

a) Calcarenitas y calcilutitas estratificadas con *Pecten benedictus* y equínidos.
b) Lumaquela con *Persitistrombus coronatus* y dientes de peces. Superficie erosiva.
c) Margas blancas bioturbadas. Ostreidos y pectínidos infra- circolitorales.
d) Lumaquela cochífera (telínidos, *Ensis sp.*) sin fauna de significación cálida
e) Nueva lumaquela con *Pesitistrombus coronatus, Panopea sp.* (Óptimo climático PQ).
f) Sistemas dunares con *Rumina decollatta* y restos de insectos (Pleistoceno inferior).

Esta ordenación se puede extrapolar a modelos pliocenos globales (Figs. 1 y 2).

Distribución del registro plioceno y erosión diferencial

Se documenta un plioceno marino sólo conservado en los grabens y plataformas miocenas (Fig. 2) y fosilizado por aluviones y sistemas dunares. Según distribución y altura del registro se distinguen:

– Zonas sin neógeno postectónico. (No deposición. Erosión diferencial).

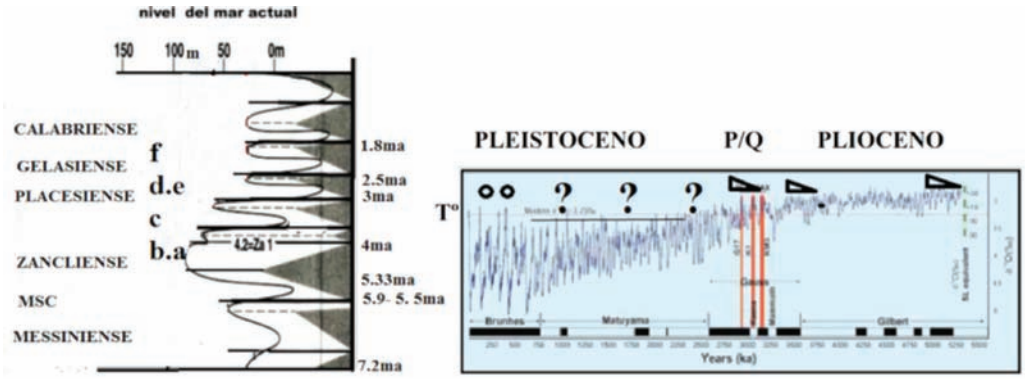


Figura 1. Modelos Pliocenos a nivel global (esquemas sobre Huq et al., 1987; Berggren et al., 1995) y extrapolación del registro de Pontiró- Xorrigo (texto): a. Zancliense. b. Regresión marina intrapliocena. c Transgresión marina Plaseciense. d. Registro restringido P/Q y máximo cálido finiplasenciense (niveles con Persitistrombus coronatus). Derecha. Situación de P. Coronatus (Plioceno. Triángulo) y de P. bubonius (Pleistoceno. Óvalo) en el registro mallorquín.

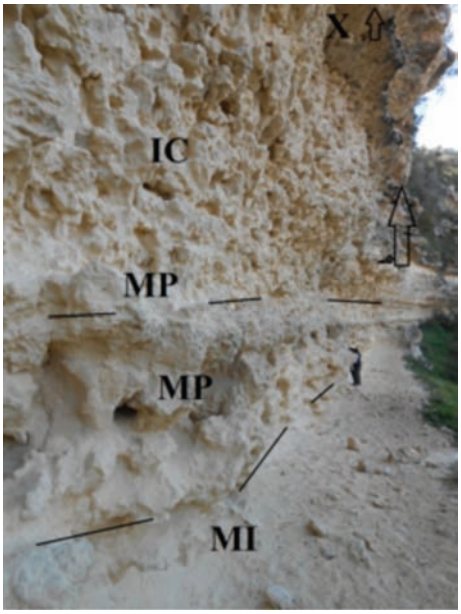


Figura 2. Derecha. Distribución del registro plioceno (sobre mapa de Gelabert, 1998). Registro ordenado en plataformas marinas o siguiendo la falla central de Sta Eugènia- Sencelles. Izquierda. Registro plioceno de Pontiró con: MI-Mesoinfralitoral- Pecten benedictus; MP- Mesolitoral-Playa- P. Coronatus- Superficie erosiva. IC. Infracircolitoral- Turbiditas con balánidos y pectínidos. Flecha- X. Playas y dunas.

- Plioceno sobre la altura observada por Huq *et al*. (1987): Sta Eugènia. 245 m. Cueva de Son Lluïs. 149 m (Morey y Mas, 2009; Morey *et al.,* 2009).
- Plataformas con Mioceno y Plioceno entre los 100 y 70 m (sin apenas subsidencia).
- Plataformas miocenas basculadas y subsididas (70 m- nivel del mar) con Plioceno en terrazas o rellenando fracturas (documentando la distensión de la estructura).
- Grabens donde el Plioceno se sitúa hasta más de 100 m por debajo del nivel del mar actual (Mateu, 1982; Colom, 1985). Subsidencia y/o fracturación

La inexistencia de Plioceno marino en buena parte de las plataformas miocenas (cuando la transgresión marina zancliense las cubrió en buena parte. Messiniense muy litoral) se explica por erosión diferencial. El modelo para la plataforma de Llevant y como ejemplo se observa extrapolable al modelo evolutivo del carst con yesos de la cuenca de Sorbas (Braga y Martín, 1996). El finimessiniense de Sorbas se conserva fosilizado por los sedimentos marinos pliocenos. Al retirarse el mar a principios del cuaternario, el plioceno se erosiona con rapidez dejando al descubierto las margas y yesos hoy en superficie.

Las cifras de erosión en el cercano desierto de Tabernas llegan al 1 mm/10 años (Solé Benet y Lázaro, 2009) en margas y arenas semejantes a las pliocenas o serravalienses de Mallorca. La estructura carbonato- arrecifal miocena de Mallorca con cifras de erosión medias (Tonelada /hectárea/año. Cerdá, 2001) habría perdido desde la MSC 5 millones de Tm por hectárea (10.000 m^2. Pérdida de 500Tm/m^2).

Un m^3 de calcarenita o marga pesa 2 Tm aprox. (densidad 2- 2.2). 500 Tm/m^2 son 250 m^3 (una columna de 250 m de sedimento). Así, en los grabens de la isla, la potencia de sedimentos acumulada (sin erosión) es de más de 300 m (Mateu, 1982).

Con estas cifras de erosión, los registros plioceno y mioceno marinos superficiales habrían desaparecido en su totalidad. Su disposición actual solo se explica por haberse conservado bajo la sedimentación pliocena y/o aluviones y sistemas dunares cuaternarios.

Mismo planteamiento explica los hallazgos en superficie de *Myotragus sp.* en el Mioceno de Cala Morlanda, la inexistencia de registro de vertebrados terrestres miocenos o pliocenos en las cuevas y simas de la Sierra de Tramuntana de la isla o la no presencia de homininos en el Plioceno Europeo (Morey, 2015).

Mucho o la mayoría del teórico registro se habría erosionado con el terreno.

Subsidencia y distensión del registro postectónico de Mallorca

Se calcula a partir de la altura del registro según Huq *et al.* (1987) comparada con la de cada LIP Mioceno, Plioceno y Pleistoceno.

Ejemplo: Cálculo del Mioceno y Plioceno (Edad. MSC. *5.9-5.33 ma)* a partir de Cas General (100 m) respecto de Son Ferriol y Porto Pi (11 m).

- Nivel del mar para el Mioceno superior según Huq *et al.* (1987) = 100 m. aprox.
- Subsidencia relativa respecto de Porto Pi (*Calizas Pont d´Inca.* 11 m): 100-11= 89 m.
- 89 m = 89. 000 mm./6.000.000 años = 0.0148 mm/año

Los datos se duplican para Son Ferriol (Graben-aeropuerto. -100 m).

Los cálculos efectuados (modelo) distribuyen el Postectónico de la isla en:

- Zonas sin registro postectónico o con registro postectónico elevado (apartado siguiente).
- Zonas sin apenas subsidencia (centro de la isla. Sineu, Porreres-Llucmajor Sup.).
- Fragmentos de plataforma subsididos hasta 100m desde la MSC (Plataformas de Llucmajor y Llevant. Grabens elevados).
- Grabens y fallas lístricas con cifras de subsidencia de entre 0.03-0.04 mm/ año.

Neotectónica. Modelos

Mas (2013) asocia la elevación de los terrenos miocenos y pliocenos elevados por la falla de Sta. Eugènia-Sencelles (245 m. Morey y Mas, 2009) al desplazamiento horizontal de la falla (Strike-Slip). Sin embargo, los perfiles basculados y fallados documentados, las cuevas /fracturas rellenas de sedimentos más modernos y los bloques desprendidos son más propias del desplazamiento vertical de la falla (Benedicto, 1994; Silva *et al.,* 2005; Morey y Mas, 2009). Se desconoce la estructura interna del anticlinal asociado y el *Push up* propuesto no se corresponde con la estructura superficial del anticlinal (Mioceno concordante y basculado 40º hacia el ENE. Morey y Mas, 2009. Morey y Forteza, 2015). Una *Push up* como el indicado por Mas (2013) - dirección ESE/ WNW- supondría una estructura no concordante y perpendicular a la dirección apuntada por la basculación del Antiforme (WSW-ENE).

Un modelo alternativo observado en fallas con elevaciones asociadas como la falla de San Andrés en California (distensión en diapiro. *www.dnatube.com/. ./geologybegdistentionfaultdiapir)* explica la elevación y basculación del Antiforme asociado a la falla a la vez que lo relaciona con las estructuras miocenas elevadas y basculadas de la isla. Según este nuevo modelo el proceso de elevación y basculación del registro mioceno y plioceno habría seguido esta temporalización:

- 17-11 ma. (A. Fig. 3). Deposición sobre la estructura alpina basal de turbiditas marinas langhienses (Rodríguez Perea, 1984) y de margas con yeso serravalienses. Estas actuarían como un verdadero diapiro bajo la estructura carbonato arrecifal Tortomessiniense.
- 11-10 ma. (B. Fig. 3). Transgresión marina tortoniense. Complejo Carbonato-arrecifal. Distensión/fracturación desde el momento de su formación (Pomar *et al.,* 1983).
- 7.2-5.33 ma. Crisis Messinienses. Distensión. Formación de la red torrencial.
- Transgresión marina pliocena. (C. Fig. 3). El peso del agua y de los sedimentos provoca la basculación de las estructuras. Las margas y turbiditas de A pueden actuar como diapiros aumentando la fracturación y reproduciendo la estructura basal.
- Retirada del mar con las primeras glaciaciones pleistocenas. Posible repunte de la tectónica compresiva (Aguirre, 2003) WSW/ENE-Anticlinal. D. Fig. 3)

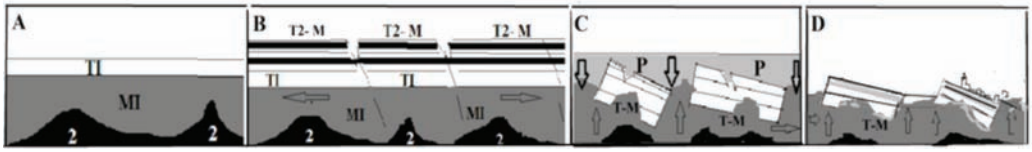


Figura 3. Modelo de distensión en diapiro para el Antiforme de Son Seguí-Sta. Eugènia. Explicación en texto

***Persitistrombus coronatus/Persitistrombus bubonius.* Distribución cronológica**

Persitistrombus coronatus se cita en el finiplioceno de la Península Ibérica aún cuando el período Gelasiense se contempla aún Plioceno (Bardají *et al.,* 2000).

Los *TCCVVPm* proporcionan un conjunto de LIPs para discutir su distribución en el registro plioceno de la isla. Para Morey *et al.* (2009) o Mas (2015) las playas con *Persitistrombus coronatus* se repartirían en (Fig. 2. Esquema):

- Teóricas playas primi pliocenas entre los 100 y 70 m (no localizadas. En estudio).
- Finizanclienses. Fosilizando el registro zancliense. Localidad tipo *Pontiró.* Fig. 2. ¿Lumaquela I. Ca´n Casetes?. Datación en revisión (Mas, 2015).
- Playas finiplasecienses (óptimo climático). Localidad tipo. *Xorrigo.* ¿Lumaquela II de Can Casetes? Datación en revisión (Mas, 2015).

Su no presencia en el registro Gelasiense y Calabriense de la isla puede ser debido a:

- Poco registro localizado ni datado y/o confundido con el registro Plioceno.
- Desaparición de *P. coronatus* a partir del Gelasiense. Los modelos climáticos indican para el Gelasiense y Calabriense un clima más frio que en OIS 7 y OIS 5e (Fig. 1). Luego *P. coronatus* sería según esta hipótesis una especie crono-indicadora para el Plioceno mallorquín. Faltan estudios (y puede que registro) para confirmar una hipótesis u otra.

Persitistrombus bubonius se cita en el Pleistoceno Medio (MIS 7) y Superior (MIS 5e) de la isla. Su desaparición en el MIS 5a se achaca al enfriamiento climático OIS 5b-5a ya que la especie sigue viviendo en el mediterráneo de la Península Ibérica (Cuerda, 1987).

CONCLUSIONES

Los estudios de catalogación y valoración efectuados en el Plioceno marino de Mallorca localizan un importante registro marino que permite utilizar y perfilar modelos para:

- Ordenar el registro a partir de modelos crono estratigráficos coetáneos a nivel global.
- Determinar la regresión /transgresión marina intra-pliocena y delimitar cada vez mejor el límite P/Q-Gelasiense
- Documentar la distensión/subsidencia del neógeno postectónico de la isla, determinar su fracturación y basculación condicionada junto con elevación (neotectónica) parcial a finales de Plioceno- principios del Cuaternario.
- Plantear a *Persitistrombus coronatus* como posible especie crono indicadora para el Plioceno de la isla a falta de estudios y dataciones también en el registro Pleistoceno.
- Perfilar interpretaciones del registro parciales o efectuadas sin observar las importantes cifras de subsidencia, erosión y basculación detectadas (Fig. 4).

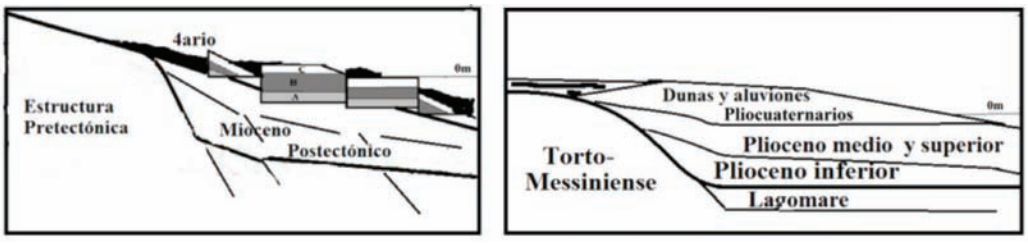


Figura 4. Los modelos de cuenca sedimentaria, como el de Mas (2015) para el finimessiniense y Plioceno de Mallorca (derecha), se observan simplistas frente a la disposición del registro localizado. Éste se observa en parte erosionado, y parcialmente subsidido, levantado y basculado (izquierda) siguiendo condicionamientos regulares y aún reflejando la distensión y disposición del registro neógeno postectónico de la isla.

REFERENCIAS

Aguirre, E. 2003. Messiniense: Compleja y grave crisis ecológica. *Estudios Geológicos,* 59, 205-212.

Bardají, T. Goy, J.L. y Zazo, C. 2000. El límite Plio-Pleistoceno: un debate todavía abierto. *Revista C & G*, 14(1-2), 77-92.

Barón, A. 1978. *Estudio estratigráfico y paleontológico del Mioceno medio y superior postorogénico de la isla de Mallorca.* Premio Ciudad de Palma, 180 pp. (Inédito).

Bauzá, J. 1978. *Paleontología de Mallorca. 180 millones de años de la flora y la fauna de Mallorca.* In Mascaró, J. Historia de Mallorca, 7, 331-340.

Benedicto, A. 1994. Geología de la Cubeta de Inca (Mallorca): cartografía geológica e interpretación de los datos del subsuelo. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears*, 37, 15-25.

Berggren, W.A. Kent, D.V. Swisher, C.C. y Aubry, M.P. 1995. A revised Cenozoic geochronology and chronostratigraphy. In: W. A. Berggren, D. V. Kent, J. Hardenbol (eds.), *Geochronology, time scales and global stratigraphic correlations: a unified temporal framework for an historical geology.* Tulsa, SEPM Special Public., 54, 129-212.

Braga, J. C. y Martín, J. M. Geometries of reef advance in response to relative sea-level changes in a Messinian (uppermost Miocene) fringing reef (Cariatiz reef, Sorbas Basin, SE Spain). *Sedimentary Geology,* 107(1-2), 61- 81.

Cerdá, A. 2001. La erosion del suelo y sus tasas en España. *Ecosistemas*, X (3), 16 pp.

Gelabert, B. 1998. *L´estructura geològica de la meitat occidental de l´illa de Mallorca.* Tesis UB, Publicaciones del IGME, 207 pp.

Huq, B.U., Hardenbol, J. y Vail, P.R. 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic (250 million years ago to present). *Science*, 235, 1156-1167.

Krijgsman, W., Hilgen, F.J., Raffi, I., Sierro, F.J. y Wilson, D.S. 1999. Chronology, causes and progression of the Messinian Salinity Crisis. *Nature,* 400, 652- 655.

Lisiecki, L. y Raymo, M. E. 2005. A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic 18O records. *Paleoceanography*, 20, PA1003.

Mas, G. 2013. Evidències de desplaçament direccional de la falla de Sencelles (Mallorca). *VI Jorn. Medi Ambient. Balears, Soc. Hist. Nat.,* 50-53.

Mas, G. 2015. *El registre estratigràfic del Messinià terminal i del Pliocè a l'illa de Mallorca. Relacions amb la crisi de salinitat de la Mediterrània.* Tesis Doctoral, UIB, 432 pp.

Mateu, G. 1982. El Neógeno de Mallorca: biocronoestratigrafia y paleoceanografia en base a los foraminíferos plantónicos. *Bol. Soc. Hist. Nat. Balears,* 26, 75-133.

Montenat, C. 1973. *Les formations néogènes et quaternaries du Levant espagnol.* Tesis Doctoral, U. Orsay, 1170 pp.

Morey, B. 2013. La importància d'una catalogació i valoració de LIPs en el postectònic de Mallorca. *VI Jorn Medi Ambient. Balears. Soc. Hist. Nat., 8*0-84.

Morey, B. 2015. Aportaciones a la cronología del género *Myotragus* en Mallorca. Evolución y extrapolación al proceso evolutivo de los homínidos en África y Europa. *Actas XXI Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural,* Burgos, *25*

Morey, B. y Forteza, N. 2015. Fauna finimessiniense en el Antiforme Son Seguí- Sta Eugènia (Mallorca. Mediterráneo occidental). Significado, origen y evolución. *Actas XXI Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural,* Burgos, 29.

Morey, B. y Mas, G. 2009. Aproximació al Neogen de Santa Eugènia (Mallorca, Illes Balears, Mediterrània occidental). *Bolletí Societat Història Natural Balears,* 52, 99-123.

Morey, B., Mas, G. y Ripoll, J. 2009. *El Patrimoni paleontològic de Palma (Mallorca, Balears). Catalogació, caracterització valoració. Propostes de gestió i conservació.* Premi Ciutat de Palma d´ Investigació, 330 pp. (Inédito).

Pomar, L., Obrador, A., Fornós, J. J. y Rodríguez Perea, A. 1983. *El Terciario de las Baleares (Mallorca y Menorca).* Publicación del Institut Estudis Baleàrics, UIB, Palma.

Silva, P.G. *et al.* 2005. *Mallorca island: Geomorphological evolution and neotectonics.* Sixth international conference on geomorphology. Field Trip Guide, 38 pp

Solé Benet, A. y Lázaro, J. 2009. Meteorización y erosión en el sub-desierto de Tabernas, Almería. *Cuadernos de Investigación Geográfica*, 35 (1), 141-163.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

MODELOS GEOLÓGICOS EN LA CATALOGACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DEL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO. EL MIOCENO POSTECTÓNICO DE MALLORCA

B. Morey

UIB. Dept. Ciencias de la Tierra. Soc. d'Hist. Nat. de les Balears. Palma de Mallorca. bernatmoreycolomar@yahoo.es

RESUMEN

Los trabajos de catalogación, caracterización y valoración del Patrimonio Paleontológico del Mioceno postectónico de Mallorca aportan importantes perfiles relevantes para la interpretación del período. Se plantean y discuten diversos modelos geológicos (estratigráficos, sedimentológicos, tectónicos) para ordenar la gran cantidad de información reunida. Se define el registro estratigráfico Messiniense de la isla y se explica la disposición ordenada de las distintas plataformas miocenas.

Palabras clave: Estratigrafía, morfotectónica, sedimentación mareal, Messiniense, *Lagomare.*

ABSTRACT

The cataloguing, characterization and valuation of the Paleontological heritage of the postectonic Miocene of Majorca contribute important and unpublished profiles for the interpretation of the period. They are raised and discussed different geologic models (stratigraphic, tectonic etc) from to order the great amount of data reunited. The Messinian register of the island are defined. It explains the ordered disposition of the different Miocene platforms.

Key words: Stratigraphy, morphotectonic, tidal sedimentation, Messinian. *Lagomare.*

INTRODUCCIÓN

Un modelo es una representación simplificada de la realidad para facilitar su comprensión y estudio. Su utilidad pasa por su fiabilidad, sencillez y manejabilidad. Los trabajos de catalogación, caracterización y valoración en el Patrimonio Paleontológico de Mallorca (*TCCVPPm*) aportan muchos datos útiles para contextualizar el Patrimonio estudiado a nivel cultural y geológico. Muchas aportaciones se concentran en el registro Mioceno postectónico de la isla. Se completan o discuten algunos de los modelos geológicos utilizados en su interpretación, se comparan con diversos modelos propuestos a nivel global para el período (Huq *et al.,* 1987; Klingsman *et al.,* 1999; Martínez del Olmo, 2013; Corbí, 2010). También se ordena la información aportada a partir de modelos propios (estratigráficos tectónicos etc.)

EL MIOCENO POSTECTÓNICO DE MALLORCA. MODELOS

Modelo estratigráfico

Las propuestas de Pomar *et al.* (1983), Álvaro *et al.* (1984) o Simó y Ramón (1986) para el Neógeno postectónico de Mallorca consideran el período Serravaliense como sintectónico y contemplan el Tortomessiniense con 2 ciclos marinos (TI y Tortomessiniense). No incorporan aún el registro finimessiniense y *Lagomare* (Morey y Mas, 2009; Mas, 2015) ni distinguen el registro messiniense del tortoniense.

En los *TCCVVPPm* se ordenan la diversidad de facies y medios sedimentarios catalogados (Morey, 2013) en base a la deposición cíclica de carbonatos (clima más templado), construcciones arrecifales (clima cálido) y registros restringidos y lagunares (enfriamiento climático/regresión marina). Este sistema de ordenación se ha mostrado efectivo en registros parecidos al mallorquín como el Mioplioceno italiano (Rovieri *et al.*, 2001) o el Neógeno de la cuenca del Bajo Segura (Tent Manclús, 2003; Corbí, 2010). Se documenta con ello la diferenciación paleogeográfica propia de un registro litoral sujeto a tectónica extensional y se avanza en la correlación del registro estudiado en sondeo (Mateu, 1982; Colom, 1985) con el estudiado en superficie (Pomar *et al.,* 1983; Pomar, 1991) o con el coetáneo mediterráneo. Las propuestas contempladas comprenden:

Serravaliense. Se observa postectónico al documentarse solo en los grabens y principales cuencas neógenas de la isla y nunca implicado en los horts y cabalgamientos alpinos. Se observan otros materiales neógenos con evidencias de plegamiento (Plioceno de Sta. Eugènia) por lo que en la consideración de estos terrenos debe prevalecer su disposición respecto de los relieves estructurados y no su estructura interna.

Tortoniense. Los estudios Mateu (1982) en sondeo y de Pomar (1991) en la plataforma de Llucmajor dibujan un modelo que se adapta a los ciclos de Huq *et al.* (1987) a nivel global con dos ciclos sedimentarios (TI. *Fm. Calcisiltitas con Heterostegina* y TII- M. *Complejo arrecifal*) separados por discontinuidad sedimentaria *T* (*N. acostaensis sinistrosa.* Hilden *et al.,* 2000; Corbí, 2010; Mateu, 1982. Sondeo Albufera). Esta se refuerza con datación en el Complejo arrecifal (9- 8 ma. Oswald, 1992).

Se recoge esta propuesta para las plataformas carbonato- arrecifales de la isla y se aportan perfiles inéditos que completan o perfilan un modelo más generalista con dos tipos de facies según proximidad al relieve estructurado y emergido.

- Margas y conglomerados continentales o litorales. Aportaciones aluviales (grandes ostreidos. *Crasostrea gigas*) cercanas a los relieves emergidos. Ambiente más turbio.
- Complejo carbonato-arrecifal (Pomar, 1991) en aguas más limpias o luminosas.

El conjunto se completa con *molasas* (calcarenitas) litorales con el macroforaminífero *Borelis melo* (Colom, 1985) cercanas al arrecife o en posición intermedia definiendo un modelo sedimentario parecido al Tortoniense de la cuenca de Granada (Fig.1).

Regresión marina T/M. Enfriamiento climático global observado en el entorno Mediterráneo con la entrada de *Glob. miotumida* y *Glob. mediterranea* (Van Couvering *et al.,* 2006; Corbí, 2010) y fauna de mamíferos euroasiáticos que desplaza a otra considerada africana (Agustí *et al.,* 2006). Los *TCCVVPPm* aportan registros restringidos cercanos a la superficie erosiva post complejo arrecifal (Esteban, 1979) y bajo nuevo ciclo litoral con *Borelis melo* y *Glob. Mediterranea* anterior al registro MSC y posterior transgresión marina pliocena (Mateu, 1982; Colom, 1985). El episodio es correlacionable con el episodio *carbón shift* de la Península Ibérica (T/M. Aguirre, 2003; Corbí, 2010) o a la U. inferior de yesos de Fortuna bajo conjunto arrecifal (Garcés *et al.,* 1998).

Los registros restringidos- lagunares observados son:

- Margas grises y evaporitas (yesos en sondeos) entre dos ciclos litorales (Colom, 1985).
- Margas verdes y estromatolitos tubulares. CCT- *U. Estromatolítica inferior. Son Seguí, Porto Pi,* Plataforma de Llevant (Fornós, 1983; Morey y Forteza, 2015).
- *Fm. Margas Bonanova*. Subunidad regresiva con importante influencia del relieve estructurado (aluviones, conglomerados). *Porto Pi.* Pomar *et al.,* 1983; Mas, 2015).
- Limos rojos terrestres sobre molasas con *Conus mercatii* y bajo margas marinas con concentraciones de ostreidos *(Sineu, Porreres, Bellver, Costitx-Son Corro*).

Transgresión marina messiniense. Bien documentada en el Mediterráneo occidental (Martínez del Olmo, 2012; Van Asen *et al.,* 2006; *Complejo carbonati co marginal*) pero mal definida en el registro en superficie mallorquín al no

haberse relacionado (registro muy litoral) con la entrada de *Glob. mediterranea* (Mateu, 1982. En sondeo. Albufera). Se aportan perfiles inéditos y relevantes para definir hasta tres familias sedimentarias y paleoambientes según proximidad a los relieves emergidos:

a) Fm. *Margas de la Bonanova.* Subunidad de margas marinas ocres con pectínidos y pequeños ostreidos infracircolitorales. *Porto Pi. Son Seguí.* Morey y Forteza, 2015).

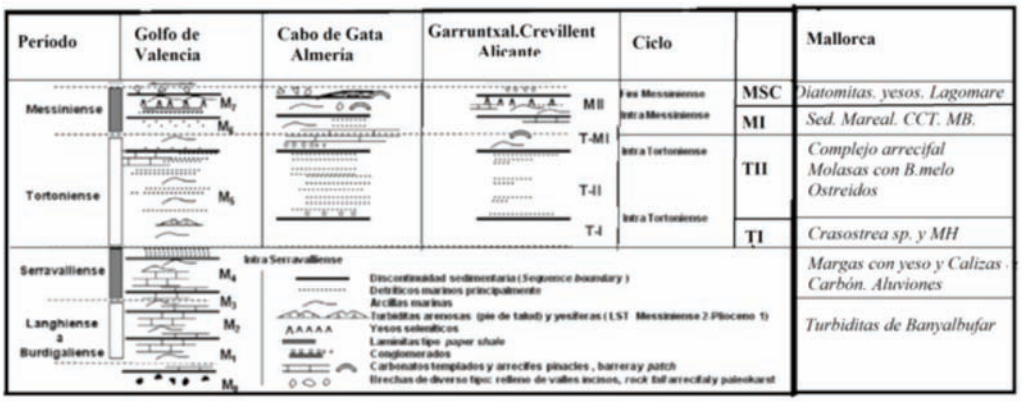
b) *Complejo Terminal*- CCT. Sedimentación mareal post complejo arrecifal. *Porto Pi Cala Santanyí* (Fornós, 1983); *Son Seguí* (Morey y Forteza, 2015).

c) Calcarenitas mesolitorales-molasas con *Conus mercatii* y *Borelis melo*. Costa baja con importante aportación sedimentaria. Centro/norte de la isla (*Sineu, Muro, Son Seguí*).

La importante sedimentación mareal observada (Unidad b. complejo Terminal-CCT. Fornós, 1983) resulta clave para la interpretación del ciclo. Esta se manifiesta con:

- Niveles oolíticos con estratificación cruzada y *ripples* de oscilación.
- Manglares tropicales de llanura mareal. Canales y estromatolitos tubulares.
- Sedimentación grano decreciente. Fauna abundante y poco diversa. (cardítidos, tellínidos). Arrecifes de vermétidos. *Son Seguí, Porto Pi*).

Este importante ciclo litoral- mareal entre dos registros restringidos (T/M post complejo arrecifal y MSC-*Lagomare*) permite diferenciar el Messiniense de la sedimentación post cierre de la comunicación atlántica (6,1 y 5,9 Ma. Pérez Asensio *et al.,* 2012). A partir de la MSC ya no se registran más evidencias de sedimentación mareal en el



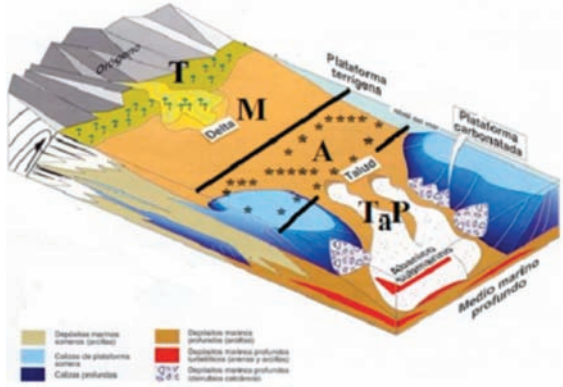


Figura 1. Extrapolación del mioceno postectónico de Mallorca a modelos y propuestas para el registro coetáneo de la Península Ibérica (de Martínez del Olmo, 2012). MH. Margas con Heterostegina. CCT. Complejo Terminal. MB. Margas Bonanova. Izquierda. Modelo de cuenca sedimentaria para el tortomessiniense mallorquín (sobre modelo-cuenca de Granada (www. granadanatural.com.). T. Sedimentación terrestre-aluvial. M. Mesolitoral. A. Complejo Arrecifal. TaP. Talud y Plataforma abierta

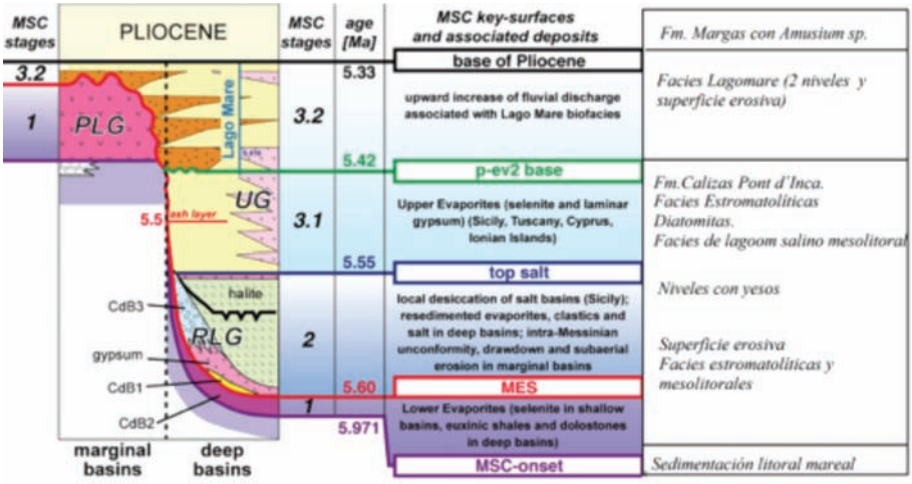


Figura 2. Extrapolación del registro finimessiniense mallorquín al modelo New Consens (2008) para la MSC.

abundante registro litoral Plioceno isleño ni en el de otros entornos mediterráneos coetáneos (Mateu, 1982; Aguirre, 2003; Colom, 1985; Martínez del Olmo, 2012; Corbí, 2010).

Hacia un modelo para el finimessiniense mallorquín

El registro finimessiniense de Mallorca puede ser considerado de cuenca marginal según los modelos del *New Consensus.* 2008. Fig. 2) o de Krijgsman *et al*. (1999) al comprender registro de pre-desecación (apartado a), facies de desecación (*U. Calizas Pont d'Inca.* Mas, 2015), facies lagunares autóctonas pre y post *Lagomare* (en estudio), registro *Lagomare* y posterior transgresión marina pliocena (*Rafal-Son Seguí* con importante conjunto de fauna parathetyana. Esu com. personal. Morey y Mas, 2009; Morey y Forteza, 2015).

Las aportaciones de este registro a un posible modelo general para la MSC mediterránea se enfrentan a la dificultad de ignorarse la profundidad del mediterráneo messiniense o la naturaleza y edad de las evaporitas de cuenca profunda respecto de las superficiales (Soria, 2007; Driussi *et al.,* 2015). Muchos estudios confunden las superficies erosivas T/M y MSC-M al estudiarse en registros donde se solapan (erosión del registro messiniense. Martínez del Olmo, 2012; Corbí, 2010; Mas, 2015).

Los *TCCVVPPm* en cambio documentan la importante distensión del registro plioceno de la isla no contemplada en los modelos finimessinienses globales y que puede explicar la profundidad a la que se encuentran algunos de los registros *Lagomare* mediterráneos (Taviani *et al.,* 2007; Morey y Forteza, 2015).

Disposición del Mioceno postectónico de la isla. Subsidencia y distensión

Se catalogan cerca de 130 LIPs Miocenos. Las aportaciones se centran en las plataformas miocenas centrales (Son Seguí, Sencelles, Sineu, Porreres. Fig. 3) cuya disposición permite encuadrar la estructura carbonato- arrecifal litoral. El conjunto documenta los terrenos postectónicos (Serravaliense-actualidad) ordenados con los mismos condicionantes morfotectónicos que la estructura sobre la que se depositan (*ESE-WNE; SSW-NNE; S-N; SSE-NNW.* Fig. 3). Misma ordenación se documenta en diversos relieves mediterráneos de Catalunya (Medialdea *et al.,* 1996), para las Sierras Béticas (Goy i Zazo, 1986; Estrada *et al.,* 1997) o para el Golfo de Valencia (Parés *et al.,* 1992; Vegas, 1992; Acosta *et al.,* 2002).

Estos modelos o evidencias de una distensión condicionada responden según los modelos y estudios citados a la evolución de la estructura basal, a isostasia local y/o a la rotación de bloques tectónicos (Bloque CorsoSardo. Parés *et al.,* 1992; Vegas, 1992; Medialdea *et al.,* 1996).

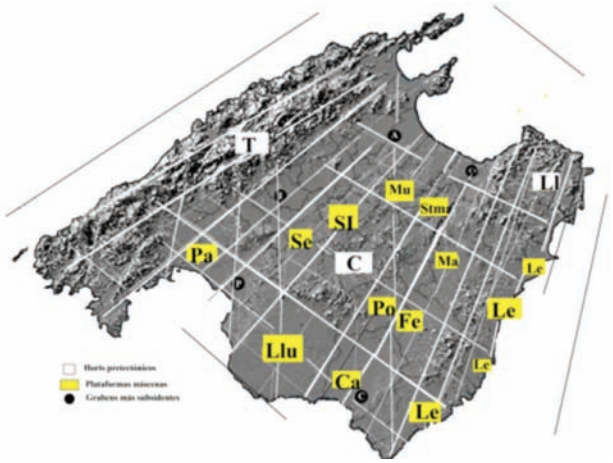


Figura 3. Plataformas miocenas de Mallorca y principales condicionantes morfotectónicos documentados. Sierras: T. Tramuntana; C. Centrales; Ll. Llevant. Cuencas-grabens (círculo). P. Palma; C. Campos; I, Inca; Al-Cv. Alcúdia-Sa Canova. Plataformas Pa. Palma-Rafaubeix; Llu. Llucmajor; Se. Son Seguí; Po-Fe. Porreres-Felanitx; Si. Sineu; Ma. Manacor; Mu-Stm. Muro-Sta Margarida. Le. Llevant

CONCLUSIONES

Disponer y elaborar modelos geológicos permite ordenar la gran cantidad de datos recogida en los trabajos de catalogación y valoración del patrimonio paleontológico de Mallorca. Para el Mioceno postectónico de la isla ello ha supuesto:

- Reforzar y ordenar el modelo estratigráfico con la incorporación de nuevos registros.
- Encuadre y diferenciación del registro litoral mareal messiniense entre dos registros restringidos (T/M y MSC-M)
- Localización e interpretación de un importante y singular registro finimessiniense y *Lagomare* regional y encuadre de este con el registro mediterráneo coetáneo.
- Elaboración de un modelo de distensión condicionada para el conjunto postectónico de la isla ordenado y condicionado por la estructura pretectónica basal.

REFERENCIAS

Acosta, J., Canals, M., López Martínez, J., Muñoz, A., Herranz, P., Urgeles, R., Palomo, C. y Casamor, J.L. 2002. The Balearic promontory geomorphology (Westen Mediterranean): Morphoestructure and active processes. *Geomorphology,* 49, 177- 204.

Aguirre, E. 2003. Messiniense: Compleja y grave crisis ecológica. *Estudios Geológicos,* 59, 205- 212.

Agustí, J. Garcés, M. y Krijgsman, W. 2006. Evidence for African- Iberian exchanges during the Messinian in the Spanish mammalian record. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 238, 5- 14.

Álvaro, M., Barnolas, A., Olmo, P. del, Ramírez del Pozo, J. y Simó, A. 1984. El Neógeno de Mallorca. Caracterización sedimentológica y bioestratigráfica. *Boletín Geológico y Minero*, 95, 3-25.

Colom, G. 1985. Estratigrafía y paleontología del Andaluciense y del Plioceno de Mallorca (Baleares). *Boletín Geológico y Minero,* 96 (3), 235- 302.

Corbí, H. A. 2010. *Los foraminíferos de la cuenca neógena del Bajo Segura,* Tesis Doctoral, U. Alicante, 380 pp.Driussi, O., Maillard, A., Ochoa, D., Lofi, J., Chanier, F., Gaullier, V., Briais, A., Sage, F., Sierro, F. y García, M. 2015. Messinian Salinity Crisis deposits widespread over the Balearic Promontory insight from new High Resolution seismic data. *Marine and Petroleum Geology*, 66 (1), 41-57.

Estrada, F., Ercilla, G. y Alonso, B. 1997. Pliocene-Quaternary tectonic-sedimentary evolution of the NE Alboran Sea (SW Mediterranean Sea). *Tectonophysics,* 282, 423-442.

Garcés, M., Krijgsman, W. y Agustí. 1998. Chronology of the late Turolian deposits of the Fortuna basin (SE. Spain): implications for the Messinian evolution of the eastern Betics. *Earth Planetary, Sciencies Letter,* 163, 69- 81.

Goy, J. y L. Zazo, C. 1986. Synthesis of the Quaternary in the Almeria littoral neotectonic activity and its morphologic features, western betics, Spain. *Tectonophisics,* 130, 259- 270.

Hilgen, F.J. *et al*. 2005. The Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Tortonian Stage (Upper Miocene) at Monte dei Corvi. *Episodes*, 28 (1), 6-17.

Huq, B.U., Hardenbol, J. y Vail, P.R. 1987. Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic (250 million years ago to present). *Science,* 235, 1156-1167.

Krijgsman, W., Hilgen, F.J., Raffi, I., Sierro, F.J. y Wilson, D. S. 1999. Chronology, causes and progression of the Messinian Salinity Crisis. *Nature,* 400, 652-655.

Martínez del Olmo, W. 2012. El Messiniense en el Golfo de Valencia y el Mar de Alborán: implicaciones paleogeográficas y paleoceanográficas. *Revista de la Sociedad Geológica de España,* 24 (3-4), 237-257.

Mas, G. 2015. *El registre estratigràfic del Messinià Terminal i del Pliocè a l'illa de Mallorca. Relacions amb la crisi de salinitat de la Mediterrània*. Tesis Doctoral, UIB, 432 pp.

Mateu, G. 1982. El Neógeno-Pleistoceno de Mallorca: biocronoestratigrafía y paleoceanografía en base a los foraminíferos plantónicos. *Bolletí Societat Història Natural*, Balears, 26, 75-133.

Medialdea, T., Vázquez, J.T. y Vegas, R. 1996. Estructura y evolución geodinámica del extremo noreste del margen continental catalán durante el Neógeno. *Acta Geológica Hispánica*, 29 (4), 39- 53.

Morey, B. 2013. La importància d'una catalogació i valoració de LIPs en el postectònic de Mallorca. Comunicación presentada en las VI Jornadas de Medi Ambient. *Balears. Soc. Hist. Nat.,* 80-84.

Morey, B. y Forteza, N. 2015. Fauna finimessiniense en el Antiforme Son Seguí-Sta Eugènia (Mallorca. Mediterráneo occidental). Significado, origen y evolución. *Actas XXI Bienal de la Real Sociedad Española de Historia Natural,* Burgos, 29.

Morey, B. y Mas, G. 2009. Aproximació al neogen de Santa Eugènia (Mallorca, Illes Balears, Mediterrània occidental). *Bolletí Societat Història Natural,* Balears, 52, 99-123

New consensus on Messinian Salinity Crisis-CIESM Workshop. 2008. CIESM News. http://www.ciesm.org/news/ciesm/p200208.htm

Oswald, E. J. 1992. *Dolomitization of a Miocene reef complex, Mallorca, Spain*. Ph. D. Thesis, State University of New York at Stony Brook, 424 pp.

Parés, J.M., Roca, E. y Freeman, R. 1992. Datos paleomagnéticos de los márgenes del surco de Valencia. Papel de las rotaciones en la estructuración neógena. *Física de la Tierra,* 4, 231- 246.

Pérez Asensio, J.N., Aguirre, J., Schmiedl, G. y Civis, J. 2012. Impact of restriction of the Atlantic-Mediterranean gateway on the Mediterranean Outflow Water and eastern Atlantic circulation during the Messinian. *Paleoceanography,* 27, PA 3222.

Pomar, L. 1991. Reef geometries, erosion surfaces and high- frequency sea level changes, Opel Miocene Reef Complex, Mallorca, Spain. *Sedimentology,* 38, 243-270.

Pomar, L., Obrador, A., Fornós, J.J. y Rodríguez Perea, A. 1983. El Terciario de las Baleares (Mallorca y Menorca). *Institut Estudis Baleàrics,* Palma.

Rodríguez-Perea, A. 1984. *El Mioceno de la Serra de Tramuntana. Estratigrafia, Sedimentologia e implicaciones estructurales*. Tesis Doctoral, UB, 533 pp.

Rovieri, M., Basetti, M.A. y Ricci Lucchi, F. 2001. The mediterranean Messinian Salinity Crisis and Apennine foredeep perspective. *Sedimentary Geology,* 140, 201-214.

Simó, A. y Ramon, X. 1986. Anàlisis sedimentológico y descripción de las secuencias depositadas del Neógeno postorogénico de Mallorca. *Boletín Geológico y Minero,* 97, 445- 472.

Soria, J.M. 2007. La Crisis de Salinidad Messiniense. *Revista Enseñanza de las Ciencias de la Tierra,* 15 (1) 47- 55.

Taviani, M., Remia, A., Esu, D. y Sami, M. 2007. Messinian *Lago-Mare* mollusc fauna from the Gorgona Island slope, Tyrrhenian Sea. *Geobios*, 40 (3), 351-358.

Tent-Manclús, J.E. 2003. *Estructura y estratigrafía de la sierras de Crevillent, Albaïlla y Algayal. Su relación con la Falla de Crevillente*. Tesis Doctoral, U. Alicante, 969 pp.

Van Assen *et al.* 2006. Messinian astrochronology of the Melilla Basin: Stepwise restriction of the Mediterranean-Atlantic connection through Morocco. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 238 (4), 15-31.

Van Couvering, J.A., Castradori, D., Cita, M.B., Hilgen, F.J. y Rio, D. 2006. The base of the Zanclean Stage and of the Pliocene Series. *Sedimentary Geology,* 118, 319-340

Vegas, R. 1992. The Valencia trough and the origin of the western Mediterranean basins. *Tectonophysics,* 203 (1-4), 249- 261.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

CATALOGACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DEL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO DE MALLORCA (ISLAS BALEARES. MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL). PROPUESTA METODOLÓGICA

B. Morey

UIB. Dept. Ciencias de la Tierra. Soc. d´Hist. Nat. de les Balears. Palma de Mallorca. bernatmoreycolomar@yahoo.es

RESUMEN

Se presenta una propuesta metodológica para valorar el patrimonio paleontológico de Mallorca. La propuesta basada en una catalogación y caracterización sistemática pretende una valoración patrimonial clara y objetiva. La metodología de valoración propuesta se defiende científica (reproducible, comprobable) y extrapolable a otros estudios patrimoniales. Se persigue mejorar la gestión y conservación patrimonial aportando los datos necesarios para defender y justificar cualquier actuación planteada al respecto

Palabras clave: Patrimonio paleontológico, catalogación, caracterización, valoración, gestión.

ABSTRACT

A methodologic proposal appears to value the paleontological heritage of Majorca. The proposal based on a cataloguing and systematic characterization tries a clear and objective valuation. The methodology defends scientist (verifiable, demonstrable) and extrapolated to other heritage. It is intented to improve the management and heritage conservation contributing the data necessary to defend and to justify any raised performance on the matter

Key words: Paleontological heritage, cataloguing, characterization, valuation, management.

INTRODUCCIÓN

La UNESCO compromete a sus Estados socios a identificar, proteger, conservar y transmitir a las generaciones futuras su patrimonio más relevante. Ello implica su identificación y descripción así como la selección del patrimonio más relevante para su gestión, protección y conservación (gestión integral. Meléndez *et al*., 2001; Carcavilla *et al*., 2007; Morey, 2008).

Mallorca es la mayor parte emergida del promontorio Balear. La isla es una combinación de horsts y grabens estructurados por la orogenia alpina (Gelabert, 1997) con importante diversidad estratigráfica y paleontológica (1100 LIPS de interés paleontológico; 2000 taxones fósiles citados. Morey, 2008; Morey, Tesis).

El patrimonio Paleontológico mallorquín aunque relevante, es un patrimonio poco conocido y expuesto a continuas agresiones que llevan a su progresiva desaparición. La problemática observada por Morey, (2008) y Morey *et al.,* (2009) para conservación y gestión se resume en:

- Indefinición terminológica y legal e importante presión antrópica que incrementa el incumplimiento de la legislación vigente.
- Desconocimiento y falta de criterio en la catalogación y selección patrimonial. Gestión subordinada al Patrimonio Histórico.
- Falta de inversión económica. Inexistencia de centros de investigación o museísticos de titularidad pública y de gestores y vigilantes expertos con capacidad de denuncia y sanción.
- Inexistencia de protocolos de intervención o actuación de urgencia o de gestión.

Con el fin de facilitar la protección y conservación patrimonial y a la vez incrementar el registro paleontológico disponible para gestión e investigación la propuesta metodológica trabajada pretende:

- Una definición clara del patrimonio estudiado.
- Su catalogación sistemática con criterios predeterminados.
- Una caracterización informativa, concisa y adaptada al patrimonio objeto de estudio.
- Una valoración patrimonial con criterios predeterminados y basados en la catalogación y caracterización efectuadas que justifique las estrategias de gestión y conservación propuestas.

El proceso trabajado se observa científico (comprobable) y extrapolable a otros estudios patrimoniales.

VALORACIÓN DEL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO DE MALLORCA

Valorar un Bien patrimonial implica cuestionar su significatividad y aportar los datos necesarios para justificarla de la manera más objetiva posible. Por ello se defiende un método de valoración lo más claro, sistemático y objetivo posible que permita seleccionar el patrimonio Paleontológico o cualquier otro tipo de patrimonio significativo, útil o vulnerable para su estudio y gestión individualizada.

¿Qué valorar? Se define el Patrimonio Paleontológico como el registro fósil útil y relevante desde el punto de vista científico-social (Morey, 2008). Éste es considerado un patrimonio singular y de gestión individualizada sin obviar sus dimensiones culturales o geológico- naturales. Se entiende un bien patrimonial relevante al único o singular, al mejor o que proporciona mejor información, al patrón o modelo al significativo y representativo o al útil y bien situado a nivel local, regional o internacional. (GEOSITES. Wimbledon *et al.*, 2000).

De la catalogación patrimonial

Sin una catalogación sistemática solo se pueden concebir estrategias de protección globales que en Mallorca (isla con importante presión antrópica) no han impedido la destrucción de mucho patrimonio (Morey, 2008). La metodología de catalogación propuesta y utilizada comprende:

a) Unos criterios de catalogación predeterminados y justificados.
b) Una exploración inicial y sistemática del territorio.
c) La consulta de toda bibliografía especializada posible y del patrimonio mueble conservado.
e) Estudio individualizado de los LIPs y estratotipos más significativos e inéditos.
g) Estudio toponímico y fotográfico. Foto interpretación aérea y por satélite.
i) Feedback y revisión continua. Catálogo siempre abierto a nuevas incorporaciones.

La problemática observada al trabajar la catalogación patrimonial se resume en:

a) LIPs agotados al ser investigados y citados sin referencia (*Palma Nova II.* Cuerda, 1975)
b) Citas sin coordenadas y con topónimos ya no utilizados (*Puig Bultó.* Fallot, 1922).
c) Topónimos demasiado generalistas que dificultan identificación (*Carnatge- Camp de Tir*).
d) Existencia de dos o más topónimos para un mismo LIP o de un mismo topónimo para varios LIPs distintos (*La Pineda- Cala Estancia.* Cuerda, 1987; Morey, 2008).
e) Inexistencia (e imposibilidad) de mapas de la isla con todos los topónimos posibles.
f) Incorrecta catalogación del patrimonio mueble. No indicación de lugar de procedencia de muchas piezas, mala conservación de etiquetas y de cuadernos de campo o de gabinete (Morey y Frontera, 2014).

Todo justifica la necesidad de establecer unos criterios de catalogación coherentes.
Los aplicados en los estudios de referencia (Morey, 2008; Morey Tesis) se resumen en:

a) Al menos uno de los topónimos utilizados del LIP corresponde al *Map. Top. Nal. 1: 25.000.*
b) Los LIPS catalogados se citan con coordenadas UTM.
c) Se respecta el topónimo asignado por el primer investigador del LIP. (*Manresa*)
d) LIPs cercanos con mismo topónimo se separan con letras/números. (*Porto Colom.* I. II. III).
e) Mismo LIP con distintos nombres se agrupan en un solo topónimo. (*La Pineda*)
f) Los LIPs inéditos se citan con el topónimo más cercano del *Map. Top. Nacional* 1:25.000.
g) Se considera un nuevo LIP al observarse distinta disposición estratigráfica a partir de distancia predeterminada (300 m para el Pleistoceno Sup. 1 km para el Mioceno) o separado de coetáneos por elemento geomorfológico destacado (Cala, Cabo, etc.). No observar este criterio supone catalogar miles de LIPs en las plataformas miocenas de la isla o bien considerarlas todas (100 km) como un solo LIP.
h) Los LIPs interiores se seleccionan por accesibilidad y paleofauna significativa (criterio faunístico) y/o a partir de los perfiles estratigráficos representativos.
i) Si un LIP coincide con cita cercana sin que se pueda asegurar si es inédito o no, este se atribuye al primer estudioso- primera cita (*Pta. Manresa.* Cuerda, 1987; Morey, 2008).
j) Un LIP inédito se identifica a partir de los LIP considerados referentes- frameworks- o por contexto estratigráfico y faunístico significativo (*Sa Foradada.* Liásico. Referencia *Muleta*).
k) Cuando no se ha encontrado un LIP citado después de tres o más exploraciones exhaustivas éste se considera desaparecido o no localizado.

Caracterización patrimonial

Se analizan las características y particularidades de cada LIP, observando lo estudiado en otros estudios patrimoniales y considerando lo contemplado por los paleontólogos y geólogos de referencia en el estudio de la Geología de la isla (cualidades intrínsecas del LIP).

Morey (2008) en el Pleistoceno Morey y Ripoll (2009) en municipio muy turístico (Calvià) y Morey *et al.* (2009) en entorno urbano (ciudad de Palma) incorporan el estudio y valoración de las cualidades físicas del LIP (Extensión, Potencia, Densidad fosilífera. Estado del material) y el estudio y aportación de su entorno (histórico, geológico-natural etc.), accesibilidad, vulnerabilidad y potencial didáctico y turístico. Lo observado para cada LIP se resume en:

Figura 1. Izuierda, altura medida en el LI de Camp de Tir-Carnatge. Derecha, detalle de la bóveda de la cueva de son Lluïs (*Strombus coronatus.* Densidad superficial. 400-500e/m2 (Morey, 2008).

- Topónimo sobre mapa, topónimos usados en otros estudios y coordenadas
- Perfil estratigráfico. Paleofàcies significativas y singulares
- Fauna o Flora (cantidad. Riqueza). Taxones significativos y singulares.
- Extensión, Potencia y Densidad fosilífera superficial (Morey, 2008; Morey y Ripoll, 2009).
- Estado de conservación del material (De manera sistemática en Morey, 2008)
- Estado actual del LIP y de su entorno. Impactos y vulnerabilidad. (Morey, 2008)
- Estatus legal del yacimiento y/o de su entorno (Morey y Ripoll, 2009).
- Estudios e investigaciones realizadas (De manera sistemática. Morey, 2008).
- Accesibilidad. Adaptación a visita. Condiciones de observación (Morey *et al.,* 2009).
- Utilidad social (didáctica, turística) (Morey, 2008; Morey y Cabanelles, 2008; Morey 2009).
- Entorno relevante. Cultural, Natural-Geológico, Histórico. (Sistemática. Morey, 2008).

De la valoración

Cualquier valoración patrimonial muestra siempre cierta subjetividad (Carcavilla *et al.,* 2007; Bruschi, 2007). En los estudios efectuados esta se intenta reducir:

- Partiendo de una catalogación y caracterización la más exhaustivas y sistemáticas posibles.
- Seleccionando y justificando unos factores de valoración adaptados al Patrimonio estudiado.
- Estableciendo un soporte de valoración numérico que facilite la interpretación del proceso.
- No todos los Bienes catalogados tienen el mismo valor. Un LIP representativo o referente ha de estar bien valorado. Un LIP significativo a nivel regional puede no serlo a otro nivel.
- Un elemento catalogado inicialmente ha de poder ser excluido del catálogo definitivo.
- Cada ítem o factor se valora de manera cuantitativa y por separado, con criterios cualitativos (presencia/ ausencia) o comparativos respecto de los principales LIPs referentes.
- La puntuación y el proceso de valoración seguido han de poder ser reproducido.

Los factores seleccionados se dividen en dos grandes grupos:

Ítem o factor	Valor o puntuación
Riqueza Estratigráfica (Re)	Un punto (1Pt) por cada paleofàcie con registro fósil presente o citado.
Sing. Estratigráfica (Se)	Un punto (pt) por paleofàcie con especies significativas o singulares. Holotipo (1-2Pt).
Riqueza taxonómica (Rt)	LIPs con el 50% del nº de especies citadas en la isla para el periodo (2Pt); Entre 50-25% (1Pt). Más de 5 grupos taxonómicos citados (2Pt). Más de 3 grupos (1Pt).
Sing. taxonómica (St)	Presencia asociaciones singulares (1Pt); Especies significativas- datación (1Pt); Especies únicas o singulares (1Pt); Estudios para un taxón determinado (1Pt).
Extensión (X)	Extensión superior al Km2,(3Pt), Hm2(2Pt), Dm2 (1Pt). Todos LIPs medidos (1Pt).
Potencia (P)	LIPs con potencia máxima (3Pt); 50% (2Pt); 33% (1Pt); Todos medidos (1Pt).
Densidad (D)	Densidades de 40, 20, 10 e/m2 o 20m de recerca. (1Pt.Sumatiu). Todos medidos (1Pt).
Estado del Material (Cm)	Conservación media (1 Pt); Buena (2Pt); Excepcional (3Pt).
Interés Científico- Histórico (H)	Estudios anteriores a 1975 y buen potencial (1Pt); inéditos (1Pt); datados con métodos absolutos (1Pt) o con más de un estudio (1Pt). a nivel regional (1Pt), nacional (2Pt) o internacional (3Pt).
Accesibilidad (A).	LIP a - de 300 m de carretera (1Pt); Núcleo urbano (1Pt); Buena localización- fácil acceso (1Pt).
Cond. de Observación (O).	LIP a menos de un Km de carretera (1Pt); No peligroso y accesible (1Pt); Espectacularidad-facilidad de interpretación. (1Pt); Buena condiciones de observación (1Pt).
Estado del LIP (Cj)	Media baja (1Pt). Media (2Pt); Buena (3Pt), Excepcional (4Pt).
Vulnerabilidad (V)	LIPs con materiales blandos o disgregados (1Pt); Con evidencias fuerte erosión (1Pt). Con impactos leves (1Pt) o graves (2Pt). Posible impacto inminente (1Pt).
Utilidad Didáctica (Dc)	LIP modelo en publicaciones científico- divulgativas (1Pt); Junto con otros bienes patrimoniales relevantes (1Pt); Proximidad o probabilidad centro interpretación (1Pt).
Entorno Patrimonial (E)	Entorno del LIP relevante (1Pt)/ Muy relevante (2Pt). Natural (1-2Pt), Histórico (1-2Pt), Paisajístico (1Pt) etc.
Interés Turístico (T).	Posibilidad centro interpretación (1Pt); Usado en propaganda turística (indirectamente. 1Pt); Relación con otro patrimonio cultural (1Pt); Espectacularidad (1Pt).

Tabla 1. Factores de valoración para el patrimonio paleontológico de Mallorca (Morey *et al.*, 2009; Morey, Tesis).

Factores intrínsecos: en respuesta a los planteamientos de Wimbledon *et al.* (2000). (*¿Qué significa el LIP? Qué cualidades contiene? Qué lo hace único o singular? ¿Cual es su estado de conservación*?). A lo observado en los LIPs por los geólogos y paleontólogos referentes y al trabajado para cada LIP *in situ* (Morey, 2008; Morey y Ripoll, 2009).

Los ítems seleccionados (Puntuación en Tabla 1) son: *Riqueza estratigráfica* (Re Nº de paleofacies fosilíferas); *Significación estratigráfica* (Se. Paleofacies singulares); *Riqueza taxonómica* (Rf. Cantidad de fauna y flora). *Singularidad taxonómica* (St. Taxones significativos o singulares); *Extensión (X). Potencia (P) y Densidad fosilífera (Dm.* Nº de ejemplares/m2 o por tiempo de búsqueda). *Conservación del material fósil (Cm).*

Factores de gestión. Valoran la utilidad social del LIP. Responden al planteado por Wimbledon *et al.,* (2000) (*¿Cuál es el estado de conservación del LIG* ?¿Qué *utilidad tiene*? *¿Ha sido estudiado*?*¿Es conocido*? *¿Que representa*?) y a las propuestas de uso de éste y de su entorno (científico, turístico, etc. Roig, 2008; Morey, 2008; Carcavilla *et al*., 2009).

Los factores seleccionados son (Tabla 1): *Interés Científico-Histórico* (H. Estudios realizados e importancia). *Accesibilidad (A) y Condiciones de observación (O), Estado de conservación (Cj). Vulnerabilidad* (V. fragilidad del LIP y agresividad del entorno). *Entorno natural y cultural relevante (E); Interés Dicdáctico-Pedagógico (Dc) y Turístico (T).*

CONCLUSIONES

Se presenta la propuesta metodológica utilizada para valorar el patrimonio Paleontológico de Mallorca. Esta se ha efectuado con criterios justificados y predeterminados en base a una catalogación y caracterización sistemáticas y buscando la máxima fiabilidad y objetividad. Se pretende así facilitar una gestión patrimonial lo más efectiva posible.

La metodología de valoración utilizada se observa científica al poder ser reproducida, comprobada y extrapolable a otros estudios y bienes patrimoniales a partir del esquema siguiente:

¿Qué valorar? El patrimonio paleontológico útil y relevante.

¿Por qué? Para facilitar su protección, orientar su gestión y sumar en su interpretación.

¿Cómo? Con una catalogación sistemática con criterios predeterminados, una caracterización clara e informativa y una valoración lo más objetiva posible.

¿Dónde? Delimitar periodo y zona de estudio (isla de Mallorca).

¿Quién? La administración competente y la comunidad científica.

¿Cuándo? Urgente en comarcas y regiones con importante presión antrópica.

REFERENCIAS

Bruschi, V. M. 2007. *Desarrollo de una metodología para la caracterización, evaluación y gestión de los recursos de la Geodiversidad.* Tesis Doctoral, U. Cantabria, 341pp.

Carcavilla, L., López-Mártínez, J. y Durán, J.J. 2007. *Patrimonio geológico y diversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos.* IGME. Cuadernos del Museo Geominero, 7, Madrid, 405 pp.

Carcavilla, L., Durán, J.J., García Cortés, A. y López-Martínez, J. 2009. Geological Heritage and Geoconservation in Spain: Past, Present, and Future. *Geoheritage*, 1 (2), 75-91

Cuerda, J. 1975. *Los tiempos Cuaternarios en Baleares.* Inst. Estud. Bal., Palma, 304 pp.

Cuerda, J. 1987. *Moluscos marinos y salobres del Pleistoceno Balear."* Sa Nostra", 420 pp.

Fallot, P. 1922. *Etude geologique de la Sierra de Majorque (Iles Baleares).* Tesis Doctoral, Paris-Lieja, 480 pp.

Meléndez, G., Soria Llop, C. y Soria Verde, M. 2001. La conservación del Patrimonio Paleontológico en España. El papel de la administración y de los paleontólogos. *Revista Española de Paleontología,* N. Extra., 85-98.

Morey, B. 2008. *El Patrimoni paleontològic del Pleistocè superior marí de Mallorca. Catalogació, caracterització, valoració. Propostes de gestió i de conservació.* Memoria de Doctorado, UIB, 291 pp.

Morey B. En prep. *El patrimoni Paleontològic de Mallorca. Catalogació, caracterització, valoració. Propostes de gestió i de conservació.* Tesis Doctoral, UIB.

Morey, B. y Frontera, M. 2014. La colección mineralógica y paleontológica de Jaime Conrado i Berard (Mallorca) a través de su cuaderno de gabinete. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (sección Aula),* 2, 49- 66.

Morey, B., Mas, G. y Ripoll, J. 2009. *El patrimoni Paleontològic de Palma (Mallorca, Balears). Catalogació, caracterització valoració. Propostes de gestió i conservació.* Premi Ciutat de Palma d´Investigació. 330 pp. Pendiente publicación.

Morey, B. y Ripoll, J. 2009. *El Patrimoni Paleontològic de Calvià (Mallorca, Balears). Catalogació, caracterització valoració. Propostes de gestió i conservació.* Premi Rei en Jaume d´Investigació 2009, 253 pp.

Roig, F. X. 2005. *Caracterització i Anàlisi de Platges i Sistemes Platja-Duna de Menorca. mitjançant variables de Gestió.* Memòria d´investigació, UIB Palma, 98 pp.

Wimbledon, W.A.P. *et al*. 2000. Proyecto Geosites, una iniciativa de la IUGS. La Ciencia respaldada por la conservación. In Barettino, D. Wimbledon, W.A.P. y Gallego, E. *Patrimonio Geológico: Conservación y Gestión*. ITGE, ProGeo, SGE, Madrid, 73-101.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

CATALOGACIÓN, CARACTERIZACIÓN Y VALORACIÓN DEL PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO DE MALLORCA (ISLAS BALEARES. MEDITERRÁNEO OCCIDENTAL). RESULTADOS

B. Morey

UIB. Dept. Ciencias de la Tierra. Soc. d´Hist. Nat. de les Balears. Palma de Mallorca. bernatmoreycolomar@yahoo.es

RESUMEN

Los trabajos de catalogación, caracterización y valoración del patrimonio Paleontológico de Mallorca aportan una importante cantidad de datos útiles para la interpretación de dicho patrimonio. Se resumen las aportaciones más importantes tanto en estratigrafía y paleontología como a nivel morfotectónico (según distribución de LIPs/ sites) o referentes a la accesibilidad, vulnerabilidad o conservación patrimonial. Se destaca el valor del entorno cultural y natural del LIP en vistas a su utilidad didáctica, turística o de gestión.

Palabras clave: Patrimonio paleontológico, valoración, estratigrafía, tectónica, gestión.

ABSTRACT

The studies of cataloguing, characterization and valuation of the Paleontological heritage of Majorca contribute a great amount of useful data for this interpretation. The most important contributions are observed in stratigraphy and paleontology as at morphotectonic (according to distribution of LIPs/sites) or referring to the accessibility, vulnerability, and heritage conservation. The value of the cultural and natural surroundings in views to its didactic and tourist utility out or of management

Key words: Paleontological heritage, valuation, stratigraphy, tectonics, Management.

INTRODUCCIÓN

Mallorca es la mayor área emergida del promontorio balear, prolongación de las Sierras Béticas hacia el centro del Mediterráneo occidental. Los trabajos de catalogación, caracterización y valoración del patrimonio Paleontológico de la isla (*TCCVPPm*. Morey, 2008; Morey Tesis) suman importantes aportaciones resultantes de observar la distribución y singularidad del conjunto patrimonial estudiado. Se resumen estas aportaciones.

RESULTADOS DE LA VALORACIÓN PATRIMONIAL EFECTUADA

Definición

Se define patrimonio Paleontológico como el registro fósil útil y relevante desde el punto de vista científico y social. Se entiende un LIP (*Geological Site*. Lugar de Interés Paleontológico) como un punto o yacimiento relevante para

Período geológico. Edad	2003	2015	% Inc.	Principales LIPs inéditos
Triásico	27	34	20%	Es Binis. Sant Mateu
Liásico	52	59	12%	Foradada. Lavanor
Dogger- Malm	77	89	14%	Son Xigala. Es Monjos. Bernardins
Cretácico	74	85	14%	Son Negret. Bernardins. Teix,
Eoceno- Oligoceno	80	98	18%	Son Fiol. Son Muntaner. Gorvió. Morisca
Miocè Sintectónico	59	70	15%	C. Figuera. Lloret. Son Xigala. Son Gil.
Serravaliense	8	16	50%	Costitx. Mina Carolina. Rotana. Sa Tafal.
Mioceno postectónico	68	109	37%	Son Seguí. C.S. Palou. Cas General.
Plioceno	20	54	66%	Pontiró. Xorrigo. Son Gual.
Pleistoceno inferior y medio	2	27	93%	Sta. Eugènia. Cap Enderrocat. Ràpita
Vertebrados Plioceno- 4 arios	122	2	1.7%	Interpretación de Cala Morlanda
Pleistoceno Superior marino	78	122	34%	Bahías de Alcúdia y Campos
Pleistoceno. Pulmonados	77	188	60%	Rafaubeix. Port Arenal.
Total	747	1109	30%	

Tabla 1. Nº de LIPS catalogados en 2003 (catalogación inicial), en el catálogo final (2015. Morey Tesis). % de incrementos (%. Inc.) y principales aportaciones- LIPs inéditos.

la historia de la vida de una comarca o región. Se entiende el término relevante ligado al concepto de relevancia del proyecto GEOSITES (Wimbledon *et al.*, 2000) a nivel regional.

El patrimonio Paleontológico se considera y valora de manera independiente y diferenciada de cualquier tipo de Patrimonio.

Catalogación patrimonial

Se catalogan 1109 LIPs (30% inéditos. Tabla 1). Un 50% se consideran bien valorados por fauna y flora. La mitad también contienen taxones significativos o singulares para cada período geológico estudiado.

Se catalogan cerca de de 2000 taxones citados en los estudios paleontológicos de la isla, muchos presentes en las colecciones de la Societat d'Història Natural (*SHNB*) y del Museu Balear de Ciències Naturals de Sóller (*MBCHS*). Se recuperan también colecciones inéditas (Col. Rosselló. Morey y Pons, 2008; Col. Conrado. Morey y Frontera, 2014).

La catalogación, efectuada en base a criterios predeterminados (aportación del estudio), se entiende sistemática al comprender una exploración del territorio exhaustiva y organizada (planificación sobre mapa, foto interpretación), estudio de LIPs y colecciones paleontológicas conocidas y referentes y la consulta de todo fondo bibliográfico y documental asociado.

Una catalogación entendida como sistemática se observa fundamental para justificar y dotar de la mayor fiabilidad posible cualquier estudio de valoración y de gestión patrimonial.

APORTACIONES TAXONÓMICAS Y ESTRATIGRÁFICAS

Se concentran en el Neógeno postectónico. La localización de importantes LIPs referentes y la comparación del registro con el registro coetáneo mediterráneo posibilita la reorganización del período (Serravaliense-actualidad) en ciclos marinos/continentales (Serravaliense, Tortoniense Messiniense, Finimessiniense- *Lagomare*, etc.) separados por superficies erosivas y/o discontinuidades sedimentarias (algunas documentadas por primera vez). La ordenación se refuerza con interpretación paleoambiental. Las principales aportaciones se resumen en:

- El registro Serravaliense se documenta cómo postectónico (regresivo-lagunar entre dos ciclos marinos) al observarse siempre en los grabens y nunca en la estructura alpina.
- El Tortoniense se contempla en dos ciclos (transgresión marina y complejo carbonato arrecifal) y distribución paleoambiental según proximidad a la estructura levantada. El complejo arrecifal se establece y conserva más lejos de la influencia del relieve.

- Se aportan significativos registros inéditos para observar la discontinuidad fini- tortoniense (superficie erosiva- discontinuidad T/M. Entrada de *Glob. Mediterránea*) entre el complejo arrecifal y bajo el registro de la transgresión marina messiniense.

El posterior ciclo marino litoral (sedimentación mareal) Messiniense, entre dos episodios regresivos (T/M- MSC) justifica a su vez el nuevo registro regresivo finimessiniense (fin de la sedimentación mareal, cierre de la comunicación atlántica-MSC, nuevo ciclo marino -*Brakish- Lagomare.* Morey y Mas, 2009; Morey y Forteza, 2015).

El perfil referente propuesto para el finimessiniense es el de *Rafal- Son Seguí* (Lutitas y margas con *Dreissena sp.*).

Para el Plioceno se aporta registro significativo para reorganizar el período observando:

- La transgresión marina primipliocena. *Margas planctónicas con Amusium sp de Son Palou.*
- La estabilización zancliense. Bentonización del registro. *Calcarenitas de Ses Coves.*
- Una regresión marina intrapliocena seguida de nueva transgresión marina plazenciense. *Calcarenitas con Persitistrombus coronatus y margas con ostreidos de Pontiró.*
- Optimo climático finiplioceno y límite P/Q. Primer enfriamiento climático originado por el cierre del Istmo de Panamá. *Calcarenitas con Persitistrombus coronatus de Xorrigo*

Para el Pleistoceno mallorquín el hecho de incorporar el período Gelasiense implica considerar como mínimo 4 sistemas dunares claramente cuaternarios:

- Dos sistemas inferiores con *Rumina decollatta* y restos de insectos (*Calcarenitas y arenas del Banc d´Eivissa; Margas con ostreidos de Sta Eugènia; Calcarenitas y arenas de Cap Enderrocat.* Gelasiense-Calabriense. Falta definir. Morey y Forteza, 2013).
- Dos sistemas superiores encuadrando playas con *Persitistrombus bubonius*: Fm. *Calcarenitas y playas de Els Bancals.* Pleistoceno medio; Fm. *Calcarenitas y playas del Camp de Tir- Carnatge*. Pleistoceno superior.
- Para el Würm- Holoceno. Fm. *Calcarenitas y arenas del Trenc- Clot de s´Arena.*

APORTACIONES SOBRE EXTENSIÓN, POTENCIA Y DISTRIBUCIÓN DE LOS LIPS

La distribución de LIPs y terrenos pretectónicos (Mesozoico, Eoceno-Oligoceno, Mioceno) se observa condicionada la dirección estructural del plegamiento alpino SSW-NNW.

Los terrenos Eoceno Oligocenos y del Mioceno Sintectónico siguen un condicionamiento ENE-WSW ligeramente distinto para cada uno de los tres relieves principales (Serra de Tramuntana, Serres Centrals, Serres de Llevant).

Las principales aportaciones se centran en las plataformas miocenas del centro de la isla (Son Seguí, Sencelles, Sineu, Porreres etc.) que encuadran la estructura carbonato-arrecifal litoral. Todo el conjunto postectónico (Serravaliense-actualidad) parece reproducir los mismos condicionantes morfotectónicos que la estructura sobre la que se depositan (ESE- WNE; SSW-NNE; S-N; SSE-NNW). Algunas elevaciones del centro de la isla son escalones miocenos basculados sobre Mioceno Sintectónico y Serravaliense mostrando una fracturación regular en estas mismas direcciones (Influencia del relieve basal. Morey Tesis. En estudio).

Esta disposición es difícil de observar y de justificar sin los *TCCVVPPm* efectuados.

Para el registro Plioceno y Pliocuaternario se aporta cerca del 80% del registro inédito. Así se observa que el Plioceno marino solo se conserva bajo aluviones procedentes del relieve estructurado o protegido por sistemas dunares cuaternarios. Su ausencia en muchos sectores de las plataformas miocenas (30% de la superficie de la isla) se justifica por la falta de aluviones y de sistemas dunares plio-pleistocenos que actúen de protección frente a la erosión.

La distribución del Pleistoceno Inferior y medio parece responder a motivos similares.

La inexistencia de fauna terrestre pliocena o miocena en las cuevas de la Serra de Tramuntana documentada a partir de los estudios realizados sólo se explica contemplando perdidas de terreno por erosión superficial (un mínimo de 200 m en los últimos 5 ma.).

Para el Pleistoceno Superior marino (35% de nuevas incorporaciones. Bahías de Alcúdia y Campo. Morey, 2008) se dibuja una disposición que reproduce y justifica la disposición y basculación de la plataformas miocenas y grabens de la isla ya comentadas.

Con estos datos se justifica un nivel del mar para el último interglaciar 2 m superior al observado sin tener en cuenta la subsidencia y las basculación de la estructura postectónica.

APORTACIONES SOBRE GESTIÓN PATRIMONIAL

Estudiar el estado de los LIPs se convierte en una medida indirecta del uso y estado de conservación del territorio, en especial del litoral. Cerca del 70% de LIPs situados en núcleos o costas urbanizadas y de fácil acceso se encuentran en mal estado (destruidos por puertos, paseos, construcciones etc.). Los considerados de más difícil acceso (35%. Situados en entornos protegidos, acantilados, cuevas de difícil acceso) se encuentran mejor conservados pero también menos estudiados.

Un 60% de LIPs se pueden considerar estudiados en alguna etapa de los más de 200 años de estudios geológicos en la isla. Las aportaciones al respecto se resumen en:

- Mesozoico y Eoceno/Oligoceno. Localización de pocos LIPs inéditos. Catalogación de la fauna ammonites secundarios y de la fauna y flora de los lagos Eocenos- Oligocenos. Urge la revisión y recuperación de la fauna de las escombreras de les minas de carbón eocenas/oligocenas antes de que estas desaparezcan por completo.
- Neógeno postectónico. Localización de LIPs relevantes (*Son Seguí, Cas General*, *Porto Pi* etc) y encuadre morfotectónico, estratigráfico y paleoambiental. Urge la revisión e interpretación de los moluscos del Mioceno de *Muro,* de los listados ictiológicos pliocenos y de la fauna del registre *Lagomare* de son Seguí.
- Pleistoceno Superior marino. La localización e interpretación del importante pleistoceno de las Bahías de Campos y Alcúdia facilita la ordenación e interpretación morfotectónica y paleoambiental del período y por extensión del registro plioceno y mioceno.
- Registro de vertebrados pliocuaternarios terrestres. El encuadramiento estratigráfico y morfotectónico de los limos *Myotragus palomboi* de Cala Morlanda plantea un poblamiento del archipiélago anterior al plioceno y puede que ligado a diversos episodios regresivos- (comunicaciones con el continente) tortomessinienses (regresiones TM/MSC?).

ENTORNO PATRIMONIAL. VALOR DIDÁCTICO Y TURÍSTICO

Se destaca el entorno patrimonial del LIP (natural-geológico, histórico-cultural, etc.) como un valor importante para su gestión y conservación. Los *TCCVVPPm* permiten seleccionar y contemplar los LIPs y conjuntos patrimoniales asociados según su utilidad didáctica y turístico- cultural. Estos se seleccionan según representatividad, vulnerabilidad, accesibilidad, espectacularidad y condiciones de observación, presencia o posibilidad de centro de interpretación y entorno relevante complementario (Morey, 2008). Ello supone la selección de más de 70 conjuntos patrimoniales relevantes para presentar y explicar la historia geológica y paleontológica de la isla. Estos se organizan con cerca de 40 rutas turístico culturales importantes.

Se establece una posible red de museos y centros de interpretación donde el patrimonio Paleontológico presentado puede ser conservado, gestionado y /o expuesto también complementado otros valores culturales y naturales asociados.

Valoración y estrategias de gestión

La subjetividad intrínseca a toda valoración patrimonial se acota a partir de una catalogación patrimonial sistemática y una caracterización informativa, clara y adaptada al patrimonio estudiado. Ello ha servido para seleccionar los LIPs más significativos, los más útiles para futuras investigaciones y los que mejor se prestan a ser gestionados (Tabla 2). También se seleccionan los LIPS y entornos patrimoniales asociados más vulnerables y necesitados de vigilancia y protección.

Las estrategias de gestión propuestas se resumen en:

a) Localización, estudio y delimitación de LIPs inéditos o poco conocidos.

	Mejor valoración intrínseca	**Mejor valorados por gestión**	**LIPs tipo. Frameworks.**
Serravaliense	Sa Verdera, Pina, Sa Vall, Sa Tafal, Costitx Sta Margarida	Pina, Costitx- Son Corró, Sta Margarida	Sa Verdera, Pina, Sa Vall, Sa Tafal, Costitx, Sta Margarida
Mioceno postectónico	Cap Blanc, Son Seguí, Portopí, Ses Olles, Cala Llombards, Muro, Bellver.	Cap Blanc- Cala Pi,, Moreria, Porto Pi, Bellver, Cala Llombards	Cap Blanc, Son Seguí, Portopí, Ses Olles, Cala Llombards, Muro, Bellver
Plioceno	Son Palou- Ses Coves, Son Mir, Pontiró, Xorrigo, Ca´n Casetes.	Son Palou- Ses Coves. Xorrigo. Pontiró (adapt.)	Son Palou- Ses Coves, Son Mir, Pontiró, Xorrigo, Ca´n Casetes.

Tabla 2. Selección de LIPs más valiosos y Lips tipo-Frameworks para el Serravaliense, Mioceno y Plioceno de la isla tanto por su valor intrínseco como por su valor de gestión (Morey, 2013).

b) Ordenación de LIPs en categorías según necesidades de gestión o conservación:
- LIPs relevantes o muy relevantes (BICs).
- LIPs de valoración media (LIC o zona paleontológica).
- LIPs poco relevantes (sin necesidad de estrategias de conservación).

c) Elaboración de planes de conservación o de gestión específicos. Declaración de utilidad social. Regulación de intervenciones de urgencia y planificadas y protocolos de actuación.

b) Ordenación de LIPs en categorías según necesidades de gestión o conservación:

d) Gestión patrimonial integral, coordinada y vinculada a los distintos modelos de gestión del territorio. Inclusión de LIPS considerados dignos de ser protegidos en catálogos controlados por la comisión patrimonial de la CCAA y en las NN.SS municipales. Integración en planes de protección internacionales, nacionales, regionales, locales.

Creación de la figura de gestor patrimonial.

e) Creación de unidades de vigilancia patrimonial específica con capacidad de denuncia y sanción, aptitud per a recuperar material paleontológico y formación adecuada

f) Establecer figuras legislativas específicas y adaptadas (reservas, zonas, etc.). de gestión y protección con protocolos de actuación preestablecidos, control en su aplicación y dotación económica suficiente. Según el valor de cada LIP y status legal se pueden observar:
- LIPS de protección estricta y integral. Ninguna intervención lesiva. Estudio controlado.
- Zonas paleontológicas más extensas de vigilancia y de conservació menos estricta.
- Zonas mixtas de conservación y gestión. Uso sostenible de recursos naturales.

g) Potenciación de la capacidad didáctica y divulgativa de los LIPS preseleccionados (centros de interpretación, rutas culturales y geológicas. Estudios e investigaciones. Publicaciones, etc.).

CONCLUSIONES

Los *TCCVVPP* sistemáticos suponen mucho más que una simple catalogación y selección de LIPs relevantes o útiles. Suman también importantes aportaciones para la geología y paleontología de la región estudiada tanto por lo que supone de aportación de patrimonio inédito como del resultado de su distribución e interacción con otro patrimonio. La interacción del patrimonio paleontológico con el entorno cultural y natural asociado se observa de gran valor en una región turística y con fuerte presión antrópica.

REFERENCIAS

Morey, B. 2008. *El patrimoni Paleontològic del Pleistocè superior marí de Mallorca. Catalogació, caracterització, valoració. Propostes de gestió i de conservació*. Memoria de Doctorado, UIB, 291 pp.

Morey, B. 2013. La importància d'una catalogació i valoració de LIPs en el postectònic de Mallorca. *VI Jornades Medi Ambient. Balears. Soc. Hist. Nat,* 80-84.

Morey, B. y Forteza, N. 2013 Traces d insectes del Pleistocè de Mallorca. *VI Jornades Medi Ambient. Balears. Soc. Hist. Nat,* 59- 62.

Morey, B. y Forteza, N. 2015. Fauna finimessiniense en el Antiforme Son Seguí- Sta Eugènia (Mallorca. Mediterráneo occidental). Significado, origen y evolución. *XXI Bienal de la Sociedad Española de Historia Natural,* Burgos, 29.

Morey, B. y Frontera, M. 2014. La colección mineralógica y paleontológica de Jaime Conrado i Berard (Mallorca) a través de su cuaderno de gabinete. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (sección Aula),* 2, 49-66.

Morey, B. y Mas, G. 2009. Aproximació al neogen de Santa Eugènia (Mallorca, Illes Balears, Mediterrània occidental). *Bolletí de la Societat Història Natural. Balears,* 52, 99-123

Morey, B. i Pons, G.X. 2008. La col·lecció paleontològica de Josep Rosselló Ordines. *V Jornades de Medi Ambient. Balears. Soc. Hist. Nat.,* 443-445.

Wimbledon, W.A.P. *et al.* 2000. Proyecto Geosites, una iniciativa de la IUGS. La Ciencia respaldada por la conservación. In Barettino, D. Wimbledon, W.A.P. y Gallego, E. *Patrimonio Geológico: Conservación y Gestión.* ITGE, ProGeo, SGE, Madrid, 73-101.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

PATRIMONIO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO DEL PARQUE CULTURAL DEL RÍO MARTÍN

A. Núñez, M. Tomás, K. Arruda, G. Meléndez y P. Infante

Departamento Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza.
alizia_zgz12@hotmail.com, 575621@unizar.es, Karllaemmanuelle@hotmail.com, gmelende@unizar.es, pinfante@aragon.es

RESUMEN

El territorio donde se encuentra el Parque Cultural del río Martín cuenta con un potencial y unos recursos naturales y geológicos únicos dentro del ámbito de las ciencias naturales y más concretamente de las ciencias geológicas. Sería interesante para el parque la inclusión de mayor cantidad de información geológica y paleontológica en los centros de interpretación, paneles explicativos y demás infraestructuras, para poner en valor estos recursos, ofrecer a la sociedad una oferta cultural más amplia y asegurar la protección de los afloramientos existentes, de cara al desarrollo de la región.

Palabras clave: Río Martín, Parque cultural, patrimonio geológico, paleontología, sociedad.

ABSTRACT

The so-called *"Cultural Park of the River Martín"* spreads around a wide area in the NE part of the province of Teruel, along the course of the River Martín, a tributary of the Ebro. Some geological aspects, which clearly exemplify the sedimentary and tectonic evolution of the Iberian basin make it worth visiting and protecting as one of the most relevant areas for both research and geotourism. As a supposedly protected area, it should be interesting for such purposes the inclusion of informative panels and the setting of more effective protective measures, against destruction and piracy from fossil collectors, as well as a central, information office, in order to contribute spreading the geology and other aspects of History and culture among the population.

Key words: River Martín, Cultural park, geological heritage, palaeontology, society.

INTRODUCCIÓN

El Parque Cultural del Río Martín se encuentra en la Comunidad Autónoma de Aragón (España), al nordeste de la provincia de Teruel. Los pueblos que lo forman pertenecen a tres comarcas: Cuencas Mineras (Montalbán, Peñarroyas, Torre de las Arcas, Obón y Alcaine) al sur, Andorra-Sierra de Arcos (Alacón, Oliete y Ariño) en el centro, y Bajo Martín (Albalate del Arzobispo) en el norte.

Este parque cultural forma parte de la rama aragonesa de la Cordillera Ibérica. Limita al norte con la cuenca del Ebro y con las cuencas del Duero y del Tajo al oeste. El río Martín es uno de los afluentes del Ebro y proviene de las sierras septentrionales

de la Cordillera Ibérica Su cauce atraviesa desde el anticlinal de Montalbán de núcleo paleozoico, las estructuras plegadas de dirección noroeste-sureste que siguen sucesivos cabalgamientos, hasta la Depresión del Ebro. Esta última estructura es la Sierra de Arcos, donde inicia el curso bajo, en la zona de Albalate del Arzobispo (Núñez, 2015; Tomás, 2015).

DESCRIPCIÓN DE ALGUNOS PUNTOS DE INTERÉS

Sima de san Pedro: Considerada como la sima kárstica de mayores dimensiones de Europa, se ha generado por acción de aguas subterráneas en calizas marinas jurásicas (figura 6). En la secuencia observable desde la apertura superior se aprecian niveles que abarcan de base a techo desde el límite Pliensbachiense-Toarciense hasta el Kimmerigiense. En el interior de la sima, se puede apreciar un lago alimentado por el acuífero de la sierra de Arcos y por el nivel freático del rio Martín.

Barranco de Valdoria: Situado entre las localidades de Albalate del Arzobispo y Andorra, este barranco de origen fluvial excavado en materiales detríticos cenozoicos, resulta especialmente destacable por su belleza paisajística y los elementos del relieve de singularidad geomorfológica que lo componen.

Limite Calloviense-Oxfordiense: Los afloramientos de los entornos de la localidad de Ariño en los que se puede observar el límite entre estos dos pisos, aportan una valiosa información paleogeográfica, a través del estudio paleontológico, tafonómico y sedimentario de estas unidades. Estos indicadores muestran indicios de la exposición subaérea de estos materiales durante la transición del Jurásico Medio al Superior.

Barranco del Mortero: Ubicado en las cercanías de la localidad de Alacón y siendo uno de los más importantes de este área debido a sus dimensiones y longitud, el barranco del Mortero es de origen fluvio-kárstico. En ciertas ocasiones, es posible apreciar al final del mismo, una cascada con un salto aproximado de 20 metros, producida por el agua de escorrentía. En él se reconocen las Formaciones Loriguilla e Higueruelas (en las que se ubican numerosas cavidades de habitación neolíticas) y entre ambas, la unidad definida como Miembro Alacón. El límite entre el Kimmeridgiense Medio y Superior ha sido caracterizado por la presencia de los últimos *Crussoliceras* y las primeras *Progeronias* en la parte media-alta de dicha unidad.

Superficie de erosión precretácica: Superficie diacrónica que evidencia la erosión de las diferentes unidades del Jurásico Superior y Medio (Fms Higueruelas, Loriguilla, Yátova, Domeño, Moscardón y Pedregal) en el sector comprendido entre las localidades de Alacón y Ariño durante el tránsito Jurásico-Cretácico por el basculamiento de bloques en un periodo de intenta actividad tectónica.

Miembro Alacón: Kimmeridgiense superior, equivalente lateral de la formación Loriguilla. Esta unidad, definida en los alrededores de la localidad de Alacón; de carácter cretoso y en la que se reconocen frecuentes rills bioclásticos, evidencia un proceso de emersión o somerización de la plataforma con indicios de acción de aguas superficiales. Este hecho parece estar ligado a la presencia del *alto paleogeográfico de Ariño-Andorra* y a la generación de la discontinuidad pre-cretácica al final del Jurásico Superior.

En el sector de la comarca del Bajo Martín, se encuentran muchos yacimientos de invertebrados marinos Mesozoicos de relevancia internacional. La elevada diversidad entre grupos, su accesibilidad y estado de conservación, confiere a los mismos una importancia notable desde el punto de vista científico, didáctico y turístico. Algunos de los grupos que se pueden encontrar son Ammonoideos, Nautiloideos, Coleoideos, Bivalvos, Braquiópodos, Corales y Poríferos. El análisis de las sucesiones de ammonoideos ha permitido caracterizar la existencia de una importante laguna estratigráfica en el límite Calloviense-Oxfordiense, con numerosos procesos de reelaboración tafonómica y que en este sector abarcaría desde el Calloviense Inferior (Bz. Gracilis) hasta el Oxfordiense medio (Bz Transversarium). Asimismo, la sucesión de diversas formas de *Subnebrodites* y la presencia de *Taramelliceras hauffianum* Oppel en la parte alta de la Fm. Yátova (dentro del recientemente definido Miembro *Calizas glauconíticas de Ariño*) permite situar el límite Oxfordiense-Kimmeridgiense en la parte superior de esta unidad (Meléndez *et al*., 2015; Núñez, Tomás y Meléndez, 2015).

Yacimiento de Icnitas de Ariño: Icnitas de Saurópodos y Ornitópodos deformando unos niveles con ostreidos (figura 5). El hecho de encontrar evidencias de la presencia de grupos continentales junto a restos de grupos marinos es la prueba patente de que se trata de un medio transicional entre ambos, (zona litoral) donde las valvas de los ostreidos han sido concentradas por el efecto de las corrientes de fondo y el oleaje, muchas de ellas con elevado

grado de encajamiento. Dichos ejemplares se suman a la ya extensa lista de restos fósiles que compone el patrimonio paleontológico de la zona, siendo una prueba evidente de la elevada biodiversidad de especies animales y vegetales que poblaron esta región a lo largo del período Mesozoico.

DESCRIPCIÓN, CONTENIDO, SEDES Y MUSEOS

Centro de interpretación de geología y espeleología de Montalbán: Recoge información sobre la geología y los trabajos de espeleología que se han ido haciendo en la zona, haciendo referencia a los puntos geológicos más importantes y singulares del territorio como por ejemplo la Sima de San Pedro.

Sede Dinópolis Ariño: Museo dedicado la paleontología de la zona, centrando especial atención a las nuevas especies de dinosaurios encontradas en las minas de carbón de esta localidad. Las dos especies de dinosaurios pertenecen al orden Ornithischia. El primero de ellos se ha denominado *Europelta carbonensis* y se trata de una nueva variedad de Nodosaurio. El segundo de ellos, *Proa valdearinnoensis*, corresponde con la familia de los Iguanodóntidos, su nombre se propuso como homenaje a la localidad de Ariño, donde se ha definido esta especie.

Centro de interpretación minero y del carbón de Ariño: Museo dedicado a las labores de extracción del lignito cretácico de la Formación Escucha que abunda en esta región. En él, se puede observar la metodología empleada a diario para extraer el mineral (tanto el trabajo de los mineros como de los técnicos que durante todo el siglo XX han trabajado en estas minas), se encuentran expuestas numerosas herramientas auténticas empleadas por los mineros, además de multitud de fotografías de época de los trabajadores en la mina.

Centro de interpretación de paleontología de Alacón: Los materiales que componen el territorio de Alacón son calizas marinas jurásicas y cretácicas con un elevado contenido en fósiles de invertebrados marinos (ammonites, bivalvos, braquiópodos, gasterópodos, etc). En el museo se encuentra depositada una amplia colección de ejemplares entre los cuales destacan ejemplares de ammonoideos de gran talla. El estudio de estas formas ha resultado fundamental para reconstruir los ambientes existentes durante el Mesozoico en la región.

PROTECCIÓN LEGAL DE LOS AFLORAMIENTOS.

El marco legislativo en materia de paleontología en Aragón se desarrolla, sobre todo, con la Ley 3/1999 del Patrimonio Cultural Aragonés. Dentro de los Bienes de Interés Cultural, se incluye lo que se denomina Zona paleontológica, como el lugar en que hay vestigios, fosilizados o no, que constituyan una unidad coherente y con entidad representativa propia. En el Título III se aborda de forma específica el Patrimonio Paleontológico y Arqueológico, donde se habla de los tipos de intervenciones, las zonas de Prevención y Protección, la obligación de comunicar los hallazgos y qué hacer ante los mismos o en el caso de lo que se considera una urgencia paleontológica, cuando existe un peligro inminente hacia un yacimiento. Las Zonas de Prevención Paleontológica son espacios donde se presuma fundadamente la existencia de restos. En esta ley, también se hace referencia a los tipos de infracciones en cuanto al patrimonio paleontológico en el Título Séptimo de Régimen Sancionador.

El mayor problema que existe, en cuanto al patrimonio paleontológico, es el desconocimiento de la importancia de la riqueza paleontológica de la zona, lo que desemboca con frecuencia en el expolio y deterioro de algunos yacimientos. La puesta en valor del patrimonio, es una forma de integrar la cultura paleontológica en la sociedad, ya que la protección legal del parque, no es suficiente. Cuanto mayor sea el conocimiento y la valoración del patrimonio por parte de la población, mejor será su protección.

ALCANCE SOCIAL DEL PARQUE

Mediante un sondeo a la población se ha realizado un estudio sociológico con el fin de determinar el alcance social actual que tiene el parque Cultural del Río Martín. Para ello, se ha encuestado a un total de 100 personas

aleatorias, cuyo rango de edad está comprendido entre los 17 y los 87 años, con el fin de cubrir todo el espectro de edades de la población real y evitar valores sesgados. El tipo de formación de los encuestados también es variado y diferente, desde la no escolarización o abandono temprano del colegio, hasta estudios universitarios. La nacionalidad en porcentaje es del 98 % española, y el 100 % de los entrevistados residen en Aragón. Los resultados obtenidos en la encuesta han sido los siguientes:

Pregunta: ¿Conoces qué es la geología y la paleontología? (Fig. 1)

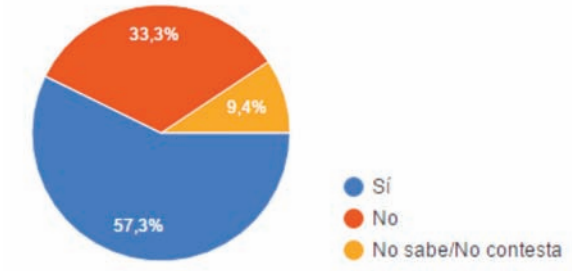


Figura 1. El 57,3% de los encuestados conoce o le suena lo que es la geología o la paleontología, mientras que el 33,3% desconoce estas disciplinas por completo.

Pregunta: ¿Te interesan los temas relacionados con la geología y paleontología? (Fig. 2)

Figura 2. Al 67,7 % de los encuestados les interesan estos temas por lo que podrían ser visitantes potenciales del parque. Sería posible atraerlos potenciando los valores geológicos del parque y publicitándolo.

Pregunta: ¿Conoces el Parque Cultural del Río Martín? (Fig. 3)

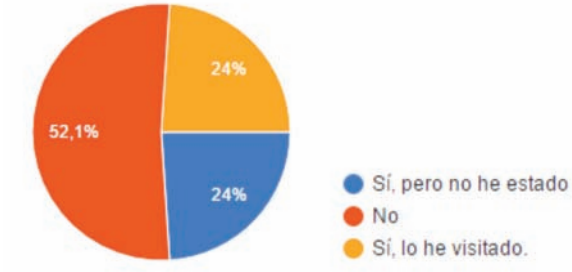


Figura 3: Una mayoría del 52,1% de las personas encuestadas desconoce el Parque Cultural del Río Martín, el 24 % ha oído hablar de él pero no lo ha visitado y, por último, el 24% restante corresponde con gente que sí ha visitado el parque. Estos valores demuestran que uno de los problemas de la divulgación de la geología en general, y En el Parque Cultural del Río Marín en particular, radica en el desconocimiento.

Pregunta: ¿Tendrías más interés en visitar el parque si la geología y la paleontología tuvieran mayor representación en toda la zona? (Museos/ centros de interpretación, paneles explicativos, guías, actividades culturales…) (Fig. 4)

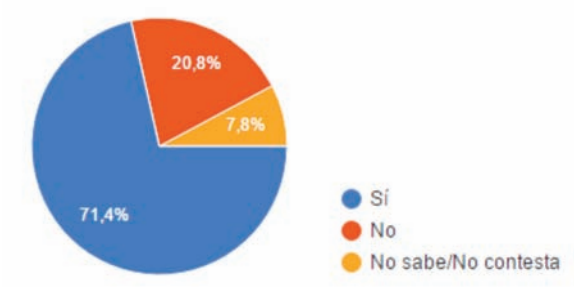


Figura 4. El 71,4% de los encuestados afirma que incrementando la cantidad de información sobre geología y paleontología disponible en el parque, aumentaría su interés por visitarlo.

CONCLUSIONES

Según los datos obtenidos en la encuesta, podemos observar que a pesar de que en Aragón encontramos un elevado porcentaje de la población interesada en la geología y la paleontología, hay un desconocimiento bastante general de la existencia de este parque, de los lugares que se pueden visitar en él y del potencial del mismo. Estos datos se ven agravados por el hecho de que la encuesta se ha realizado a población residente en Aragón, comunidad autónoma en la que se encuentra el Parque.

La solución podría radicar en el aumento de publicidad, la inclusión de mayor cantidad de información sobre geología y paleontología en el parque (ya que el 71,4% de los encuestados afirman que de esta forma tendrían más interés en visitarlo) y la realización de mayor cantidad de actividades dinámicas con el fin de hacer más atractiva la visita. Asimismo, resulta urgente la generación de medidas protectoras para el importante patrimonio geológico, paleontológico, cultural e histórico de la zona.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte del Proyecto E-17 de la DGA (Patrimonio y museo paleontológico). Los autores desean agradecer al personal del Centro de Interpretación de Ariño su amable acogida y colaboración.

REFERENCIAS

Meléndez, G., Bello, J., Page, K., Ramajo, J., Núñez, A. y Tomás, M. 2015. Valoración patrimonial de los yacimientos fósiles más relevantes del Jurásico de las ramas Aragonesa y Castellana de la Cordillera Ibérica. *XXXI Reunión de la Sociedad Española de Paleontología* en Baeza. Libro de resúmenes, Reolid, M. (ed). 187-189.

Núñez, A. 2015. *Estudio comparativo de las asociaciones de ammonites del Jurásico Superior de la Plataforma Ibérica (Sierra de Arcos) y del norte de Chile (Pacífico Oriental). Tafonomía, biogeografía y taxonomía. Aplicación a las técnicas de replicado de ejemplares fósiles.* Informe inédito. (Trabajo Fin de Grado) Servicio de Publicaciones, Universidad de Zaragoza; 25 pp., 9 anexos.

Núñez, A., Tomás, M. y Meléndez, G. 2015. Valoración de áreas protegidas en Aragón por su interés científico, didáctico y geoturístico: El Parque Cultural del Río Martín. *XI Reunión Nacional de la Comisión de Patrimonio Geológico SGE*. Libro de actas, 18, 401-406.

Tomás, M. 2015. *Valoración patrimonial y de infraestructuras de áreas de interés de geológico en Aragón y alrededores, con vistas al desarrollo de su potencial didáctico y geoturístico.* Informe inédito. (Trabajo Fin de Grado) de la Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 25 pp., 6 anexos.

Figura 5. Yacimiento de icnitas de dinosaurio en Ariño, interpretado como un depósito de medio litoral.

Figura 6. Sima de San Pedro, parte de la abertura superior de la sima y el balcón de observación instalado.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LOS FÓSILES DE LAS ROCAS ORNAMENTALES DE BILBAO (BIZKAIA, N DE ESPAÑA) COMO HERRAMIENTA PARA LA DIDÁCTICA DE LA PALEONTOLOGÍA

A. Ordiales[1], B. Martínez-García[2] y X. Murelaga[2]

[1] SciGea Servicios de apoyo a la investigación geológica y la divulgación científica, Zitek Leioa. Edificio de Rectorado, Planta baja, módulo 12, Universidad del País Vasco UPV/EHU, Bilbao, 48080, España. servicios.scigea@gmail.com.
[2] Universidad del País Vasco UPV/EHU, Facultad de Ciencia y Tecnología, Dpto. Estratigrafía y Paleontología, B. Sarriena s/n, Apartado 644, Bilbao, 48080, España. blancamaria.martinez@ehu.eus, xabier.murelaga@ehu.eus

RESUMEN

En este trabajo se presenta un recorrido geourbano por la villa de Bilbao (Bizkaia, N de España) en el que se emplean numerosas secciones seleccionadas (transversales, longitudinales, ecuatoriales, oblicuas, etc.) del contenido fósil preservado en las rocas ornamentales de las zonas más turísticas de la ciudad. Se han escogido los mejores ejemplos de una gran diversidad de organismos fósiles (algas, foraminíferos, esponjas, corales, moluscos y equinodermos), realizando una descripción morfológica lo más completa posible de cada uno de ellos, manteniendo en todo momento el máximo rigor paleontológico y unos criterios didácticos adecuados al público receptor. Este recorrido urbano pretende ser utilizado como una herramienta de divulgación paleontológica que complemente la base teórica empleada por los profesores de Educación Secundaria Obligatoria, Bachillerato y los primeros cursos universitarios, y se plantea como un recurso didáctico que pueda ser utilizado como modelo a seguir en otras ciudades de la Península Ibérica.

Palabras clave: Bilbao (Bizkaia), contenido fósil, didáctica paleontológica, recorrido geourbano, rocas ornamentales.

ABSTRACT

In this work an urban geosite tour through the city of Bilbao (Biscay, N Spain) has been presented in which numerous selected sections (transverse, longitudinal, equatorial, oblique, etc.) of the fossil content preserved in the ornamental stones from the most touristic areas of the city have been selected. The best examples of a wide variety of fossil organisms (algae, foraminifera, sponges, corals, mollusks and echinoderms) have been chosen, performing a complete morphological description as possible of each, always keeping the highest paleontological rigor and some of the educational criteria appropriate to the recipient audience. This urban geosite tour is intended to be used as a tool of paleontological divulgation to complement the theoretical basis used by teachers of secondary school, high school and the first university courses, and is presented as an educational resource that can be used as a model for other cities of the Iberian Peninsula.

Key words: Bilbao (Bizkaia), fossil content, paleontological didactic, urban geosite tour, ornamental stones.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, diversas ciudades de la Península Ibérica han optado por emplear las rocas ornamentales como georrecurso turístico y didáctico, teniendo una especial consideración en utilizar uno de los mayores

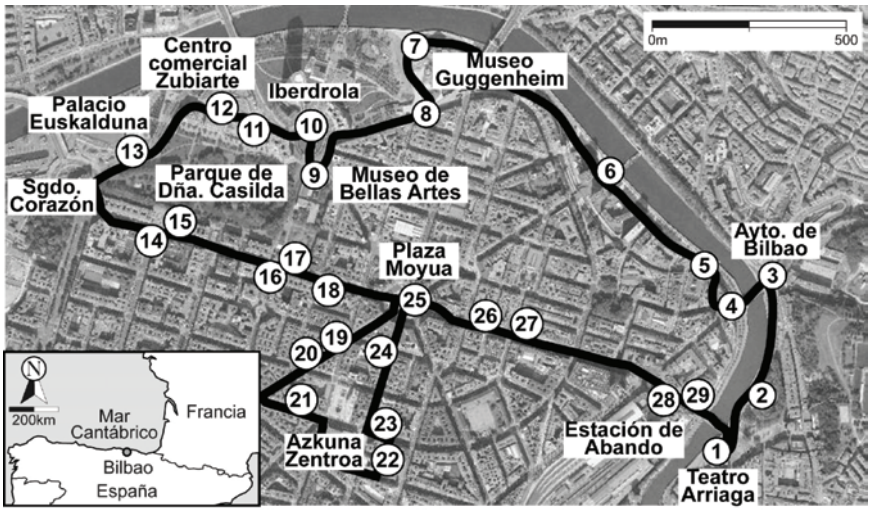


Figura 1. Localización geográfica y detalle del recorrido geourbano planificado por la ciudad de Bilbao. Los números se corresponden con los puntos seleccionados en los que se localizan las mejores secciones fósiles de las rocas ornamentales escogidas.

atractivos de muchas de estas rocas ornamentales, los fósiles (e.g., Cornella i Solans, 2009; Parra Cachada *et al.,* 2012; Damas Mollá *et al*., 2012, 2013). Las principales ventajas del empleo divulgativo de estos materiales se basan en la disponibilidad y cercanía de los mismos dentro de la propia ciudad y en la gran diversidad del contenido paleontológico, ya que las rocas ornamentales recogen materiales pétreos obtenidos tanto de zonas próximas a la localidad de utilización, como de otros yacimientos más lejanos. Sin embargo, para poder emplear este recurso educativo, es necesario realizar un análisis paleontológico detallado de las rocas ornamentales de la ciudad, escogiendo así los mejores ejemplos de secciones características de la mayor variedad de grupos fósiles posibles. Esta descripción del contenido fósil, unido a la textura, estructura y composición mineralógica de la roca ornamental, permitirá realizar un análisis lo más completo posible de la edad y el ambiente de formación de cada una de ellas. Bajo esta premisa, en este trabajo se presenta una recopilación de los mejores ejemplos de restos fósiles preservados en las rocas ornamentales empleadas en las zonas más turísticas y conocidas de la ciudad de Bilbao, pretendiendo que este recorrido pueda ser tomado como referente para los profesores de Educación Secundaria Obligatoria (segundo ciclo de la ESO), Bachillerato e, incluso, primeros cursos universitarios (Grados en Geología, Biología o Ciencias Ambientales) como complemento didáctico y divulgativo de la paleontología.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha seleccionado un recorrido que presenta una excelente accesibilidad y que incluye las rocas ornamentales empleadas en las fachadas o elementos de construcción de las calles y edificios más turísticos y conocidos de la Villa de Bilbao (Bizkaia, N de España) (Fig. 1). Sobre este recorrido, se han escogido los puntos en los que se muestran las secciones (transversales, longitudinales, tangenciales, oblicuas…) más significativas de los restos fósiles y que permitan una descripción morfológica lo más completa posible (Fig. 2). Una vez seleccionadas las principales secciones fósiles a estudiar, la superficie de la roca ornamental se ha limpiado con etanol diluido en agua destilada y se ha fotografiado con una cámara Nikon D5100 con un objetivo AF-S DX 18-55. En este trabajo, únicamente se han considerado los macrofósiles para cuya observación no es precisa una lupa de mano.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Todas las rocas ornamentales seleccionadas en este recorrido se corresponden con facies marinas, que abarcan subambientes comprendidos entre medio litoral restringido con oleaje de alta energía hasta medio nerítico abierto de borde de talud, y con edades que oscilan entre el Jurásico Inferior y el Mioceno superior. A continuación, se presentan los grupos fósiles más destacados, realizando una descripción morfológica lo más detallada posible de cada uno de los elementos a partir de sus secciones características (Fig. 2), indicando así mismo el punto de observación más adecuado incluido en el recorrido seleccionado.

Se han identificado ejemplares de algas rojas o rodófitos de la Familia Corallinaceae (algas coralinas), tanto con hábito geniculado o articulado como incrustante o no articulado (puntos 5, 7, 10, 27; Fig. 1). La sección longitudinal del talo de un fragmento de alga articulada permite identificar el aspecto reticulado del mismo (Fig. 2.A). En cuanto a las algas incrustantes, se han seleccionado varias morfologías de rodolitos, desde morfologías ramosas radiales subesféricas hasta formas subesféricas concéntricas y con estructura laminar (Fig. 2.B). Estos últimos rodolitos pueden estar desprovistos de núcleo o, en muchos casos, presentar restos biogénicos tales como fragmentos de macroforaminíferos (nummulítidos).

Las secciones axiales y ecuatoriales de macroforaminíferos (puntos 8, 15, 19, 20, 22, 27; Fig. 1) permiten clasificarlos dentro del género *Nummulites* (Fig. 2.C). En las secciones axiales se aprecian la morfología subrectangular de las cámaras, los septos intracamerales y la cuerda marginal. En las secciones ecuatoriales se observan el botón umbilical central, las prolongaciones alares de las cámaras y los canales marginales.

Aludiendo al Filo Porifera, destacan las secciones longitudinales de demosponjas hipercalcificadas o coralinas (esclerosponjas) de tipo quetétidas (puntos 5, 16; Fig. 1), en las que se aprecian claramente la disposición del sistema de canales internos de tipo leucon, que proporciona una estructura interna en forma de panal de abejas (Fig. 2.D).

Las secciones transversales de corales solitarios (puntos 4, 11, 12; Fig. 1) permiten apreciar la teca y los septos radiales de los pólipos (Fig. 2.E). Son más comunes los corales coloniales tabulados (puntos 2, 3, 12, 13, 16; Fig. 1), con morfologías masivas de contorno domal y tabular, donde las secciones longitudinales de los coralites permiten apreciar las tábulas y los disepimentos (Fig. 2.F), mientras que las secciones axiales muestran la morfología poligonal de los coralites.

El Filo Mollusca es al más ampliamente representado en las rocas ornamentales de Bilbao, en especial la Clase Bivalvia. De esta manera, destacan los bivalvos del tipo *Chondrodonta* sp. (puntos 6, 11, 17, 21, 24, 26; Fig. 1), donde las secciones longitudinales de las dos valvas muestran la microestructura lamelar paralela de la concha, que se

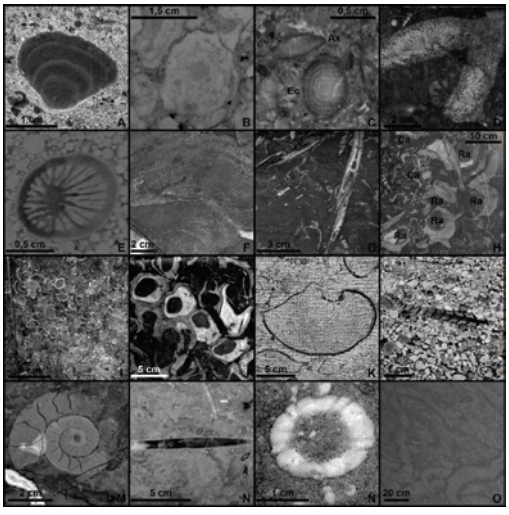


Figura 2. Secciones más representativas de algunos de los ejemplares fósiles seleccionados en el recorrido escogido. A, sección longitudinal del talo de un fragmento de alga articulada; B, secciones longitudinales de rodolitos sin núcleo definido; C, secciones axial (Ax) y ecuatorial (Ec) de *Nummulites*; D, secciones longitudinales de demosponjas quetétidas; E, sección transversal de coral solitario; F, sección longitudinal de un coral colonial tabulado de contorno domal; G, secciones longitudinales de las dos valvas de dos ejemplares de *Chondrodonta* sp.; H, secciones oblicuas de caprínidos (Ca) y secciones transversales, longitudinales y oblicuas de radiolítidos de la especie *Durania* sp. (Ra); I, secciones transversales de *bouquets* de monopléuridos; J, secciones transversales de *thickets* de polyconítidos; K, sección transversal de un caparazón completo de requiénido; L, sección longitudinal de gasterópodo nerineido; M, sección ecuatorial de ammonoideo; N, secciones longitudinales, ecuatoriales y oblicuas de belemnoideos; Ñ, sección longitudinal de equínido endocíclico; O, icnofábrica de *Bichordites*.

repliega hacia la zona de la charnela, y el umbo en forma de gancho (Fig. 2.G). Los ejemplares pertenecientes al Orden Hippuritida, familiarmente conocidos como rudistas, son los más numerosos y comunes en estas rocas ornamentales. Esto se debe a la abundancia de estos organismos en las facies arrecifales urgonianas (Aptiense-Albiense) de la Cuenca Vasco-Cantábrica. Así, las secciones oblicuas de los caprínidos (hábito de vida recostado) (puntos 1, 5, 11, 29; Fig. 1) permiten observar dos capas carbonatadas (interna e intermedia) de las tres que conforman la concha, generalmente recristalizadas a esparita, y las oquedades rectangulares paralelas entre sí de la capa intermedia, denominadas canales paleales, que son una característica definitoria de este grupo (Fig. 2.H). Los rudistas monopléuridos (hábito de vida elevado) (puntos 1, 2, 14, 18, 28; Fig. 1) se distinguen en sección transversal por presentar una concha muy fina recristalizada y su morfología subcircular estrecha, soliendo estar agrupados en ramilletes o *bouquets* (Fig. 2.I). Generalmente asociados a los monopléuridos aparecen los rudistas polyconítidos (hábito de vida elevado) (puntos 1, 2, 14, 18, 28; Fig. 1), cuyas secciones transversales evidencian claramente la capa externa, con microestructura calcítica prismática, de la interna, recristalizada a esparita. Sus conchas son más gruesas que las de los monopléuridos y también suelen aparecer agrupados en colonias denominadas *thickets* (Fig. 2.J). Son muy llamativos los rudistas radiolítidos de la especie *Durania* sp. (hábito de vida elevado) (puntos 1, 5, 9, 11, 15, 26, 29; Fig. 1), debido al grosor de la capa calcítica intermedia (Fig. 2.H). Esta capa presenta una microestructura en panal de abejas muy característica, conformada por tabiques radiales paralelos entre sí dispuestos perpendicularmente a las líneas de crecimiento. Las secciones transversales de los radiolítidos son subcirculares y muestran prominencias externas debido a la ornamentación radial por costillas de la valva inferior, mientras que las secciones longitudinales generan morfologías en forma de V. Este grupo de rudistas también pueden aparecer como individuos aislados o agruparse en *bouquets*. El último tipo de rudistas presentes en las rocas ornamentales de Bilbao son los requiénidos (hábito de vida recostado) (puntos 2, 11, 13, 25, 28; Fig. 1), que en sección transversal presentan una valva izquierda enrollada de mayores dimensiones que la valva derecha, más plana (Fig. 2.K), y destacan en las rocas por el color negro de sus conchas, que permite apreciar la microestructura calcítica prismática de la capa externa. Aludiendo a la Clase Gastropoda (puntos 4, 11, 12, 13, 25; Fig. 1), los cortes longitudinales de conchas con enrollamiento helicoidal permiten observar las vueltas, generalmente recristalizadas en su interior a esparita y, en algunas ocasiones, la columela. Son vistosas las secciones, tanto longitudinales como oblicuas, de gasterópodos nerineidos que muestran la morfología sinuosa de los pliegues presentes en el interior de las vueltas (Fig. 2.L). Finalmente, dentro de las Clase Cephalopoda, en las secciones axiales y ecuatoriales de conchas de ammonoideos (puntos 10, 23, 27; Fig. 1) se aprecian el fragmocono y los septos que separan las cámaras (Fig. 2.M). También son comunes las secciones longitudinales, ecuatoriales y oblicuas de belemnoideos (puntos 23, 27; Fig. 1), que permiten diferenciar el rostro del fragmocono, generalmente recristalizado (Fig. 2.N).

Finalmente, se han seleccionado secciones longitudinales, transversales y oblicuas de equínidos (puntos 7, 8, 19; Fig. 1), tanto endocíclicos, con simetría pentarradiada (Fig. 2.Ñ), como exocíclicos, en los que a la simetría radial se superpone una simetría bilateral. En las secciones longitudinales, cuando las placas del esqueleto no están muy recristalizadas a esparita, es posible diferenciar los ambulacros, interambulacros y los poros que atraviesan las placas. Así mismo, se ha seleccionando una icnofábrica de *Bichordites* (punto 11; Fig. 1), consistente en secciones longitudinales de icnofacies generadas por la actividad excavadora de equínidos exocíclicos, formadas por canales limitados por una acumulación detrítica más oscura en ambos márgenes y por unas láminas internas cóncavas más pequeñas (Fig. 2.O).

CONCLUSIONES

Las rocas ornamentales de las ciudades son un recurso de inestimable valor para la enseñanza y divulgación de la paleontología, ya que los acabados de las rocas ornamentales (pulidos y lacados), su accesibilidad y su diversidad, tanto en edad como en paleoambientes, facilitan el estudio del registro fósil de manera complementaria a los conceptos teóricos básicos impartidos en las aulas. Sin embargo, es preciso elaborar recorridos en los que se seleccionen los mejores ejemplos de secciones de los organismos fósiles, realizados bajo unas premisas de máximo rigor paleontológico y con unos criterios didácticos adecuados al público receptor. Considerando estos requisitos básicos, en este trabajo se presenta un recorrido paleourbano seleccionado en la ciudad de Bilbao en el que se realiza una descripción los más completa posible de la mayor variedad de fósiles preservados en sus rocas ornamentales. Este recurso didáctico puede

ser empleado tanto en la Educación Secundaria Obligatoria como en el Bachillerato e, incluso, en los primeros cursos universitarios y puede ser utilizado como modelo a seguir en otras localidades de la Península Ibérica.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado con el proyecto GIU 15/34 de la UPV/EHU y una beca postdoctoral "Contratación para la especialización de personal investigador doctor" (B. Martínez-García) de la UPV/EHU.

REFERENCIAS

Cornella i Solans, A. 2009. *Guia: Fòssils Urbans. Barcelona*. Generalitat de Catalunya i Ilustre Colegi Oficial de Geólegs, Catalunya, 120 pp.

Damas Mollá, L., Aranburu Artano, A., García Garmilla, P. y Fano, H. 2012. Rocas ornamentales del País Vasco y Navarra (I): El Rojo Ereño y el Negro Markina. *Tierra y Tecnología*, 42, 25-33.

Damas Mollá, L., Fano, H., Aranburu Artano, A. y García Garmilla, P. 2013. Rocas ornamentales del País Vasco y Navarra (II): el 'Gris Deba/Rosa Duquesa' y el 'Gris/Rojo Baztán'. *Tierra y Tecnología*, 43, 16-27.

Parra Cachada, M., Santos, A., Mayoral Alfaro, E. y Marques da Silva, C. 2012. Experiencias de aprovechamiento educativo y turístico de recursos geológicos en las ciudades de Huelva, Sevilla y Córdoba (Andalucía, España). En A.M. Sarmiento, M. Cantano y G.R. Almodóvar (Eds.), *Comunicaciones del XVII Simposio sobre Enseñanza de la Geología* (pp. 64-70). Servicio de Publicaciones Universidad de Huelva.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

EL YACIMIENTO DEL CRETÁCICO SUPERIOR DE LO HUECO (CUENCA): UN PROBLEMA TRANSFORMADO EN RECURSO CULTURAL

F. Ortega[1], A. Elvira Martín[1], F. Escaso[1], F. Marcos-Fernández[2,1], S. Martínez Bueno[1], I. Narváez[1], A. Pérez-García[1] y J.L. Sanz[3,1]

[1] Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Paseo Senda del Rey, 9, 28040 Madrid, España. fortega@ccia.uned.es, aelviramartin@gmail.com, fescaso@ccia.uned.es, bpmvillaroman@hotmail.com, inarvaez@ccia.uned.es, paleontologo@gmail.com
[2] Departamento de Pintura y Restauración Facultad de Bellas Artes de Madrid, UCM
C/ Greco 2, Ciudad Universitaria, 28040 Madrid. famarcos@ucm.es
[3] Unidad de Paleontología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España. dinoproyecto@gmail.com

RESUMEN

El yacimiento del Cretácico Superior de Lo Hueco (Fuentes, Cuenca) es relativamente bien conocido por el gran número y la preservación de los fósiles de vertebrados continentales extraídos, que están proporcionando numerosas aportaciones al conocimiento sobre la biota finicretácica de Europa suroccidental. Debido a las condiciones de su hallazgo y excavación, así como a su rápida incorporación a varios proyectos museográficos y de divulgación, el yacimiento supone, además, un buen ejemplo para el análisis de la proyección del patrimonio paleontológico en la sociedad y su utilización como recurso cultural.

Palabras clave: Lo Hueco, registro fósil, divulgación, patrimonio, recurso cultural.

ABSTRACT

The Upper Cretaceous fossil site of Lo Hueco (Fuentes, Cuenca) is relatively well known because has yielded a large number of well-preserved fossils of continental vertebrates, which are providing numerous contributions to knowledge about the finicretaceous biota from southwestern Europe. Due to the conditions of its discovery and excavation, as well as its rapid incorporation to several museum projects and outreach, the site also provides a good example for the analysis of the projection of paleontological heritage in society and their use as a cultural resource.

Key words: Lo Hueco, fossil record, scientific outreach, heritage, cultural resource.

INTRODUCCIÓN

El yacimiento paleontológico de Lo Hueco fue localizado en el término municipal de Fuentes (Cuenca) en Mayo de 2007. El hallazgo se produjo como consecuencia de un control rutinario de los desmontes realizados para la instalación de un falso túnel en el Acceso Ferroviario de Alta Velocidad de Madrid-Levante. Las características de la

obra y las condiciones del yacimiento provocaron el desarrollo de una excavación paleontológica a gran escala que permitiese documentar y extraer los restos paleontológicos afectados en el menor tiempo técnicamente aconsejable. La excavación y posterior seguimiento paleontológico se desarrolló a lo largo del segundo semestre de 2007 y parte de 2008, generándose la colección más voluminosa de restos de vertebrados de Castilla-La Mancha y una de las más grandes del Mesozoico europeo.

El yacimiento se localiza en la parte superior de la Formación Margas, Arcillas y Yesos de Villalba de la Sierra (Vilas *et al*., 1982; Ortega *et al*., 2015), en una sección que, tanto por su posición estratigráfica relativa como por el contenido de macrovertebrados, puede atribuirse al lapso Campaniense superior-Maastrichtiense inferior.

Los restos de organismos en el Konzentrat-Lagerstätten de Lo Hueco (sensu Cambra-Moo *et al*., 2012) se acumularon en una llanura de inundación fangosa cercana a la costa, atravesada por canales distributarios, y expuesta de forma intermitente a condiciones salobres, marinas y dulceacuícolas, así como a eventos parciales o totales de desecación.

La biota de Lo Hueco está compuesta por una combinación de nuevos taxones, nuevas citas para la Península Ibérica y taxones comunes en el ámbito europeo. Mientras que algunas de estas formas presentan una señal biogeográfica cercana, posiblemente relacionada con el aislamiento común en la región iberoarmoricana del archipiélago europeo, otras forman parte de linajes de más amplia distribución, relacionados bien con taxones de otras regiones europeas, bien con los de regiones gondwánicas (ver Ortega *et al*., 2015 y referencias allí). Estas condiciones particulares y los resultados preliminares indican que el análisis del contexto geológico, el contenido de flora y fauna y las características tafonómicas del yacimiento son especialmente relevantes para ayudar a interpretar la formación del yacimiento, así como la historia evolutiva de algunos linajes de reptiles del Cretácico Superior europeo.

El registro de Lo Hueco incluye restos bien preservados y relativamente completos de organismos que han demostrado una enorme capacidad de atracción para un público no especialista. La presencia de tortugas, cocodrilos o dinosaurios, algunos de gran tamaño, confieren a este registro una magnífica posición para su utilización como recurso asociado a objetivos socio-culturales relacionados con la divulgación de conceptos científicos y, también, como un recurso turístico y, por lo tanto, de interés económico.

ANTECEDENTES Y ESTATUS ADMINISTRATIVO

Los trámites del expediente de las obras que permitirán el hallazgo del yacimiento de Lo Hueco se remontan a septiembre de 1998, momento en el que la Dirección General de Ferrocarriles remite a la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental el documento que contiene las distintas alternativas para el trazado de la "Línea de alta velocidad Madrid-Valencia". Tras optar por la alternativa definitiva, en 2003 se produce la publicación, con rango de resolución, de la Declaración de Impacto Ambiental (DIA) "Línea de Alta Velocidad Madrid-Castilla-La Mancha-Comunidad Valenciana-Región de Murcia. Tramo Madrid-Albacete-Valencia. Subtramo Cuenca-Albacete" (BOE de 31 de enero de 2003). En este documento se recoge que, a resultas de la consulta realizada a la entonces Consejería de Educación y Cultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha, es necesario desarrollar una prospección arqueológica de la franja de ocupación del trazado y de las superficies afectadas, para realizar los posibles ajustes de trazado y las actuaciones concretas dirigidas a garantizar la adecuada protección del patrimonio arqueológico. La DIA contempla que estas actuaciones queden recogidas en el proyecto de construcción y que éste debe incorporar un programa de actuación compatible con el plan de obra, redactado en coordinación con las citadas consejerías, en el que se consideren las iniciativas a adoptar en el caso de hallarse un yacimiento arqueológico no inventariado. Este programa debe contemplar que un arqueólogo realice el seguimiento a pie de obra de los trabajos que puedan afectar al patrimonio cultural y de la realización de las prospecciones complementarias derivadas de la intervención en zonas no previstas.

Tras la resolución emitida por la citada Consejería, las actuaciones sobre el patrimonio en el paraje de Lo Hueco quedan reducidas al control de movimientos de tierra por parte de técnicos arqueólogos. Gracias a este control, aunque de forma indirecta, se produce, en mayo de 2007 el hallazgo de un importante conjunto de restos paleontológicos en las primeras fases de las obras destinadas a la construcción de un falso túnel en la zona de Lo Hueco. En cumplimiento

de la normativa correspondiente se produce la comunicación del hallazgo y la evaluación de la evidencia encontrada antes de continuar con la ejecución del proyecto. La fase de evaluación de los restos hallados en Lo Hueco se inicia en junio de 2007 (ref. 04.0392-P9).

Una vez evaluada la importancia de los restos allí aparecidos, entre los que se contaba con un individuo de saurópodo titanosaurio en conexión anatómica, se considera desde la Consejería de Educación y Cultura de la Junta de Comunidades de Castilla-La Mancha imprescindible la realización de una excavación paleontológica en el paraje de Lo Hueco. Para ello, y una vez aceptado el proyecto de ejecución, se emite un permiso con una validez de cuatro meses (ref. 04.0392-P11).

Finalizada la excavación en diciembre de 2007 comienza un control y seguimiento paleontológico de los niveles potencialmente fosilíferos que finaliza en 2009.

De esta misma resolución se desprende la obligatoriedad por parte de la empresa promotora, ADIF, de la salvaguarda y custodia de los fósiles exhumados, por lo que en el momento actual la colección se encuentra colocada en una nave acondicionada por dicha promotora tanto para el almacenamiento de la colección como para la preparación de la misma.

EXCAVACIÓN

La excavación tiene varias peculiaridades resultantes de encontrarse englobada dentro de una obra civil de gran importancia, la falta de tiempo que conlleva no haber localizado el yacimiento en la etapa de redacción del proyecto, y las propias características de los fósiles, altamente inestables a la deshidratación rápida. En este tipo de intervenciones sólo se excavan aquellos volúmenes de roca que se ven afectados por la traza, por lo que el área de actuación se ve muy limitada.

Cuando comienza la excavación de Lo Hueco los niveles fosilíferos ya han sido afectados por el movimiento de tierras. La primera fase, que se realiza durante el mes de julio de 2007, consiste en una evaluación de los niveles fosilíferos. Gran parte del nivel superior del yacimiento se encuentra afectado por las obras, por lo que la prospección que se realiza es superficial y se centra en la recogida de los materiales que han quedado a la vista, en los taludes, tras el movimiento de tierra previo. Del resto de niveles, aunque afectados, quedaban grandes superficies in situ, que abarcan dos zonas, una estratigráficamente superior, de 6900 m^2, y otra inferior, de 6400 m^2. En estos paquetes sedimentarios se realizaron una serie de catas manuales y unas trincheras mecánicas.

Durante la primera fase de prospección, en la que la evaluación del yacimiento fue positiva, no sólo se hallaron una gran cantidad de restos fósiles generalmente desarticulados y aislados sino también el primer esqueleto parcial de un saurópodo titanosaurio. El hallazgo de este tipo de restos es muy escaso en el contexto europeo. Fruto de estos hallazgos se plantea una segunda fase de excavación que comienza en el mes de agosto, alargándose ésta hasta principios de diciembre de 2007.

Debido a la abundancia de restos encontrados tras el vaciado previo realizado, en esta nueva fase se acotaron dos grandes cuadrículas para extracción manual, de 600 m2 de planta cada una. La primera de éstas se sitúa en el nivel inferior, en torno al primer individuo en conexión encontrado, y se sitúa al oeste del yacimiento, junto al talud. Del mismo modo, se delimita otra zona como la anterior en el nivel superior, pero junto al talud este. Cada cuadrícula estaba dividida en 60 bandas de un metro de ancho y diez de largo, con un "punto cero" con coordenadas UTM para la correcta localización de los restos encontrados. En el resto de las superficies fosilíferas aflorantes se plantea una extracción mecánica.

Desde un primer momento se comenzó a excavar en el área de excavación manual. Sin embargo, las áreas de excavación mecánica tuvieron que plantearse de tal forma que la maquinaria pudiera moverse por el yacimiento sin pasar por zonas en las que los huesos estuvieran en la superficie, lo que complicó en algunos momentos la actividad en las mismas.

Según se desarrollaron los trabajos de excavación se localizaron nuevas zonas con un interés particular, por lo que se diferenciaron pequeñas catas en función de las necesidades de las piezas encontradas, para de esta forma recoger toda la información que fuera posible. A estas áreas se le denomina zonas de extracción combinada y se

encuentran en todas las capas. Muchas de estas catas han sido realizadas con motivo del hallazgo de ejemplares en conexión. Se han diferenciado 41 casos en los que se ha reconocido in situ la presencia de individuos en conexión. El caso más frecuente fue la aparición de restos del esqueleto postcraneal, concretamente de la región axial de saurópodos titanosaurios. Aunque no son los únicos, ya que se han podido identificar también ejemplares de cocodrilos y caparazones y esqueletos parciales de tortugas.

RESULTADO DE LA INVESTIGACIÓN

Los distintos proyectos de investigación desarrollados sobre la biota del yacimiento desde su descubrimiento indican que en el Konzentrat-Lagerstätten de Lo Hueco están representados moluscos (bivalvos y gasterópodos), "peces" actinopterigios y teleósteos, anfibios, tortugas panpleurodiras (botremídidos) y pancryptodiras, escamosos, crocodiliformes alodaposúquidos, ornitópodos rhabdodóntidos, terópodos (neoterópodos basales y dromeosáuridos) y saurópodos titanosaurios.

Entre otros, los elementos más relevantes de Lo Hueco muestran que: a) la palinoflora reconocida indica la presencia de una vegetación tropical costera con componentes típicos de la vegetación de humedales, particularmente por la presencia de Typhaceae, y de un componente arbóreo asociado caracterizado por la presencia de gimnospermas y Fagales; b) la fauna de quelonios representada en Lo Hueco está dominada por distintos botremídidos, aunque existe también una presencia residual de tortugas criptodiras; c) se reconoce una diversa fauna de escamosos, entre la que destaca una nueva forma de Varanoidea; e) la abundancia de restos de eusuquios no Crocodylia ha permitido definir el nuevo clado Allodaposuchidae, propuesto como el grupo hermano de Crocodylia, e identificar dos nuevos géneros del grupo: *Lohuecosuchus* y *Agaresuchus*; f) los restos fósiles de terópodos, de los que hasta el momento se han estudiado los dientes, muestran la presencia de neoterópodos basales cuya relación con los abelisaurios no puede establecerse con robustez, así como de distintos tipos de dromeosáuridos; g) en Lo Hueco se reconoce la presencia de, al menos, dos formas inéditas de saurópodos titanosaurios, contrastando con la escasa diversidad descrita previamente en la península ibérica.

En conclusión, la presencia de formas nuevas, la ampliación del material disponible de taxones escasamente conocidos y la presencia de taxones previamente no registrados en el dominio ibérico, contribuye al conocimiento de aspectos paleobiogeográficos y del estatus filogenético de muchos de los taxones de macrovertebrados del Campaniense-Maastrichtiense europeo.

DIFUSIÓN DE LOS RESULTADOS

La difusión es la parte de la gestión del patrimonio que facilita la relación de éste con el público, con las colecciones en general y con el objeto en particular; y es la que facilita la accesibilidad al uso y disfrute del patrimonio por parte de la sociedad. Además, la difusión actúa como una actividad de transferencia de conocimiento.

Los resultados de los distintos proyectos científicos realizados, junto a la capacidad de atracción de los ejemplares del yacimiento, han propiciado la participación en distintos proyectos de puesta en valor del patrimonio mesozoico de Castilla-La Mancha. En estos proyectos la información sobre el yacimiento de Lo Hueco se tiende a mostrar en sinergia con el potencial que muestra el yacimiento del Cretácico Inferior de Las Hoyas, relativamente cercano y que juntos permiten una aproximación singular y relevante a la interpretación de los ecosistemas con dinosaurios, con un alto potencial de proyección social, cultural y turística.

En este sentido, los fósiles de Lo Hueco han comenzado a formar parte de distintos proyectos de puesta en valor del patrimonio paleontológico de la provincia de Cuenca que pretende divulgar conceptos científicos utilizando el contenido de ambos yacimientos del Cretácico conquense. En estos proyectos el entorno del yacimiento participa aportando conceptos y objetos museográficos, ya sean recreados o los propios fósiles utilizados como herramientas de la comunicación científica.

Los proyectos más relevantes en los que se ha incorporado la colección de Lo Hueco son la Ruta de los Dinosaurios de Cuenca, la exposición temporal Dinosaurios Maravillosos de España y la exposición permanente del recientemente inaugurado Museo Regional de Paleontología de Castilla-La Mancha, en Cuenca.

La Ruta de los Dinosaurios de Cuenca es un proyecto de divulgación del patrimonio paleontológico promovido por la Diputación Provincial de Cuenca, e inaugurado en marzo de 2015. El proyecto está conformado por dos centros expositivos localizados en los municipios de Fuentes y Cañada del Hoyo, dos conjuntos escultóricos compuestos por la recreación de un dinosaurio titanosaurio en Fuentes y un terópodo, *Concavenator corcovatus*, en La Cierva, y por una serie de puntos balizados distribuidos a lo largo de una ruta en los que se pueden observar e interpretar distintos elementos de la geología y la paleontología de su área de influencia. El centro de interpretación de Fuentes tiene como objetivo primordial la difusión de la riqueza paleontológica del yacimiento de Lo Hueco.

Dinosaurios Maravillosos de España es un proyecto de exposición temporal que, durante 2014 y 2015 recibió más de 400.000 visitas en una itinerancia realizada por tres museos de historia natural japoneses (Fukui, Osaka y Fukuoka). Este proyecto pretende promover la presencia internacional del registro de los yacimientos de Las Hoyas y Lo Hueco.

Por ultimo, el actual Museo Regional de Paleontología, en Cuenca, cuenta ya con una exposición permanente en la que se ha iniciado un abordaje de conceptos relacionados con los dos yacimientos citados y cuyo discurso, museografía y desarrollo conceptual se encuentran en una fase preliminar que, en un proyecto a corto plazo, será ajustada para ampliar tanto la eficacia de la transmisión de los conceptos, como la transmisión de la singularidad del registro castellano-manchego y cumplir con los objetivos de atraer, sorprender y divertir al visitante.

De hecho, en una sociedad en la que el turismo cultural gana protagonismo, el marketing turístico cobra una relevancia especial a la hora de promover la divulgación de los nuevos productos culturales, entre los que se hallan los museos y los centros de interpretación, y de desarrollar nuevas marcas relacionadas con ellos.

CONCLUSIONES

En el caso del yacimiento paleontológico de Lo Hueco es palpable la relación creada entre la aplicación de la normativa de protección del patrimonio, la existencia de un registro paleontológico de gran interés y singularidad, el desarrollo de proyectos de investigación, la propuesta y ejecución de procesos de conservación, la divulgación científica y el diseño de estructuras de comunicación y marketing turístico. Esto ha permitido la recuperación patrimonial, su estudio y la difusión de la riqueza paleontológica de la zona, con la consiguiente transformación de un bien patrimonial en un elemento susceptible de explotación cultural. De esta manera, es posible acercar el patrimonio al público en general y, además, comprometer de forma efectiva a los vecinos de los municipios implicados, que ven cómo un recurso cultural también puede ser un recurso económico capaz de facilitar el desarrollo sostenible.

AGRADECIMIENTOS

La excavación de Lo Hueco (2007-2009) fue financiada por la entidad pública Administrador de Infraestructuras Ferroviarias (ADIF). La investigación ha estado financiada por proyectos nacionales CGL2009-10766, CGL2012-35199 y CGL2015-68363-P (MINECO) y de la JCCM: PEII11-0237-7926 y SBPLY/15/180601/000045. Las actividades de divulgación han contado con la colaboración de distintas estructuras de la administración de la JCCM, como el Ayuntamiento de Fuentes, la Diputación Provincial de Cuenca y el Gobierno de Castilla-La Mancha.

REFERENCIAS

Cambra-Moo, O., Barroso-Barcenilla, F., Berreteaga, A., Carenas, B., Coruña, F., Domingo L., Domingo, M.S., Elvira, A., Escaso, F., Ortega, F., Pérez-García, A., Peyrot, D., Sanz, J.L., Segura, M., Sopelana, A. y Torices, A. 2012. Preliminary taphonomic approach to "Lo Hueco" palaeontological site (Upper Cretaceous, Cuenca, Spain). *Geobios*, 45, 157-166.

Ortega F., Bardet N., Barroso-Barcenilla, F., Callapez, P.M., Cambra-Moo, O., Daviero-Gómez, V., Díez-Díaz, V., Elvira, A., Escaso, F., García-Oliva, M., Gómez, B., Houssaye, A., Knoll, F., Marcos-Fernández, F., Martín, M., Narváez, I., Pérez-García, A., Serrano, H., Torices, A., Vidal, D. y Sanz, J.L. 2015. The biota of the Upper Cretaceous site of "Lo Hueco" (Cuenca, Spain). *Journal of Iberian Geology*, 41, 83-99.

Vilas, L., Mas, R., García, A., Alonso, A., Meléndez, N. y Rincón, R. 1982. Ibérica Suroccidental. In A. García (Ed.), *El Cretácico de España*. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 457-508.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

UN ITINERARIO PALEOICNOLÓGICO POR EL PREPIRINEO Y VALLE DEL EBRO DE ARAGÓN

R. Rabal-Garcés[1,2], D. Castanera[3], A. Luzón[4], J.L. Barco[1,5] y J.I. Canudo[1,6]

[1] Aragosaurus–IUCA, Área de Paleontología, Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009, Zaragoza, España. jicanudo@unizar.es
[2] Geopirene S.C., Sancho Ramírez 3, 22700, Jaca (Huesca), España
[3] Bayerische Staatssammlung für Paläontologie und Geologie and GeoBioCenter, Ludwig-Maximilians-Universität, Richard-Wagner-Str. 10, 80333 Munich, Alemania
[4] Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009, Zaragoza, España
[5] Paleoymás S.L., Retama, 17, nave C-24, 50720, Cartuja Baja (Zaragoza), España
[6] Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza. Plaza Basilio Paraíso, 50008 Zaragoza, España

RESUMEN

Se pretende poner en valor la gran riqueza de yacimientos de icnitas de mamíferos y aves del Cenozoico del Prepirineo y del Valle del Ebro de Aragón diseñando un itinerario paleoicnológico que incluya los principales yacimientos. Además de la importancia científica, se quiere destacar el valor de este patrimonio paleontológico como recurso turístico y didáctico. En algunos de estos yacimientos se han llevado a cabo a lo largo de las últimas décadas diversas acciones de conservación y adecuación que permiten el acceso y la visita a los mismos, lo que posibilita su potenciación como recurso socio-económico del territorio.

Palabras clave: Patrimonio paleontológico, icnitas, Cenozoico, Aragón.

ABSTRACT

This work aims to put in value the great wealth of mammal and avian tracksites of the Cenozoic from the Prepyrenees and the Ebro Valley, by designing a paleoichnological itinerary which includes the main sites. In addition to the scientific importance, we want to emphasize the value of this paleontological heritage as a tourist and educational resource. In some of these sites, conservation and adaptation actions have been carried out over the last decades. That allows accessing and visiting these sites, and thus, strengthening them as socio-economic resource of the region.

Key words: Palaeontological heritage, footprints, Cenozoic, Aragón.

INTRODUCCIÓN

Los yacimientos paleontológicos forman parte del Patrimonio Cultural y Natural. Tanto las administraciones públicas como la sociedad en general, tenemos el deber de protegerlo, conservarlo y difundirlo, como bien reflejan las

diferentes legislaciones nacionales y autonómicas. Cada vez más, la Paleontología, y por extensión la paleoicnología, se va consolidando como un importante recurso turístico que puede convertirse en motor socioeconómico de determinados territorios. Ejemplos de ello pueden ser: Dinópolis y La Ruta de las huellas de dinosaurios, en Teruel (Alcalá *et al*., 2006), los yacimientos de icnitas de dinosaurios de La Rioja (Pérez-Lorente, 2015), la Ruta de las icnitas de las Tierras Altas de Soria (Barco *et al*., 2009) o el Museo del Jurásico de Asturias (MUJA) junto con sus yacimientos de icnitas (García-Ramos *et al*., 2003), que reciben multitud de visitantes cada año. Los yacimientos paleoicnológicos son recursos que poseen un gran valor turístico y didáctico ya que son auténticos museos en plena naturaleza, permitiendo contemplar el recurso natural, en este caso, los icnofósiles, en su propio contexto geográfico y geológico. Por este motivo, algunos de los más significativos en las diferentes comunidades autónomas han sido acondicionados siguiendo criterios de conservación, protección y accesibilidad para facilitar su visita, además de dotarlos con paneles informativos que permiten su interpretación. Mampel *et al*. (2009) desarrollan una metodología que permite estimar el valor patrimonial de forma numérica en base a determinados factores, uno de ellos el valor socio-cultural, y valorar así la posibilidad de realización de medidas de conservación y difusión.

En Europa, son abundantes los yacimientos de icnitas de dinosaurios del Mesozoico y muchos de ellos son conocidos popularmente, sin embargo, el Cenozoico carece de esta riqueza paleoicnológica (Lockley y Meyer, 2000). La Era Cenozoica es la época de la gran diversificación y expansión de los mamíferos por todo el mundo, sin embargo, el registro de icnitas es escaso, con solo alrededor de 60 yacimientos conocidos en todo el mundo, en contraste con los miles de yacimientos con fósiles de mamíferos que se conocen (Costeur *et al*., 2009). En Aragón, y en concreto en el Prepirineo y el Valle del Ebro, existe una excelente representación del registro paleoicnológico de mamíferos y de aves del Paleógeno y del Neógeno en localidades como Peralta de la Sal, Abiego, Bailo, Santa Cruz de la Serós y Loarre, en Huesca, y Sierra de Luna, en Zaragoza (Canudo, 2007, Rabal-Garcés y Díaz-Martínez, 2010, Castanera *et al*., 2016a, Castanera *et al*., 2016b).

La región del Prepirineo-Valle del Ebro contiene los recursos necesarios para el diseño de un itinerario paleoicnológico que recoja los principales yacimientos de icnitas del Cenozoico, destacando su valor como recurso turístico y didáctico. El objetivo de este trabajo es proponer, por primera vez, un itinerario que permita visitar los yacimientos paleoicnológicos preparados para ser visitados.

MARCO GEOLÓGICO

El marco geológico del conjunto de yacimientos tratados en el presente trabajo son las unidades cenozoicas que se depositaron durante el levantamiento del orógeno pirenaico. La Cordillera Pirenaica presenta una orientación WNW-ESE y está dividida en una serie de unidades estructurales, incluyendo las dos cuencas de antepaís, que de norte a sur son: Cuenca de Aquitania, Zona Norpirenaica, Zona Axial, Zona Surpirenaica y Cuenca del Ebro. Dentro de la Zona Surpirenaica se localiza la Cuenca de Jaca, una cuenca sinorogénica cuyo relleno tiene una edad Paleoceno-Oligoceno inferior, y están constituidos por materiales marinos, transicionales y continentales (Teixell y García-Sansegundo, 1995). En esta cuenca se localiza el yacimiento de Bailo, en unas facies de transición del Eoceno superior. Los yacimientos de La Playa Fósil, Fondota y Casa de la Tejera se localizan en el borde norte de la zona central de la Cuenca del Ebro, en las proximidades de las Sierras Exteriores, al Oeste, y Marginales, al Este, quedando el yacimiento de Sierra de Luna algo más desplazado hacia el centro de la cuenca. La sedimentación de la Cuenca del Ebro se caracteriza por depósitos generados en sistemas de abanicos aluviales procedentes de las elevaciones montañosas de los márgenes de la cuenca, que pasan a sistemas lacustres en la parte central; estos sedimentos abarcan una edad desde el Paleoceno superior al Mioceno (Muñoz *et al*., 2002; Pardo *et al*., 2004).

ITINERARIO PALEOICNOLÓGICO

El itinerario paleoicnológico propuesto conecta los principales yacimientos de icnitas del Cenozoico de la región Prepirineo-Valle del Ebro de Aragón a través de unos 250 km. El itinerario comprende cuatro puntos paleoicnológicos;

tres corresponden a yacimientos que están adecuados para su visita, con accesos señalizados, medidas de conservación y protección y paneles informativos: la Playa Fósil (Peralta de la Sal, Huesca), Fondota (Abiego, Huesca) y Sierra de Luna (Sierra de Luna, Zaragoza), y un cuarto punto que carece de señalización por el momento, pero que presenta una importancia significativa como para incluirlo en el itinerario: Bailo (Bailo, Huesca). Además, el itinerario añade un punto adicional, el yacimiento Casa de la Tejera (Loarre, Huesca), que no se ha incluido como punto paleoicnológico por su menor importancia desde el punto de vista paleoicnológico y tener un acceso un poco complicado, pero que queda englobado dentro del itinerario.

Punto paleoicnológico 1: La Playa Fósil

El yacimiento de la Playa Fósil se localiza en el municipio de Peralta de Calasanz, muy cercano a la localidad de Peralta de la Sal. Para acceder al yacimiento desde la carretera A-2215 se debe tomar un camino localizado a unos 400 m al NO del pueblo en dirección Norte y tras recorrer unos 200 m se accede al afloramiento rocoso. El yacimiento está rodeado completamente por un vallado para evitar su deterioro y dispone de una pequeña mesa de interpretación con información sobre el mismo.

Se trata de un yacimiento excepcional ya que conserva multitud de icnitas de ave, algunas de ellas formando largos rastros, y con una conservación excelente. Este yacimiento se dio a conocer en 1929, siendo la primera cita de icnitas del Terciario de España (Hernández-Pacheco, 1929). El autor reconoció dos tipos distintos de huellas de ave. El yacimiento se encuentra en el techo de un nivel de arenisca con disposición vertical que presenta además diversas estructuras sedimentarias de corriente como *ripples* o *crescents*. Estos materiales pertenecen a la Formación Peralta (Senz y Zamorano, 1992), la cual se ha interpretado como depositada en un abanico aluvial de escaso desarrollo longitudinal y alta pendiente que pasaba lateralmente a la parte marginal de un lago salino donde precipitaron evaporitas; su edad es Oligoceno Inferior según estos autores. El yacimiento se localiza en niveles que representan las zonas distales del abanico. Los estudios que se están realizando actualmente (Castanera *et al*., 2016b) parecen indicar que el conjunto de icnitas pudieron ser producidas por un mismo tipo de ave y no a dos tipos diferentes. La diferencia entre los dos tipos de rastros se debería al hecho de que las aves caminaban por un substrato con consistencia variable debido al diferente grado de saturación del sedimento según las zonas. Se trata de huellas tridáctilas, definidas por un pie en el cual tres dedos apuntan hacia delante. Por el ambiente de depósito y el tipo de huella, el ave que las produjo estaría muy ligada a ambientes acuosos, como ríos o lagos, como en la actualidad lo están el grupo de las aves limícolas. Además, el yacimiento muestra una interesante muestra de trazas de invertebrados, que unido a las icnitas de ave y las estructuras sedimentarias presentes lo convierte en un sitio excepcional de cara a explicar geología en relación con medios continentales.

Punto paleoicnológico 2: Fondota

El yacimiento de Fondota se localiza cerca del casco urbano de Abiego. Para acceder al mismo se debe tomar la carretera A-1227 partiendo desde Abiego hacia el Norte y casi sin salir del pueblo tomar un desvío a mano derecha (hacia el Este) señalizado por un cartel de "Huellas fósiles". Desde el desvío al yacimiento hay poco más de 400 m. El yacimiento está equipado con tres mesas de interpretación y está adecuado para su visita, además de contar con medidas de protección para garantizar su mejor conservación.

El yacimiento se encuentra en un estrato de calizas inclinado hacia el Suroeste que aflora a lo largo de más de 100 m y que contiene gran cantidad de icnitas de animales cuadrúpedos formando múltiples rastros. Los estudios en marcha (Castanera *et al*., 2016b) han podido confirmar la existencia de tres tipos de icnitas (Canudo *et al*., 2007), producidas todas ellas por mamíferos artiodáctilos (grupo que incluye animales como camellos, cerdos, hipopótamos, vacas, ciervos, jirafas o cabras, entre otros) de distintos tamaños. Se encuentra situado estratigráficamente en la base de la Formación Peraltilla (Crusafont *et al*., 1966), en una unidad carbonatada lacustre, que se conoce como Calizas de Peraltilla. La edad de este conjunto calcáreo se ha considerado tradicionalmente como Eoceno superior/Oligoceno inferior en base al contenido en carófitas (Reille 1967, 1971), aunque estudios más recientes sugieren que una edad Oligoceno inferior en base al contenido en micromamíferos (Álvarez Sierra *et al*., 1990).Se depositó en un sistema lacustre carbonatado somero localizado en las partes distales de abanicos aluviales procedentes del norte (Luzón *et al*., 2005) y el nivel en el que se encuentra el yacimiento se correspondería con la zona marginal de este lago.

Punto paleoicnológico 3: Sierra de Luna

El yacimiento de Sierra de Luna se localiza en el municipio de Sierra de Luna. Para acceder al mismo se debe tomar una pista que sale de la localidad del mismo nombre hacia el Este y recorrer 3,5 km siguiendo las indicaciones de los carteles que llevan al yacimiento. Se pueden observar dos afloramientos con icnitas. El yacimiento presenta medidas de protección, un acceso acondicionado y dos mesas de interpretación.

El yacimiento se encuentra en un nivel horizontal de calizas de edad Mioceno inferior, pertenecientes a la Formación Alcubierre (Quirantes, 1978) que fueron depositadas en las partes marginales de un sistema lacustre lateral al gran sistema fluvial de Luna, de procedencia norte (Arenas y Pardo, 1999). La superficie del estrato contiene gran cantidad de icnitas que se disponen en diversos rastros y que preliminarmente se han diferenciado en dos morfotipos. Parecen corresponder a mamíferos cuadrúpedos del grupo de los artiodáctilos o perisodáctilos.

Punto paleoicnológico 4: Bailo

En la localidad de Bailo se han encontrado una gran variedad de icnitas en el empedrado de las calles del pueblo. A pesar de hallarse descontextualizadas de su localización original, las losas provienen de la cantera de Arrés (una población cercana), en done se han hallado *in situ* varias icnitas similares en uno de los estratos. Estos niveles pertenecen una unidad siliciclástica conocida como Arenisca de Yeste-Arrés cuya edad es Eoceno superior y que se interpreta como una unidad marina transicional, cuyas facies pueden atribuirse a medios someros de *lagoon* o bahía (Montes Santiago, 2009). Se han identificado cuatro tipos de huellas diferentes correspondientes a cuatro tipos de mamíferos: dos artiodáctilos, un perisodáctilo y un félido. Con esta asociación, las icnitas de Bailo suponen uno de los lugares descritos con mayor diversidad de icnitas del Eoceno a nivel mundial (Castanera *et al*., 2016b). Aunque todavía no dispone de ninguna señalización que facilite su visita, el fácil acceso que presenta y la gran riqueza fosilífera del lugar sugiere que en futuros años pueda llevarse a cabo alguna actuación de puesta en valor de este hallazgo paleontológico.

CONCLUSIONES

La región del Prepirineo-Valle del Ebro en Aragón reúne una importante riqueza a nivel paleoicnológico en cuanto a yacimientos de mamíferos y aves del Cenozoico, siendo estos relativamente escasos a nivel mundial. Se ha realizado un itinerario que incluye los yacimientos más importantes: la Playa Fósil, Fondota, Sierra de Luna y Bailo. Estos yacimientos presentan una buena ubicación que los hace fácilmente accesibles, además de englobar en conjunto una gran diversidad de huellas fósiles y características litológicas y sedimentológicas distintas. Su potenciación como recurso turístico y didáctico puede ser de especial interés para los diferentes territorios en los que se localizan los yacimientos, convirtiendo a este patrimonio paleontológico en un valioso recurso socio-económico.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la concesión de una ayuda a la investigación otorgada por el Instituto de Estudios Altoaragoneses (IEA) y otra ayuda del Centro de Estudios del Somontano de Barbastro, ambas de la convocatoria 2015, para el estudio de los yacimientos objeto de este trabajo. Al Gobierno de Aragón, ("Grupos Consolidados" and "Dirección General de Patrimonio Cultural"). Diego Castanera es beneficiario de una beca de investigación de la Fundación Humboldt (Humboldt Research Fellowship for Postdoctoral Researchers).

REFERENCIAS

Alcalá, L., González, A. y Aberasturi, A. 2006. Teruel, un laboratorio paleontológico. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14(3), 213-221.

Álvarez Sierra, M., Daams, R., Lacomba, J.I., López Martínez, N., Van der Meulen, A.J., Sesé, C., y Visser, J.D. 1990. Palaeontology and biostratigraphy (micromammals) of the continental Oligocene-Miocene deposits of the North-Central Ebro Basin (Huesca, Spain). *Scripta Geologica*, 94, 1-75.

Barco, J.L., Rasal, S., y Gómez, O.M.L. 2009. El aula paleontológica de Villar del Río y la Ruta de las Icnitas de Tierras Altas (Soria). *Naturaleza aragonesa: revista de la Sociedad de Amigos del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, 22, 85-91.

Canudo, J.I., Barco, J.L., Cuenca-Bescós, G. y Rubio, J. 2007. *Icnitas de Abiego*. Prames, Zaragoza, 24 pp.

Castanera, D., Luzón, A., Rabal-Garcés, R., Revuelto, J., Díaz-Martínez, I. y Canudo, J.I. 2016b. Mammal and avian tracksites from the lower Oligocene in the North of Ebro Basin (Aragón, Spain). *Ichnia 2016: abstract book. UNESCO Geopark Naturtejo/International Ichnological Association,* Castelo Branco, 164-165.

Castanera, D., Rabal-Garcés, R., Silva, R., Canudo, J.I. y Díaz-Martínez, I. 2016a. Mammal tracks from the Eocene of the Jaca Basin (Spain). *1st International Meeting of Early-stage Researchers in Palaeontology XIV EJIP,* Alpuente, 90.

Costeur, L, Blame, C. y Legal, F. 2009. Early Oligocene Mammal Tracks from Southeastern France. *Ichnos*, 16, 257-267.

Crusafont, M., Riba, O. y Villena, J. 1966. Nota preliminar sobre un nuevo yacimiento de vertebrados Aquitanienses en Sta. Ciclia (Río Formiga, prov. Huesca) y sus consecuencias geológicas. *Notas y comunicaciones del IGME*, 83, 7-14.

García-Ramos, J.C., Lires, J., y Piñuela, L. 2003. *Dinosaurios: rutas por el Jurásico de Asturias*. La Voz de Asturias, Lugones, 204 pp.

Hernández-Pacheco, F. 1929. Pistas de aves fósiles en el Oligoceno de Peralta de la Sal (Lérida). *Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, XV, 379-382.

Lockley, M.G., y Meyer, C. 2000. *Dinosaur tracks and other fossil footprints of Europe.* Columbia University Press, New York, 323 pp.

Luzón, A. 2005. Oligocene-Miocene continental sedimentation in the northern Ebro Basin, NE Spain: Tectonic control and palaeogeographical evolution. *Sedimentary Geology*, 177, 19-39.

Mampel, L., Cobos, A., Alcalá, L., Luque, L. y Royo-Torres, R. 2009. An Integrated System of Heritage Management Applied to Dinosaur Sites in Teruel (Aragón, Spain). *Geoheritage*, 1, 53-73.

McDonald, H.G., White, R.S., Lockley, M.G. y Mustoe, G.E. 2007. An indexed bibliography of Cenozoic vertebrate tracks. *Cenozoic vertebrate tracks and traces*, 42, 275-302.

Muñoz, A., Arenas, C., González, A., Luzón, A., Pérez, A., Villena, J. y Pardo, G. 2002. Ebro Basin (Northeastern Spain). En: Moreno, T. y Gibbons, W. (eds.), *Geology of Spain*. Geological Society of London, London, 301-309.

Pardo, G., Arenas, C., González, A., Luzón, A., Muñoz, A., Pérez, A., Pérez-Rivarés, J., Vázquez, M. y Villena, J. 2004. Cuencas Cenozoicas: La Cuenca del Ebro. En: Vera, J.A. (ed.), *Geología de España*. SGE-IGME, Madrid, 533-543.

Pérez-Lorente, F. 2015. *Dinosaur Footprints and Trackways of La Rioja*. Indiana University Press, Bloomington, 376 pp.

Quirantes, J. 1978. *Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros*. Institución Fernando el Católico (CSIC), Zaragoza, 27, 207 pp.

Rabal-Garcés, R. y Díaz-Martínez, I. (2010). Primeras icnitas de mamífero carnívoro en el Paleógeno de Aragón (España). En: Moreno-Azanza, M., Díaz-Martínez, I., Gasca, J.M., Melero-Rubio, M., Rabal-Garcés, R. y Sauqué, V. (coords). VIII Encuentro de Jóvenes Investigadores en Paleontología, volumen de actas, *Cidaris*, 30, 259-264.

Reille, J.L. 1967. Subdivisions stratigraphiques et phases de plissement dans le Paléogène continental sudpyrénéen (Région de Barbastro, prov. de Huesca). *Comptes Rendus de l'Académie de Sciences (Paris)*, 265, 852854.

Reille, J.L., 1971. *Les relations entre tectogénese et sédimentation sur le versant Sud des Pyrénées centrales, d'après l'étude des formations tertiaires essentiellement continentales.* Tesis doctoral sin publicar, Université de Montpellier, Montpellier.

Senz, J.G. y Zamorano, M. 1992. Evolución tectónica y sedimentaria durante el Priaboniense superior-Mioceno inferior, en el frente de cabalgamiento de las Sierras Marginales occidentales. *Acta geológica hispánica, 27*(1-2), 195-209.

Teixell, A. y García-Sansegundo, J. 1995. Estructura del sector central de la Cuenca de Jaca (Pirineos meridionales). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 8(3), 215-228.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

PASADO Y PRESENTE DE LAS COLECCIONES HISTÓRICAS DE MACRORRESTOS VEGETALES DE LA CUENCA DE LA CERDAÑA (LÉRIDA, ESPAÑA)

A. Rodrigo y E. Barrón

Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid (España).
a.rodrigo@igme.es, e.barron@igme.es

RESUMEN

Los primeros estudios sobre la macroflora del Mioceno Superior de la cuenca de La Cerdaña (Pirineos orientales, España) fueron realizados durante las últimas décadas del siglo XIX por el paleontólogo francés Louis Rérolle. Su colección actualmente está desaparecida. Hoy en día, la colección más antigua de La Cerdaña se encuentra custodiada en el Museo Geominero (IGME). En 1983, el investigador Josep Fernández de Villalta donó al Museo de Geología de Barcelona una colección de flora recogida junto con Miquel Crusafont en los años cuarenta, que fue el germen de la colección del Museo Geominero.

Palabras clave: Macroflora, colecciones paleontológicas, historia, La Cerdaña, España.

ABSTRACT

The first studies of the Upper Miocene macroflora from La Cerdaña Basin (Eastern Pyrenees, Spain) were carried out at the last decades of the Eighteen century by the French palaeontologists Louis Rérolle. His collections are now lost. Nowadays, the oldest collections from La Cerdaña are housed in the Museo Geominero at the IGME. In 1983, the researcher Josep Fernández de Villalta deposited in the Museum of Geology of Barcelona a collection of flora collected by Miquel Crusafont and himself during the forties which is the source of the Museo Geominero collection.

Key words: Macroflora, palaeontological collections, history, La Cerdaña, Spain.

INTRODUCCIÓN

La comarca de La Cerdaña es una región conocida desde finales del siglo XIX por el contenido fosilífero de sus sedimentos de edad Mioceno Superior. Se encuentra en los Pirineos Orientales y políticamente su zona nororiental pertenece a Francia (la Alta Cerdaña) que se la anexionó tras la Guerra de los Segadores (1640-1659) contra Felipe IV. La parte sur occidental, la más extensa, forma parte de España y se reparte entre las provincias catalanas de Lérida y Gerona.

Los fósiles que se estudian en este trabajo se han encontrado a lo largo de casi 140 años,principalmente en los terrenos hoy pertenecientes a laprovincia de Lérida. Concretamente aparecen en un conjunto de afloramientos que están en las inmediaciones de la localidad de Bellver de Cerdanya y se incluyen en la Geozona 135 "Miocè del Camp

d'EnMixela" (Direcció General del Medi Natural, Departament de MediAmbient i Habitatge, Generalitat de Catalunya). Se trata fundamentalmente de restos de plantas vasculares (hojas de gimnospermas y angiospermas, frutos y semillas aladas, ramas y piñas de coníferas, fragmentos de criptógamas), aunque estos afloramientos presentan conservadas interesantes tafocenosis que incluyen otros elementos fósiles (Barrón *et al*., 1999).

Durante el Mioceno se formó en la zona un sistema lacustre a consecuencia de un conjunto de factores de tipo tectónico (Mauffret *et al*., 2001). Desde un punto de vista estratigráfico los afloramientos estudiados pertenecen a la Unidad Neógena Inferior de la cubeta de Bellver (sensu Roca, 2002) que tiene una edad Vallesiense (11,1-8,7 Ma). Por lo general, los fósiles estudiados aparecen en diatomitas.

Las condiciones climáticas que existieron en esta región fueron montanas y templado-cálidas con un índice de precipitaciones elevado (Barrón *et al*., 2010), que permitieron el desarrollo de bosques mixtos de tipo mesofítico con árboles caducifolios, coníferas y algunos elementos angiospérmicos de tipo perennifolio notófilo y esclerófilo (Barrón *et al*., 2014).

Los materiales de la región de La Cerdaña se comenzaron a prospectar a mediados del siglo XIX, ya que interesaba la explotación de los lignitos que afloraban en la zona. Así, fue Lyell (1834) quien señaló por primera vez la antigua presencia de un lago en la región. Posteriormente, Leymerie (1869) levantó en los depósitos lacustres dos secciones estratigráficas, que supuso pliocenas, mencionando en ambas la existencia de restos vegetales que no llegó a describir.

El primer trabajo que citó vegetales cenozoicos en España fue el realizado por Areitio y Larrinaga en 1874. Este autor enumeró doce taxones procedentes de afloramientos de Murcia y Valencia que hoy, seguramente, se encuentran desaparecidos. El primer trabajo con descripciones taxonómicas y figuraciones que se realizó sobre una flora del Terciario español, fue el del paleontólogo francés Louis Rérolle (1884a, 1884b, 1885): Études *sur les végétaux fossiles de Cerdagne*, que se publicó en la *Revue des SciencesNaturelles de Montpellier.* Además del estudio paleobotánico, este autor indicó por primera vez una edad miocena superior, aunque erróneamente Messiniense, para los sedimentos lacustres de la zona, por comparación con fósiles vegetales italianos.

Desde el momento de la publicación del citado trabajo hasta la actualidad, se ha profundizado mucho en el conocimiento de esta paleoflora, así como en la geología de la región, la edad de sus materiales y los paleoambientes que caracterizaron la zona. Sin embargo, no se ha realizado ni un solo trabajo acerca de la historia de las colecciones de fósiles ceretanos ni de su devenir.

En este trabajo se pretende poner de manifiesto la crónica de las colecciones paleobotánicas más antiguas de la cuenca de La Cerdaña que en la actualidad se custodian en museos españoles, así como su importancia para el desarrollo de la geología en la primera mitad del siglo XX.

PRIMEROS TRABAJOS PALEOBOTÁNICOS

Como ya se ha indicado anteriormente Louis Rérolle(1849-1928) fue quien llevó a cabo el primer trabajo sobre la flora fósil vallesiense de La Cerdaña. Este naturalista residía en Lyon en los primeros años de la década de 1880, donde se encontraba finalizando una tesis doctoral sobre la geología de la cuenca, que tenía que ser defendida en la Facultad en otoño de 1883 (carta dirigida por L. Rérolle a G. de Saporta el 8 de abril de 1883. Referencia: rerolle_louis_005. Archivo de Gaston de Saporta, Parc du MoulinBlanc, Saint-Zacharie). Durante sus visitas a su zona de tesis recogió una importante colección tanto de plantas fósiles como de restos de mamíferos. Su falta de conocimientos paleobotánicos le hizo ponerse en contacto con el marqués Louis Charles Joseph Gastón de Saporta (1823-1895), reconocido científico de la última mitad del siglo XIX, gracias a las recomendaciones del geólogo Albert Falsan (carta dirigida por L. Rérolle a G. de Saporta el 21 de agosto de 1882. Referencia: rerolle_louis_001. Archivo de Gaston de Saporta, Parc du MoulinBlanc, Saint-Zacharie). A partir de este momento, gracias a la ayuda de Saporta que además de aconsejarle le permitió revisar sus colecciones y consultar su biblioteca, llegó a describir 39 especies de plantas fósiles ceretanas, doce y dos variedades de ellas por primera vez.

Sin embargo, las cosas no discurrieron según los intereses de Rérolle. Su tesis doctoral no fue valorada positivamente por lo que no pudo llegar a defenderla. Sus evaluadores adujeron que los estudios geológicos que

presentaba no aportaban nuevos conocimientos, y que la mayor parte de las determinaciones de las plantas fósiles no arrojaban ningún dato interesante. Uno de sus correctores (un profesor de geología cuyo nombre no menciona) incluso se preguntaba si los macrorrestos vegetales que había estudiado no eran realmente de edad Cuaternaria. Así, Rérolle pide ayuda a Saporta para que Antoine-Fortuné Marion (1846-1900), de la Academia de Ciencias de Marsella, le ayudara a presentar su tesisen la Universidad de esa ciudad (carta dirigida por L. Rérolle a G. de Saporta el 20 de febrero de 1884. Referencia: rerolle_louis_007. Archivo de Gaston de Saporta, Parc du MoulinBlanc, Saint-Zacharie). El 1 de marzo de 1884, Rérolle le envía el manuscrito de la tesis.

Un año después, en mayo de 1885, Rérolle anunció a Saporta la publicación de su estudio sobre la flora de La Cerdaña (1884a, 1884b, 1885) en la *Revue des Sciences Naturelles de Montpellier* (carta dirigida por L. Rérolle a G. de Saporta el 1 de mayo de 1885. Referencia: rerolle_louis_009. Archivo de Gaston de Saporta, Parc du MoulinBlanc, Saint-Zacharie), y le indicó que con este estudio no había conseguido los resultados que él esperaba,ya que parece que nunca llegó a defender una tesis sobre La Cerdaña. De todas formas, realizó un trabajo paleobotánico importante y en la actualidad, aunque enmendadas, tienen validez taxonómica las siguientes especies que describió por primera vez para la ciencia: *Abies saportana*, *Acer pyrenaicum*, *Alnus occidentalis*, *Potamogeton orbiculare, Quercus hispanica*, *Tilia vidali* y *Trapa ceretana* (Martín-Closas *et al*., 2006; Barrón *et al*., 2014). Además, a partir de los ejemplares de sus colecciones, Marion (1888) describió la especie *Doliostrobus rerollei*, que realmente debe relacionarse con la especie de cupresácea *Cryptomeria anglica* (Barrón y Diéguez, 2005). Por otra parte, los datos geológicos que Rérolle iba a presentar en su memoria de tesis fueron expuestos en la sesión del 1º de Junio de 1885 en la Sociedad Geológica de Francia y publicados el mismo año (Depéret y Rérolle, 1885) junto con el estudio taxonómico de los restos de mamíferos que obtuvo en sus campañas de campo.

En 1887, Louis Rérolle se convirtió en conservador del Museo de Historia Natural de la ciudad de Grenoble, y aunque es posible que volviera a La Cerdaña a recoger más fósiles vegetales (carta dirigida por L. Rérolle a G. de Saporta el 23 de febrero de 1888. Referencia: rerolle_louis_011. Archivo de Gaston de Saporta, Parc du MoulinBlanc, Saint-Zacharie), sus colecciones se pierden. Quizás pasaron a formar parte de las colecciones de Saporta que se conservan en los museos de Historia Natural de París y de Aix-en Provence, pero no existen datos al respecto. Tampoco se puede descartar que los ejemplares se extraviaran durante la invasión alemana de Francia en los años cuarenta del siglo pasado.

COLECCIONES ESPAÑOLAS

Rérolle (1884a, 1884b, 1885) nunca mencionó la ubicación de los afloramientos ceretanos en donde obtuvo los macrorrestos vegetales analizados en su trabajo. Estos yacimientos fueron localizados en la década de los cuarenta del siglo pasado por Miquel Crusafont i Pairó (1910-1983) y Josep Fernández de Villalta i Comella (1913-2003). El primero se había licenciado en Farmacia y el segundo en Ciencias Naturales, ambos en la Universidad de Barcelona, pero eran paleontólogos de vocación y se profesaron una fuerte amistad que les llevó a realizar juntos campañas de campo. Así, recorrieron La Cerdaña y recolectaron una gran cantidad de fósiles vegetales elevando a ochenta y una las especies descritas y citadas (Villalta y Crusafont, 1945). El origen de su colección se encuentra en los materiales del afloramiento de Coll de Saig, ubicado en la carretera de Bellver de Cerdanya a Prats. El descubrimiento de este fue comunicado a Villalta y Crusafont por Josep Closes i Miralles, miembro de la Institució Catalana d'Història Natural. Los ejemplares recogidos fueron utilizados en la memoria explicativa de la hoja de Bellver realizada por Solé Sabarís y Llopis Lladó (1947).

Una parte de la colección obtenida por Crusafont y Villalta fue enviada al Instituto Geológico y Minero de España (IGME), parece que a principios de 1944 [carta dirigida por M. Crusafont a Agustín Marín y Beltrán de Lis (Director del IGME durante los años 1940-1947) el 5 de diciembre de 1943. Referencia: AMC O45a/CProf/4342. Archivo de M. Crusafont, Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont, Sabadell]. Tal vez, el sentido de mandar un conjunto de fósiles a Madrid fuera que el IGME tuviera una representación en sus fondos de los materiales utilizados en la confección de la hoja de Bellver.

En la actualidad, el Museo Geominero, dependiente del IGME, custodia 162 especímenes que están integrados en la colección "Flora e invertebrados fósiles de España". Una parte de ellos estuvo expuesta durante más de cincuenta

años en la vitrina nº 69, junto con fósiles vegetales de la cuenca de Ribesalbes-Alcora. Son de destacar un conjunto de impresiones que mayormente corresponden a las contrapartes de las que figuraron Solé Sabarís y LlopisLladó en 1947. En la actualidad, la colección que conserva el Museo Geominero presenta dos neotipos, uno de coníferas: *Abies saportana* Rérolle emend. Barrón, Postigo-Mijarra & Diéguez (Coniferophyta, Pinaceae; MGM-318M), y el otro de angiospermas dicotiledóneas: *Quercus hispanica* Rérolle emend. Barrón, Postigo-Mijarra & Diéguez (Magnoliophyta, Fagaceae; MGM-1063M).

El grueso de la colección se quedó en Cataluña y posiblemente aumentó de tamaño gracias a nuevas campañas de campo que desarrollaron durante los años cuarenta. Sin embargo, cayó en el olvido al ser almacenada en los años cincuenta en el Laboratorio de Geología de la Universidad Central de Barcelona, como lo atestiguan las etiquetas antiguas que acompañan a muchos de los ejemplares de la colección. Esto fue así porque el Dr. Fernández de Villalta, que trabajó como profesor de investigación del Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), estuvo destinado en la citada institución.

Tras su jubilación, Fdez. de Villalta donó su colección al Museo de Ciencias Naturales de Barcelona en 1983. Esta, según las cláusulas específicas del documento de cesión, presenta un registro propio. La colección de plantas fósiles de La Cerdaña ha sido inventariada y revisada por los Dres. Julio Gómez-Alba, Adelardo Sanz de Siria y Eduardo Barrón, y casi completamente catalogada. Consta de más de 500 ejemplares y hoy en día presenta dos holotipos referidos a hojas con agallas producidas por la acción de artrópodos: *Eriophyes vilarrubiae* Villalta (Acari, Eriophyoidea; MGB V10355) y *Mikiola pontiensis* Villalta (Diptera, Cecidomyiidae; MGB V10354); dos neotipos de angiospermas dicotiledóneas: *Alnus occidentalis* Rérolle emend. Barrón, Postigo-Mijarra & Diéguez (Magnoliophyta, Betulaceae; MGB V9492) y *Acer pyrenaicum* Rérolle emend. Barrón, Postigo-Mijarra & Diéguez (Magnoliophyta, Betulaceae; MGB V9504); y una especie mal identificada de algas Characeae que fue descrita por J. Menéndez Amor (1955) como *Nitella pre-flexilis*, y que realmente debe ser atribuida a la especie de angiosperma acuática *Ceratophyllum schotzburgense* Hantke (MGB V10065) (Martín-Closas *et al.,* 2006).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha podido desarrollar gracias a la amabilidad y apoyo de Isabel Rábano (Museo Geominero – IGME), y a la de los conservadores del Museu de Geologia de Barcelona (NAT), Jaume Gallemí y Vicent Vicedo.

REFERENCIAS

Areitio y Larrinaga, A. 1984. Enumeración de plantas fósiles españolas. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural*, 3, 225-259.

Barrón, E. and Diéguez, C. 2005. Cuticular study of leaf compressions from the Late Miocene (Vallesian) diatomites of Cerdaña Basin (Eastern Pyrenees, Spain). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen,* 237, 61-85.

Barrón, E., Arillo, A. y Diéguez, C. 1999. El Mioceno Superior de la Cuenca de la Cerdaña (Pirineos orientales). *Temas Geológicos-Mineros ITGE*, 26, 63-69.

Barrón, E., Rivas-Carballo, R., Postigo-Mijarra, J.M., Alcalde-Olivares, C., Vieira, M., Castro, L., Pais, J. andValle-Hernández, M. 2010. The Cenozoic vegetation of the Iberian Peninsula: A synthesis. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 162 (3), 382-402.

Barrón, E., Postigo-Mijarra, J.M. and Diéguez, C. 2014. The late Miocene macroflora from the La Cerdanya Basin (Eastern Pyrenees, Spain): towards a synthesis. *Palaeontographica Abteilung B*, 291 (1-6), 85-129.

Déperet, C. et Rérolle, L. 1885. Note sur la géologie et sur les mammifèresfossiles du bassin lacustre Miocènesuperieur de la Cerdagne. *Bulletin de la Société Géologique de France,* 13, 488-506.

Leymerie, M.A. 1869. Rècit d'une exploration géologique de la vallée de la Sègre. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 26 (5), 604-666.

Lyell, C.H. 1834. On a freshwater formation containing lignite in Cerdagne in the Pyrenees. *Geological Society*, 10 (2), 21-22.

Marion, A.-F. 1888. *Doliostrobus sternbergii* nouveu genre de conifers fossils tertiaires. *Annales des Sciences Geologiques*, 20 (3), 1-17.

Martín-Closas, C., Wójcicki, J.J. and Fonollá, L. 2006. Fossil charophytes and hydrophytic angiosperms as indicators of lacustrine trophic change. A case study in the Miocene of Catalonia (Spain). *Cryptogamie, Algologie*, 27 (4), 357-379.

Mauffret, A., de Grossouvre, B.D, Dos Reis, A.T., Gorini, C. and Nercessian, A. 2001. Structural geometry in the eastern Pyrenees and western Gulf of Lion (Western Mediterranean). *Journal of Structural Geology*, 23, 1701-1726.

Menéndez Amor, J. 1955. La depresión ceretana española y sus vegetales fósiles. Característica fitopaleontológica del Neógeno de la Cerdaña española. *Memorias de la Real Academia de Ciencias exactas, físicas y naturales de Madrid, ser. Ciencias Naturales*, 18, 1-344.

Rérolle, M.L. 1884a. Études sur les végétaux fossiles de Cerdagne. *Revue des Sciences Naturelles de Montpellier*, 3ème sér., 4, 167-191.

Rérolle, M.L. 1884b. Études sur les végétaux fossiles de Cerdagne (Suite). *Revue des Sciences Naturelles de Montpellier*, 3ème sér., 4, 252-298.

Rérolle, M.L. 1885. Études sur les végétaux fossiles de Cerdagne (Suite et fin). *Revue des Sciences Naturelles de Montpellier*, 3ème sér., 4, 368-386.

Roca, E. 2002. Estructura, estratigrafía y evolución tectonosedimentaria de las cuencas neógenas de la Cerdanya y Seu d'Urgell (Pirineos orientales). In: J.A. Vera (Ed.), *Geología de España*. SGE-IGME, Madrid, 573-576.

Solé Sabarís, L. y LlopisLladó, N. 1947. *Mapa Geológico de España. Escala 1:50.000. Explicación de la hoja nº 216. Bellver*. IGME, Madrid, 109 pp.

Villalta, J.F. y Crusafont, M. 1945, La flora miocénica de la depresión de Bellver. *Ilerda*, 3, 339-353.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

EL INTERÉS PATRIMONIAL DE LOS YACIMIENTOS DE ÁMBAR CRETÁCICO DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

A. Rodrigo[1], E. Peñalver[1], R. López del Valle[2], E. Barrón[1] y X. Delclòs[3]

[1] Museo Geominero. Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid.
a.rodrigo@igme.es, e.penalver@igme.es, e.barron@igme.es
[2] Museo de Ciencias Naturales de Álava-Arabako Natur Zienzien Museoa,
Siervas de Jesús, 24, 01001 Vitoria-Gasteiz. rlopezdelvalle@araba.eus
[3] Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà and Institut de Recerca de la Biodiversitat (IRBio), Facultat de Geologia,
Universitat de Barcelona, Martí i Franquès s/n, 08028 Barcelona. xdelclos@ub.edu

RESUMEN

Los yacimientos de ámbar de la Península Ibérica son todos del Cretácico Inferior y, en el caso de España, algunos de ellos han proporcionado importantes ejemplares de artrópodos conservados como bioinclusiones. Son localidades con una gran abundancia de taxones fósiles de relevancia filogenética y con evidencias, también abundantes, de interacciones paleoecológicas y de paleocomportamientos. Pese a su elevado interés patrimonial, las acciones encaminadas a su protección y gestión son muy desiguales, y en algunos casos inexistentes fuera de las leyes autonómicas o nacionales genéricas de protección del patrimonio. En este trabajo se muestra el estado de la situación actual y se proponen algunas actuaciones encaminadas a una protección y gestión más efectivas.

Palabras clave: Patrimonio paleontológico, protección legal, ámbar cretácico, España, Portugal.

ABSTRACT

All the amber outcrops of the Iberian Peninsula are Lower Cretaceous in age and, in the case of Spain, some of them have provided important arthropod specimens preserved as bioinclusions. These localities are rich in fossil taxa of phylogenetic relevance and evidence of both paleoecological interactions and paleobehaviours are also abundant. Despite their high heritage interest, the actions conducted to their protection and management are very unequal. In some cases, only the generic laws of national or autonomous scopes protect this heritage. In this paper, the state of the art is presented and some actions aimed at a more effective protection and management are proposed.

Key words: Paleontological heritage, legal protection, Cretaceous amber, Spain, Portugal.

INTRODUCCIÓN

El ámbar, o resina fósil, es conocido por contener pequeños organismos del pasado perfectamente conservados. Los yacimientos de ámbar más conocidos del mundo son los del Báltico y el Caribe, en este último caso los de la

República Dominicana y México, todos ellos del Cenozoico. En las últimas décadas están adquiriendo mucha notoriedad científica los yacimientos de ámbar del Cretácico, aunque algunos de ellos se conocen desde la primera mitad del siglo pasado. La Península Ibérica cuenta con abundantes yacimientos de ámbar del Cretácico Inferior, principalmente en España, y en menor medida en Portugal. Se ha realizado una intensa investigación de los yacimientos españoles desde hace dos décadas ya que se descubrieron abundantes insectos y otros artrópodos perfectamente conservados en el ámbar que contienen. Estos yacimientos, que tienen una edad similar de alrededor de 105 millones de años, han proporcionado numerosos taxones nuevos, muchos de ellos ya descritos, por lo que son localidades tipo. Asimismo, han proporcionado diversos ejemplos de relaciones paleoecológicas o de paleocomportamientos. Muchos de estos casos corresponden a los más antiguos conocidos o, directamente, a las únicas evidencias que se han documentado hasta el momento en el registro fósil. El conocimiento científico que han proporcionado ha sido ampliamente divulgado en los medios de comunicación, tanto nacionales como internacionales.

Pese a la importancia científica y patrimonial de estos yacimientos, las actuaciones encaminadas a su protección son muy desiguales entre ellos y todavía queda un largo camino para que se alcance un nivel de protección mínimamente adecuado. En el presente trabajo se realiza una revisión de la situación patrimonial de cada uno y se establecen unas propuestas básicas de gestión/conservación para el conjunto de los yacimientos españoles.

SITUACIÓN ACTUAL DE LOS YACIMIENTOS

El yacimiento de ámbar de Sant Just se ubica cerca de la población de Utrillas, en la provincia de Teruel. Desde el punto de vista geológico, se localiza en la margen norte de la subcuenca de Aliaga, en la Cuenca del Maestrat. La asociación de polen de angiospermas indica que la edad del yacimiento es de Albiense medio a Albiense superior temprano. Las excavaciones, iniciadas en 2003, pusieron de manifiesto la importancia de esta yacimiento por la singularidad de sus bioinclusiones, la mayoría insectos pertenecientes a taxones desconocidos y/o a grupos muy poco comunes en el registro fósil (Peñalver, 2011). Asimismo, de este yacimiento procede la tela de araña más antigua conocida hasta el momento, que ha permitido demostrar que este tipo complejo de estructura de captura de insectos alados estaba completamente establecido durante la gran diversificación de las angiospermas, que a la sazón coevolucionaban con los insectos polinizadores (Peñalver *et al*., 2006). Por lo que respecta a su importancia patrimonial, pese a la indudable relevancia científica de este yacimiento, a fecha de hoy no se ha emprendido ninguna acción destinada a protegerlo en el marco de la legislación competente. Las excavaciones ilegales y, en consecuencia, el expolio son relativamente fáciles de acometer dado que el yacimiento se emplaza en el talud de una carretera, con lo que su vulnerabilidad es muy alta. En la actualidad el Servicio de Protección de la Naturaleza (SEPRONA) dependiente de la Guardia Civil efectúa labores de vigilancia en este enclave. No obstante, en fechas tan recientes como abril de 2016 se constató un acto de excavación ilegal en el yacimiento.

El yacimiento de ámbar de Arroyo de la Pascueta se sitúa en el término municipal de Rubielos de Mora (Teruel). Se encuentra al fondo de un barranco poco accesible cuyos depósitos se organizan en una serie siliciclástica atribuida al Albiense (Gómez *et al*., 2000). Junto con el yacimiento de Rubielos de Mora, de edad Mioceno Inferior, su contenido paleontológico se musealizó con el nombre de "Región Ambarina" en uno de los satélites de la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel- Dinópolis, dentro del llamado "Territorio Dinópolis". En este espacio se incide en la presencia de ámbar de unos 100 Ma con inclusiones biológicas de insectos que convivieron con los dinosaurios. Existe publicado un análisis patrimonial de Arroyo de la Pascueta (Peñalver y Martínez-Delclòs, 2002).

El cercano yacimiento de La Hoya, en Cortes de Arenoso (provincia de Valencia), es muy similar (Peñalver y Delclòs, 2010). Ha proporcionado abundante ámbar aunque las bioinclusiones son muy escasas, como se constató durante una excavación paleontológica realizada en octubre de 2003. Este yacimiento ha sido históricamente excavado por los pastores del entorno para obtener ámbar y arrojarlo en las hogueras. Su difícil acceso y el declive del pastoreo parece que lo mantienen actualmente libre de excavaciones sin carácter científico.

El yacimiento de ámbar de Rábago/El Soplao está ubicado a unos 80 km al oeste de Santander (Cantabria), a un lado de la carretera que lleva desde la localidad cántabra de Rábago a la Cueva de El Soplao. Geológicamente, se enmarca en la margen norte de la Cuenca Vasco-Cantábrica y los estudios palinológicos han determinado que las

rocas que contienen el ámbar datan del Cretácico Inferior (Albiense) (Najarro *et al*., 2010). Dada la gran cantidad e importancia de las bioinclusiones del ámbar detectadas desde el inicio de las primeras prospecciones y para evitar posibles expolios, se realizaron varias intervenciones. Inicialmente, para garantizar la integridad del bien patrimonial descubierto, se cubrió la parte expuesta del yacimiento con un textil transpirable, al tiempo que se contrató un servicio de vigilancia permanente. Posteriormente, al observarse que el resultado no era del todo satisfactorio el textil fue retirado y se instaló una valla de madera tratada para cumplir con los criterios estéticos que marca la figura patrimonial "Territorio El Soplao", que engloba al yacimiento. Posteriormente se instalaron carteles informando de que se trata de un Yacimiento Paleontológico remitiéndose a la ley 11/1998 de Patrimonio Cultural de Cantabria y prohibiendo el acceso al mismo. Tiempo después, la vigilancia presencial permanente resultó ser demasiado onerosa, por lo que se tomó la decisión de sustituir este servicio por un sistema de vigilancia anti-intrusión, dotado de sensores de movimiento colocados sobre una nueva valla, de malla metálica sobre postes también metálicos, instalada a medio metro en la parte interna de la valla preexistente. Este sistema se completaría con cámaras, sobre postes elevados, estratégicamente colocadas para cubrir todo el afloramiento, que enviarían las imágenes a una central de seguridad. Esta obra se inició a principios del año 2013; sin embargo está paralizada por la autoridad municipal debido a la falta del correspondiente permiso de obra. Del mismo modo, desde 2008 continúa bloqueada la tramitación de la calificación como Bien de Interés Cultural de La Cueva de El Soplao, en el que entre los activos a considerar se incluía el yacimiento de ámbar.

El yacimiento de ámbar de Peñacerrada II está ubicado a unos 30 km al sur de la localidad de Vitoria/Gasteiz, en la ladera norte de la Sierra de Cantabria (Álava) a un lado de la carretera que sube al puerto denominado Ribas de Tereso (Alonso *et al*., 2000). Geológicamente forma parte del Cabalgamiento Frontal Surpirenaico y queda englobado en la margen sur de la Cuenca Vasco-Cantábrica. Los estudios palinológicos han determinado que las rocas que contienen el ámbar datan del Albiense superior (Barrón *et al*., 2015). Dada la gran calidad e importancia de las inclusiones biológicas detectadas desde el inicio de las primeras prospecciones y para evitar posibles expolios, se realizaron varias intervenciones sugeridas desde el Museo de Ciencias Naturales de Álava a la Diputación Foral de Álava. En primer lugar se excavó el yacimiento para lo cual se empleó una retroexcavadora y camiones que trasladaron la roca extraída a una cantera abandonada, donde fue tratada mecánicamente, en medio acuoso, para recuperar el ámbar. Una vez finalizados estos trabajos de excavación, el depósito se cubrió con estériles del mismo afloramiento (arenas y lutitas principalmente). Al constatar que esta protección era insuficiente se procedió al vallado del yacimiento. Con una malla metálica soportada por postes se realizó un cierre perimetral, dejando una amplia puerta que permitiera el paso de maquinaria pesada en futuras excavaciones. Con la instalación de un cartel informando de que se trata de un yacimiento calificado como Bien de Interés Cultural y prohibiendo el acceso al mismo, se completaron las intervenciones dirigidas a la protección física del depósito. Asimismo, la Policía Autónoma Vasca fue advertida de la importancia del enclave para que hiciera visitas periódicas con el fin de prevenir y detectar posibles excavaciones ilegales realizadas por aficionados al coleccionismo de rocas. Una vez constatada la importancia del depósito de ámbar, los servicios jurídicos de los departamentos de Cultura y Urbanismo de la Diputación Foral de Álava iniciaron los trámites legales encaminados a dar la debida protección al mismo, instando al Gobierno Vasco, quien ostenta las competencias en materias patrimoniales, a que llevara a cabo la declaración del yacimiento como Bien Cultural Calificado. Con fecha 30 de marzo de 1998 fue incoado expediente de calificación, con la categoría de Conjunto Monumental, el ámbar y el Yacimiento Paleontológico de Peñacerrada/Urizaharra (Álava). Si bien el cerramiento cubre una extensión de unos trescientos metros cuadrados, la zona legalmente protegida comprende cuatro cuadrículas mineras, en previsión de la aparición de nuevos afloramientos en la formación rocosa.

Asociado a Peñacerrada II y a muy pocos kilómetros de él se localiza el yacimiento de Peñacerrada I (Alonso *et al*., 2000), el cual ha proporcionado incluso un mayor número de inclusiones. Este yacimiento se encuentra en una propiedad privada y quedó completamente cubierto después de un primer muestreo de muchos kilogramos de ámbar para su estudio científico. Su peculiar situación, no obstante, le proporciona una protección efectiva contra el expolio.

Otro yacimiento importante del Albiense es el de El Caleyu (Oviedo) (Arbizu *et al*., 1999), ya que se han podido recuperar interesantes bioinclusiones, como por ejemplo el holotipo de la mosca fósil *Alavesia prietoi*. Este yacimiento se encuentra en un área cerrada entre varias autovías, lo que implica que el acceso es difícil y su posible expolio no pasaría desapercibido. Desde el descubrimiento de las primeras bioinclusiones hace unos 20 años no se ha acometido

una excavación paleontológica sistemática, por lo que actualmente está completamente cubierto por la vegetación haciéndolo todavía menos accesible.

REPERCUSIÓN SOCIAL

Del mismo modo que los dinosaurios ejercen una fascinación especial entre el público general, el ámbar, en parte por la gran repercusión de la película Parque Jurásico y sus secuelas, atrae a un amplio colectivo de personas con intereses y conocimientos diversos: aficionados a la paleontología y a la gemología, amantes de la naturaleza, docentes, biólogos, geólogos, escolares, estudiantes universitarios, etc. Es decir, en torno al conocimiento sobre el ámbar se aglutina un público muy numeroso, especializado o no, cuyo denominador común es la atracción que esta sustancia y su contenido paleobiológico son capaces de ejercer.

Por esta razón, hemos realizado hasta el momento diversas actuaciones que han tenido al ámbar como hilo conductor. Entre ellas podemos destacar el audiovisual *Gea y el ámbar*, ganador del primer premio en Ciencia en Acción 2011, actualmente con más de 500.000 descargas en la web; la exposición itinerante *Insectos en ámbar: atrapados en el tiempo*, en movimiento por museos, centros de ciencia y universidades españolas durante tres años; el ciclo monográfico del IGME de conferencias sobre el ámbar; la reciente remodelación de la vitrina sobre el ámbar integrada en la exposición permanente del Museo Geominero, etc. Asimismo, muchos de los resultados derivados de casi dos décadas de investigación en ámbar (hallazgos de taxones nuevos, reconstrucciones paleobiológicas y paleoecológicas, establecimiento de relaciones filogenéticas, etc.) han tenido un amplio alcance en los medios de difusión, tanto nacionales como internacionales.

PROPUESTAS DE GESTIÓN

La Ley 33/2015, que modifica la Ley 42/2007 del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, reconoce el valor científico, cultural y/o educativo del patrimonio geológico. Asimismo, en su Anexo VIII relativo a la *Geodiversidad del territorio español*, considera como uno de los contextos geológicos de España de relevancia mundial a los *Fósiles e icnofósiles del Mesozoico continental de la Península Ibérica*. A menor escala, los yacimientos de ámbar de Peñacerrada, San Just, Arroyo de la Pascueta y El Caleyu han sido inventariados en 2011 como lugares españoles de interés geológico de relevancia internacional (Geosites).

La legislación española reconoce la importancia científica de los yacimientos paleontológicos del Cretácico peninsular. La necesidad de su conservación lleva aparejada la conveniencia de la definición de figuras de protección que proporcionen un estatus legal a este valioso patrimonio paleontológico, preservándolo ante posibles amenazas. En la actualidad, sólo el yacimiento de ámbar de Peñacerrada II ostenta la categoría de Bien de Interés Cultural, constituyendo el LIG 129 del inventario del País Vasco. Además de esta protección legal, el yacimiento posee otra física en forma de vallas perimetrales que lo hacen inaccesible. Por su parte, el yacimiento de San Just no cuenta con ninguna figura que garantice su protección, a excepción de la labor de vigilancia del SEPRONA, labor que consideramos insuficiente mientras no se establezca un protocolo de actuación que garantice sin fisuras la protección y conservación de este importante yacimiento. En relación al yacimiento de Rábago/El Soplao, si bien en la actualidad está vallado y cuenta con un panel que prohíbe el acceso, desde 2013 están paralizadas las obras de instalación de cámaras sobre postes elevados conectadas a una central de seguridad, lo que sin duda permitiría una vigilancia más exhaustiva del afloramiento.

A la vista de lo expuesto, no cabe duda de que hace necesaria una mayor profundización en los aspectos de protección de estos yacimientos teniendo en cuenta cada una de sus características, peculiaridades y las respectivas directrices en relación a la protección y conservación del patrimonio cultural en las diferentes Comunidades Autónomas a las que pertenecen: Aragón, Asturias, Cantabria, País Vasco y Valencia. Una primera aproximación al problema sería que todos ellos (y no exclusivamente el de Peñacerrada II, el único considerado BIC) estuviesen respaldados por una figura de protección adecuada y eficaz.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución al proyecto *AMBERIA: El ámbar de Iberia. Un excepcional registro de los bosques cretácicos en los albores de los ecosistemas terrestres modernos* (CGL2014-52163).

REFERENCIAS

Alonso, J., Arillo, A., Barrón, E., Corral, J.C., Grimalt, J., López, J.F., López, R., Martínez-Delclòs, X., Ortuño, V., Peñalver, E. & Trincão, P.R. 2000. A new fossil resin with biological inclusions in Lower Cretaceous deposits from Álava (Northern Spain, Basque-Cantabrian Basin). *Journal of Paleontology*, 74 (1), 158-178.

Arbizu, M., Bernárdez, E., Peñalver, E. & Prieto, M.A. 1999. El ámbar de Asturias. *Estudios del Museo de Ciencias Naturales de Álava*, 14 (núm. esp. 2), 245-254.

Barrón, E., Peyrot, D., Rodríguez-López, J.P., Meléndez, N., López Del Valle, R., Najarro, M., Rosales, I. & Comas-Rengifo, M.J. 2015. Palynology of Aptian and upper Albian (Lower Cretaceous) amber-bearing outcrops of the southern margin of the Basque-Cantabrian basin (northern Spain). *Cretaceous Research*, 52, 292-312.

Gobierno Vasco-Departamento de Cultura. 1998. Decreto 230/1998, de 15 de Septiembre por el que califica, como Bien Cultural con la categoría de Conjunto Monumental, el ámbar del Yacimiento Paleontológico I de Peñacerrada/ Urizaharra (Álava). B.O.T.H.A. 120, 8.753-8.759 (21 de octubre de 1998).

Gomez, B., Martín-Closas, C., Barale, G. & Thévenard, F. 2000. A new species of Nehvizdya (Ginkgoales) from the Lower Cretaceous of the Iberian Ranges (Spain). *Review of palaeobotany and Palinology*, 111, 49-70.

Najarro, M., Peñalver, E., Pérez-de la Fuente, R., Ortega-Blanco, J., Menor-Salván, C., Barrón, E., Soriano, C., Rosales, I., López del Valle, R., Velasco, F., Tornos, F., Daviero-Gomez, V., Gomez, B. & Delclòs, X. 2010. Review of the El Soplao amber outcrop, Early Cretaceous of Cantabria, Spain. *Acta Geologica Sinica* (English Edition), 84 (4), 959-976.

Peñalver Mollá, E. 2011. Ámbar cretácico de Sant Just (Teruel): los insectos que convivieron con los dinosaurios. *Isurus*, 4, 24-36.

Peñalver, E. & Delclòs, X. 2010. Spanish amber. In: (Penney Ed.), *Biodiversity of fossils in amber from the major world deposits*. Siri Scientific Press, Manchester, 236-270.

Peñalver, E. & Martínez-Delclòs, X. 2002. Importancia patrimonial de Arroyo de la Pascueta, un yacimiento de ámbar cretácico con insectos fósiles en Rubielos de Mora, 201-208. In: G. Meléndez y E. Peñalver (Coords.), *El Patrimonio Paleontológico de Teruel.* Instituto de Estudios Turolenses, Teruel, 447 pp.

Peñalver, E., Grimaldi, D. & Delclòs, X. 2006. Early Cretaceous Spider Web with Its Prey. *Science*, 312, 1761.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LAS CANTERAS DE LA GARRIGA Y SU ENTORNO (LA VALL DE GALLINERA, ALICANTE, ESPAÑA): PROPUESTA DE USO GEOTURÍSTICO, DIDÁCTICO Y ACCESIBLE

J.R. Sendra Sáez

Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biología Evolutiva, Universitat de València, Apdo. Correos 22085, 46071 Valencia. sendra@uv.es

RESUMEN

En el entorno de unas antiguas canteras de piedra del Mioceno (Serravalliense) de la Vall de Gallinera (Alicante, España) hay restos paleontológicos y estructuras geológicas interesantes. Hay también rutas senderistas junto a caminos con albergues dedicados al turismo ecológico que confieren una potencial excelente accesibilidad para el uso didáctico y divulgación científica de todo este patrimonio paleontológico y geológico. Además es una excelente oportunidad para reforzar el turismo cultural sostenible de esta zona con su rehabilitación y el acondicionamiento de otros puntos accesibles para personas con alguna discapacidad.

Palabras clave: Accesibilidad, didáctica, geoturismo, patrimonio, paleontología.

ABSTRACT

At the vicinity of a Miocene (Serravallian) rock old quarries in the Vall de Gallinera (Alicante, Spain) there are interesting paleontological remains and geological structures. There are also hiking trails that appear alongside roads with lodges dedicated to ecotourism that confer a excellent accessibility potential for educational use and scientific divulgation of all this paleontological and geological heritage. It is also an excellent opportunity to strengthen sustainable cultural tourism in this area with its rehabilitation and conditioning of other accessible points for people with disabilities.

Key words: Accesibility, geotourism, heritage, paleontology, teaching.

INTRODUCCIÓN

La Vall de Gallinera es un municipio que consta de varios núcleos poblacionales de la Comarca de la Marina Alta que está al noreste de la provincia de Alicante limítrofe con la de Valencia. Se sitúa en el Prebélico (Zonas Externas) y ocupa la parte central del valle homónimo del río - rambla Gallinera orientados de suroeste a noreste, conectando geológicamente la Cuenca neógena de Alcoy con una apertura hacia el Mediterráneo (Pierson d'Autrey, 1987; Sanz de Galdeano y Vera, 1991). El valle está flanqueado con materiales finicretácicos al norte por las sierras de la Albureca y del Almirante, y por el sur por los de la sierra de la Foradada, que forma un imponente cabalgamiento sobre los materiales neógenos del valle (Almela *et al*., 1975) siendo este cabalgamiento responsable de muchas de sus características físicas, geográficas y visuales. La carretera CV-700 conecta este municipio con Pego hacia el este y Alcoy hacia el oeste.

Este territorio alejado de la zona costera y de economía tradicionalmente basada en la actividad agrícola consta de numerosos puntos de alto valor histórico y natural. La promoción del uso sostenible de estos recursos ha repercutido en la restauración y protección de sitios de interés arqueológico (Fairen, 2007) especialmente para prevenir expolios como el de unas famosas pinturas rupestres en el año 1993. Asimismo se han realizado estudios y trazados de itinerarios senderistas y ecoturísticos de diversa índole por lugares de alto valor paisajístico, arquitectónico y medioambiental (De Villota, 1994; Morera y Ortolá, 2011). Estos lugares de alto valor mencionados están muchos de ellos condicionados por el cabalgamiento de la sierra de la Foradada, la karstificación de las calizas cretácicas y las diferentes surgencias de fuentes que circulan entre las calizas, areniscas, conglomerados y margas de facies Tap del neógeno en la umbría del cabalgamiento.

Con respecto a la geología y paleontología como valor patrimonial de uso renovable en el municipio, podemos añadir su potencial como patrimonio natural por sus valores geológicos y paleontológicos a nivel didáctico y turístico. De acuerdo con estudios anteriores (Hernández y Castillo, 2015) también es factible incluir puntos de interés accesibles a personas con un grado alto de discapacidad que no puedan hacer un recorrido senderista al uso por tramos dificultosos o escalonados e incluir dentro de estos puntos miradores de panorámicas generales y otros instrumentos de interpretación del medio para discapacitados visuales y de otro tipo, además de situar dentro de algunos trazados senderistas puntos de apoyo explicativos (paneles y otros).

PROYECCIÓN DIDÁCTICA Y GEOTURÍSTICA DE LA GARRIGA

Las discusiones académicas sobre el significado, conservación y uso del patrimonio paleontológico español según lo entendemos hoy, se remonta al menos a las reflexiones del Dr. Aguirre (1973) sobre la necesidad de implementar los yacimientos y colecciones paleontológicas *"con su valor estético, cultural y aún turístico y de recreo"*. Pero es a partir de la aprobación de la Ley de Patrimonio Histórico Español de 1985 cuando se multiplicaron las reuniones, grupos de trabajo y publicaciones que abarcan el estudio del patrimonio paleontológico y geológico, así como sus múltiples posibilidades de interactuar con la sociedad aportando valores científicos, socioculturales y socioeconómicos más allá del mero inventario (Durán Valsero *et al*., 1998; Morales, et al., 1999).

Aunque indiscutiblemente hay localizaciones paleontológicas que por su excepcionalidad tienen un impacto científico muy elevado, otras localizaciones más modestas también pueden tener una fuerte repercusión a nivel local y/o regional, e incluso ofrecer contenidos paleontológicos, didácticos y turísticos de interés (Díaz-Martínez y Fernández-Martínez, 2015; Fernández-Martínez y Díaz-Martínez, 2015). Las canteras que nos ocupan fueron explotadas comercialmente desde 1963 hasta 1997, de donde se extrajeron miles de toneladas de lajas de estratos de diferentes potencias. Anteriormente este tipo de roca se utilizó para la construcción de muros de huertos de piedra seca y viviendas tradicionales. Actualmente el suelo es de propiedad municipal. Estas canteras hoy abandonadas y su entorno pueden ser rehabilitados de manera similar a otras conocidas (Mateos *et al*., 2010) para realzar el patrimonio natural de la zona. En este sentido se puede aplicar el viejo proverbio valenciano que dice que *"toda piedra hace pared"*.

La serie estratigráfica serravalliense visible en el tramo considerado se instala erosivamente sobre materiales finicretácicos del sur la sierra de la Albureca. En el muro aparecen desde conglomerados de cantos gruesos de calizas dolomitizadas al oeste y norte de Alpatró hasta paleosuelos sellados con materiales detríticos de conglomerados medios y finos al norte de La Garriga. Estos sedimentos se originaron en una plataforma carbonatada somera y fueron transportados a mayor batimetría por periódicas corrientes turbidíticas (Pierson d'Autrey, 1987) que formaron estructuras sedimentarias en el sentido del drenaje de la cuenca hacia el sur y este. Paleontológicamente se pueden observar distintos niveles con bioturbaciones horizontales en las etapas de baja tasa de sedimentación, materiales de invertebrados marinos en general muy fragmentados y presencia de vertebrados marinos (peces) con diferentes rasgos tafonómicos que permiten diferenciar algunos elementos cuanto menos resedimentados de otros probablemente reelaborados. Las estructuras sedimentarias son interpretables desde la didáctica para hacer comprensible la formación de este territorio con sus diferentes características. Todo este conjunto está atravesado por la ruta senderista PR-CV 167, con un tramo de unos 2,5 Km.

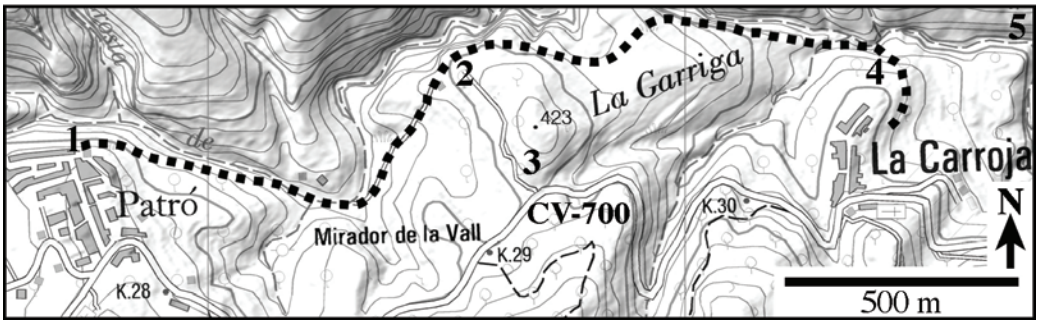


Figura 1. Trazado geoturístico senderista PR-CV 167 con los puntos clave más accesibles. Mapa base nº 821-2, 1:25.000 © Instituto Geográfico Nacional. Descripciones en el texto.

La ruta geoturística

La salida senderista por la ruta PR-CV 167 en Alpatró (Fig. 1, p. 1) es un punto accesible al estar asentado su trazado urbano sobre los niveles serravallienses y que son observables en las calles que dan al barranco del Runder, afluente occidental del rio - rambla Gallinera. Su sección es visible al otro lado del cauce hacia el oeste y hacia el norte. Sobre esta serie miocénica al oeste de Alpatró existe el yacimiento arqueológico neolítico de La Pará (Molina Hernández, 2012). En los cimientos del Museo Etnológico se ven niveles con estratificación casi laminar y otros cruzados a media escala con superficies erosivas. Hacia el norte se observa el contacto erosivo del muro de la serie estratigráfica que nos ocupa. Bajando por el sendero hacia el fondo del cauce se van observando repeticiones de los eventos turbidíticos y avanzamos aproximadamente perpendiculares a su buzamiento. Al norte son observables cortes de algunas canteras abandonadas menos accesibles. En los dos primeros metros sobre el muro aquí aparece una densa bioturbación y estratificación laminar centimétrica. Al llegar al fondo del cauce se puede observar gran cantidad de material bioclástico en los niveles conglomeráticos y material silíceo resaltado por la disolución de las calizas (especialmente jacinto de compostela). Tras pasar unas viejas construcciones entramos en una zona explotada industrialmente al norte que deja ver diferentes secciones orientadas en varias direcciones de los estratos, así como superficies con ripples ondulados y bioturbaciones horizontales (Fig. 2, B y B'). Antes de dejar el cauce y subir por la senda hacia La Garriga podemos observar el contacto erosivo en medio del cauce y en las dos riberas. Subiendo por el trazado senderista están las canteras superiores (Fig. 1, p. 2) en una zona adyacente al denominado *espacio forestal de La Garriga* (Fig. 2, A) que es un complejo lúdico – recreativo con refugios (albergues) de la Diputación de Alicante con entrada desde la CV-700 por un camino accesible a personas discapacitadas y que fue construido en su día para el ecoturismo. La explotación industrial produjo al mismo tiempo la pérdida de algunos niveles y la exposición de otros. Así aparecen en su superficie megaripples de avenidas orientados en el sentido de las corrientes turbidíticas (Fig. 2, C). Se pueden observar restos de equinodermos, malacofauna, dientes de peces (Fig. 2, E) y una gran cantidad de trazas de jacinto de Compostela. En las secciones expuestas aquí y al otro lado del recinto ecoturístico se observa estratificación cruzada en artesa, superficies erosionadas onduladas y la presencia de posibles tool marks.

A continuación y antes de seguir hacia La Carroja, podemos observar que hacia el techo de la serie turbidítica aparecen niveles de corrientes unidireccionales con sentido hacia el este formando juegos de estratos cruzados tabulares – planares acuñados en su base de más de un metro de potencia (Fig. 2, D). Los estratos cruzados que los forman son centimétricos, de material de tamaño arenoso y tienen presencia de materiales limosos/margosos entre capas, especialmente en su base o muro. Si seguimos hacia el sur estos niveles por el camino de acceso de La Garriga, pasamos abruptamente de estos últimos niveles areniscosos a las margas blancas de facies Tap (Figs. 1, p. 3 y 2, A) a causa de un brusco descenso de aporte de los sedimentos al medio marino profundo (Pierson d'Autrey, 1987) atribuible a un cese temporal de la inestabilidad tectónica. El relleno sedimentario margoso que va colmatando la cuenca intercalándose distalmente con detritos arenosos, aumenta de potencia rápidamente al cesar éste aporte detrítico. Todos estos niveles que continúan hacia el sur, quedan ocultos bajo el cabalgamiento de la sierra de la Foradada. La alternancia de superficies permeables con impermeables condiciona la surgencia de los manantiales y fuentes.

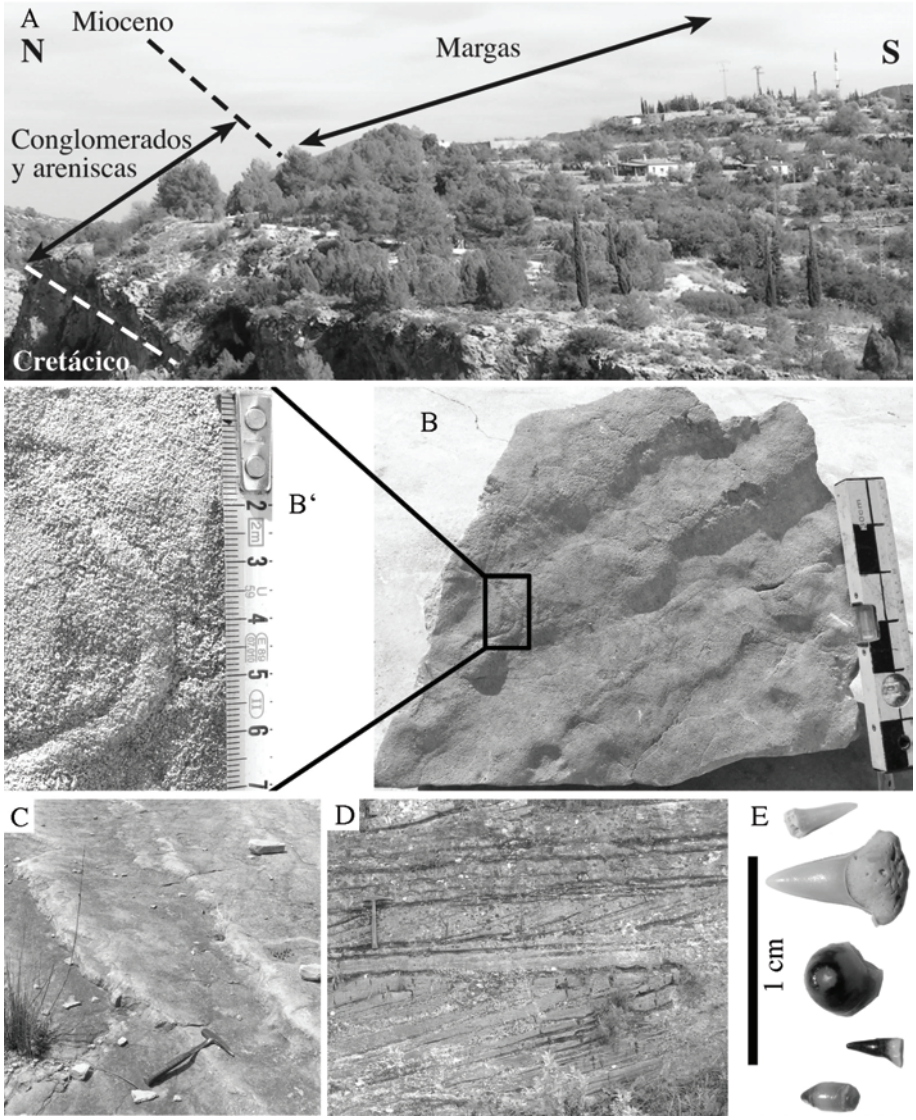


Figura 2. Estructuras geológicas y fósiles de La Garriga. A) La Garriga. B y B') Ripples con bioturbación horizontal. C) Megaripples. D) Estratificación cruzada por corrientes unidireccionales. E) Dientes de seláceos y de teleósteos.

Si seguimos la ruta senderista por nuestro margen derecho del cauce pasamos una última cantera que corta perpendicular y transversalmente los niveles inferiores a los anteriores, poniendo otra vez en evidencia los juegos de estratos turbidíticos cruzados a media escala, canales erosivos y estratos con cierta estructura laminada interna. Hacia el norte observamos sobre la sierra de la Albureca restos de los niveles serravallienses en las calizas cretácicas muy afectadas por la karstificación que ha formado grandes cavidades de antiguas estructuras, hoy desplomadas, con restos de estalactitas.

Continuando el sendero ya en las proximidades de La Carroja (Fig. 1, p. 4) encontramos niveles de margas arenosas muy bioturbadas horizontalmente y con partículas carbonosas observables a simple vista o con lupa. Esto indica que hubo un gran desarrollo de fauna bentónica que se alimentaba de las partículas orgánicas aportadas por las corrientes. Este tramo que no es muy accesible a personas discapacitadas también es observable en unos niveles más potentes y con mucho más desarrollo de bioturbación en la zona de La Solana al otro lado del cauce (Fig. 1, p. 5). Están junto a una estación de telefonía que sí es accesible por carretera asfaltada desde la localidad vecina de Benialí. Por último y antes de entrar a La Carroja por la senda PR-CV 167 nos encontramos con niveles de margas laminadas milimétricamente, que evidencian un régimen sedimentario muy tranquilo y sin corrientes, lejos de la zona de influencia de las avenidas turbidíticas.

CONCLUSIONES

Los materiales geológicos y paleontológicos del recorrido reflejan el cambio de condiciones paleoambientales y como los sedimentos aportados desde zonas someras a otras profundas generan una serie de estratos que posteriormente fallados y plegados constituyen el medio natural actual. Asimismo se pueden usar experimentos didácticos de muestreo para evidenciar la presencia de vertebrados (peces) e invertebrados, así como microfósiles. Se pueden observar estructuras sedimentarias fósiles y procesos actuales (karstificación) así como relacionar este medio con antiguos asentamientos humanos. Todo este conjunto de particularidades sumadas, la geología, paleontología, senderismo, accesibilidad y arqueología hace que esta zona en particular ofrezca un alto potencial para su uso divulgativo, didáctico y lúdico pudiendo ser incluido dentro de un recorrido geoturístico sostenible muy interesante.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio ha sido promovido por el M. I. Ayuntamiento de la Vall de Gallinera. Gracias al Dr. Plinio Montoya por sus comentarios y aportaciones sobre la Cuenca de Alcoy, a Ismael Cortell por compartir la base de datos de La Vall de Gallinera, a Joanjo por su pasión por el medio natural y observaciones, y a Vicent Morera por su experiencia en estas rutas.

REFERENCIAS

Aguirre, E. 1973. Conservación e historia de la naturaleza. *Boletín Estación Central de Ecología*, 2, 89–97.

Almela, A., Quintero, I., Gómez, E., Mansillo, H., Cabañas, I., Uralde, Mª. A. y Martínez, W. 1975. *Mapa Geológico Nacional, E: 1:50.000 (2ª Serie). Hoja nº 821 (Alcoy)*. IGME, Madrid.

De Villota, I. 1994. *Estudio de la arquitectura popular en la zona alta septentrional de Alicante y su integración en el medio ambiente: La Vall de Gallinera*. Tesis Doctoral, Universidad Politécnica de Madrid.

De Villota, I., Goy, J.L. y Zazo, C. 1996. La Vall de Gallinera: un recurso geológico paisajístico. *Geogaceta*, 19, 233–235.

Díaz-Martínez, E. y Fernández-Martínez, E. 2015. El valor del patrimonio geológico: 1, fundamentos y significado. *Cuadernos del Museo Geominero*, 18, 13–18.

Durán Valsero, J.J., Brusi, D., Palli, Ll, López Martínez, J., Palacio, J. y Vallejo, M. 1998. Geología ecológica, geodiversidad, geoconservación y patrimonio geológico: la Declaración de Girona. *Comunicaciones de la IV reunión nacional de la comisión de patrimonio geológico*, Miraflores de la Sierra (Madrid), 69–72.

Fairén, S. 2007. Arte rupestre en la Vall de Gallinera: la construcción de un paisaje neolítico. *4t Congrés d'Estudis de la Marina Alta*, Intitut d'Estudis Comarcals de la Marina Alta (IECMA) Pedreguer (Alicante), 1, 69-84.

Fernández-Martínez, E. y Díaz-Martínez, E. 2015. El valor del patrimonio geológico: 2, tipos de interés y de uso potencial. *Cuadernos del Museo Geominero*, 18, 19–24.

Hernández, R. y Castillo, S. 2015. Turismo geológico accesible. *Cuadernos del Museo Geominero*, 18, 317–321.

Mateos, R.M., Durán, J.J. y Robledo, P.A. 2010. Las canteras de marés de la costa de Mallorca como patrimonio geológico. *Cuadernos del Museo Geominero*, 12, 147–158.

Molina Hernández, F.J. 2012. La Parà (Alpatró, Vall de Gallinera): yacimiento del neolítico final al aire libre en las proximidades de la *Cova d'En Pardo. En: J. Soler Días (ed.), Cova d'En Pardo: arqueología en la Memoria: Excavaciones de M. Tarradell, V. Pascual y E. Llobregat (1961- 1965), catálogo de materiales del Museo de Alcoy y estudios a partir de las campañas del MARQ (1993-2007) en la cavidad de Planes, Alicante*. Museu d'Alcoi y Fundación MARQ, 271-278.

Morales, J., Azanza, B. y Gómez, E. 1999. El patrimonio paleontológico español. *Coloquios de Paleontología*, 50, 53–62.

Morera, V. y Ortolá, J. 2011. *La Vall de Gallinera, per camins de moriscos i mallorquins*. Intitut d'Estudis Comarcals de la Marina Alta (IECMA) Pedreguer (Alicante), 239 pp.

Pierson, L. (1987). *Sédimentation et structuration synsédimentaire dans le bassin néogène d'Alcoy (Cordillères bétiques externes orientales, Espagne*). Tesis Doctoral, Université du Paris–Sud.

Sanz de Galdeano, C. y Vera, A. 1991. Una propuesta de clasificación de las cuencas neógenas Béticas. *Acta Geológica Hispánica*, 26 (3–4), 205–227.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

PATRIMONIO GEOLÓGICO Y PALEONTOLÓGICO DEL PARQUE GEOLÓGICO DE ALIAGA

M. Tomás, A. Núñez, K. Arruda, G. Meléndez y P. Infante

Departamento Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza, España.
575621@unizar.es, alizia_zgz12@hotmail.com, karllaemmanuekke@hotmail.com, gmelende@unizar.es y pinfante@aragon.es

RESUMEN

El Parque Geológico de Aliaga es un referente cultural del patrimonio geológico en Aragón. El principal objetivo de este parque, es transmitir los conceptos básicos de la geología a la sociedad, apoyándose en el paisaje de la zona de gran valor didáctico para conocer y entender la geología a pie de afloramiento. La divulgación del patrimonio geológico avanza a gran velocidad durante estos últimos años, pero sin duda, lugares como el Parque Geológico de Aliaga, necesitan más promoción para poder hacer llegar, a un público más amplio, los conocimientos elementales en geología. En este estudio, se ha concluido que pese al gran valor que tiene este parque en cuanto a infraestructura, divulgación, y carácter científico, el gran público desconoce, en su mayoría, este lugar. Este hecho se traduce en una baja afluencia de público, tan necesaria, para llevar a cabo la labor de divulgación, por lo que se debe estudiar una manera de promoción que saque el mayor rendimiento a uno de los parques geológicos más importantes de España.

Palabras clave: Parque Geológico de Aliaga, Aliaga, patrimonio geológico, paleontología, sociedad.

ABSTRACT

The Geological Park of Aliaga (Aragón, Spain) is a cultural and heritage reference within the Spanish Authonomous Community of Aragón. Created as one of the "First three" European geoparks, it has to date fulfilled the major objective of raising awareness of the geology and palaeontology of a region characterised by dramatic tectonic structures, a remarkably complete Lower to Upper Cretaceous stratigraphy with a significant palaeontological record. In this way, it has demonstrated the great potential of geology as both a research and educational resource. This work of spreading awareness of the geological values of an area to a broad society is, without doubt, a hard task, especially the complexities of how to make difficult concepts understandable to a general public, which typically has little or no prior knowledge of the subject. The Geological Park of Aliaga faces some important problems, amongst them its relatively remote location, including within the Community of Aragón, which can complicate visits, plus the lack of good infrastructures, which allow visitors to spend several days in the area. At this point it time, therefore, it is clear that the authorities responsible for the park should try to improve their basic network of infrastructures for visitors.

Key words: Geological Park, Aliaga, geological heritage, palaeontology, society.

INTRODUCCIÓN

El Parque Geológico de Aliaga está situado en el entorno del municipio de Aliaga, provincia de Teruel, Comunidad Autónoma de Aragón. Ubicado en la rama aragonesa de la Cordillera Ibérica, limita al sur con el macizo de Gúdar, y, al norte, con las sierras de San Just y Majalinos, las cuales son la última alineación montañosa importante de la Cordillera Ibérica. Los materiales del mesozoico son los más abundantes en la zona, en concreto, las formaciones calcáreas de origen marino del Jurásico y Cretácico. Los sedimentos de edad terciaria rellenan cubetas en el interior de la cadena o en las proximidades de su borde noreste, una de las cuales se extiende por el entorno de Aliaga, que actualmente, es interpretada como una cuenca de Piggy-Back. La deformación de los materiales se produjo en varias fases sucesivas durante la Orogenia Alpina, formando pliegues de dirección NO-SE o NNO-SSE.

En la parte central del parque geológico, se produce uno de los elementos de mayor interés, al tener lugar el cruce de direcciones de plegamiento entre la rama aragonesa y la catalana (o Cordillera costero-catalana). El resultado es un conjunto de doble vergencia (pliegues serpenteantes), de gran interés geológico y didáctico, que muestran la doble dirección de plegamiento, visible en el denominado "Pliegue de la Olla".

DESCRIPCIÓN DE LOS PUNTOS DE INTERÉS

Descripción geológica

A continuación, se describen algunos de los puntos más característicos del Parque Geológico de Aliaga (Figura 1):

Panorámica del Alto de Camarillas: Mirador del parque geológico donde se divisan todas las unidades sedimentarias y estructuras geológicas, resultado de los procesos de sedimentación, plegamiento y erosión ocurridos durante 200 millones de años.

El pliegue de la Olla: es el resultado de un doble plegamiento en calizas del Cretácico inferior (Facies Urgon), producido por el empuje del continente africano sobre el europeo y una posterior erosión más intensa en unas capas que en otras.

La Porra: se trata de un gran bloque aislado resultado del plegamiento y levantamiento por la Orogenia Alpina, y posterior erosión fluvial. Formado por calizas del Cretácico con presencia fosilífera de moluscos, equinodermos y corales, lo que indica que se trata de una formación de origen marino.

Las vetas de carbón: se trata de una zona de areniscas donde se encuentran vetas de carbón, objeto de explotación minera entre 1940 y 1964. Podremos ver en ellas restos de vegetales carbonizados que se formaron por la acumulación de materia vegetal en un período en que el mar se había retirado y la zona donde ahora está Aliaga había pasado a ser continente.

El Rollo: pared cóncava formada por estratos gruesos de conglomerados y limos que han sido erosionados por el río de la Val. Los conglomerados fueron depositados por antiguas corrientes fluviales que discurrían en dirección opuesta al río actual.

Descripción paleontológica

Los materiales que afloran en el entorno del Parque geológico de Aliaga abarcan desde el Triásico hasta el Cretácico Superior. Estas unidades se ven posteriormente recubiertas por materiales terciarios (Oligoceno-Miocenos) que forman una serie discordante de depósitos de abanicos aluviales resultantes de la rápida erosión de los relieves generados por la orogenia Alpina. En esta zona, se produce, además, el cruce de direcciones de plegamiento entre las ramas Ibérica y Catalana, lo que añade un mayor punto de interés a la geología del parque.

Entre los principales aspectos de mayor interés paleontológico, son de destacar, especialmente, la formación de calizas con rudistas de la Facies Urgon (Fms: Morella, Chert, Forcall y Villaroya de los Pinares) que muestran varios episodios expansivos seguidos de otros regresivos, reflejando, de este modo, los sucesivos avances y las retiradas del nivel del mar resultantes tanto de las oscilaciones del mismo como de la intensa dinámica de bloques. A las facies inferiores de edad Barremiense Superior-Aptiense, formadas, principalmente, por rudistas del grupo

de los Dicerátidos (Requiénidos y Toucásidos) le sigue en el Cretácico Superior (Turoniense-Santoniense) una segunda fase de expansión formada dominantemente por los Rudistas más clásicos (Heliolítidos y Radiolítidos). Estos grupos, que ya comienzan de modo inicial en el Aptiense, constituirán los grupos dominantes en el Cretácico Superior. Entre el Albiense y el Cenomaniense Superior, se producen una serie de procesos transgresivos y regresivos que se reflejan en la diversidad de facies de las distintas cubetas que forman el Cretácico de esta región. Éstas varían desde las facies del Albiense (Fm Utrillas), recientemente interpretadas como de origen desértico, a las que siguen las facies de la Fm. Escucha, que forman la principal fuente de carbón (lignito) de esta cuenca minera y que ha sido objeto de grandes explotaciones en los siglos XIX y XX. En el Cenomaniense, destacan los niveles con Ostreidos, indicadores de ambientes sedimentarios entre costeros y submareales poco profundos. Las principales referencias sobre estos temas se pueden encontrar en la Guía del Parque Geológico de Aliaga, editada por J.L. Simón *et al.* (1998).

Descripción del contenido del centro de interpretación

El Parque Geológico de Aliaga cuenta con un centro de interpretación de la geología de la zona, en la misma localidad de Aliaga.

Desde este centro, se lleva a cabo una excelente labor de difusión y organización de actividades; desde cursos de verano para niños, hasta visitas guiadas durante todo el año. Las instalaciones son de gran calidad, contando con información muy detallada y completa, material didáctico para niños y una sala de audiovisuales donde se proyecta un documental del parque geológico que obtuvo el premio de divulgación científica del festival de cine de Málaga (M. Tomás, 2015).

PROTECCIÓN LEGAL DE LOS AFLORAMIENTOS

Marco legal en Aragón

El marco legislativo en materia de paleontología en Aragón se desarrolla con la Ley 3/1999 del Patrimonio Cultural Aragonés, actualizada posteriormente por la ley estatal de Patrimonio Natural de 2007.

En su Título Preliminar, artículo 2, dice: "El Patrimonio Cultural Aragonés está integrado por todos los bienes materiales e inmateriales relacionados con la historia y la cultura de Aragón que presenten interés antropológico, antrópico, histórico, artístico, arquitectónico, mobiliario, arqueológico, paleontológico, etnológico, científico, lingüístico, documental, cinematográfico, bibliográfico o técnico, hayan sido o no descubiertos y tanto si se encuentran en la superficie como en el subsuelo o bajo la superficie de las aguas."

El Título Primero de Bienes que integran el Patrimonio Cultural Aragonés, clasifica los tipos de bienes, en Bienes de Interés Cultural, Bienes Catalogados y Bienes Inventariados. Dentro de los Bienes de Interés Cultural, se incluye lo que se denomina Zona paleontológica, como el lugar en que hay vestigios, fosilizados o no, que constituyan una unidad coherente y con entidad representativa propia.

En el Título III se aborda de forma específica el Patrimonio Paleontológico y Arqueológico, donde se habla de los tipos de intervenciones, las zonas de Prevención y Protección, la obligación de comunicar los hallazgos y qué hacer ante los mismos o en el caso de lo que se considera una urgencia paleontológica, cuando existe un peligro inminente hacia un yacimiento.

Esta ley considera: "Son integrantes del Patrimonio paleontológico de Aragón los bienes muebles e inmuebles susceptibles de ser estudiados con metodología paleontológica, hayan sido o no extraídos, se encuentren en la superficie o en el subsuelo o sumergidos bajo las aguas y que sean previos en el tiempo a la historia del hombre y de sus orígenes."

Las Zonas de Protección Paleontológica son espacios donde existen bienes muebles o inmuebles susceptibles de ser estudiados con metodología paleontológica o arqueológica. Y las Zonas de Prevención Paleontológica son espacios donde se presuma fundadamente la existencia de restos.

En esta ley, también se hace referencia a los tipos de infracciones en cuanto al patrimonio paleontológico en el Título Séptimo de Régimen Sancionador.

ALCANCE SOCIAL DEL PARQUE

Mediante la realización de 100 encuestas de manera aleatoria entre la población, se ha llevado a cabo un estudio sociológico, mediante el cual, se obtiene un valor aproximado del alcance social del Parque Geológico de Aliaga. La población entrevistada, posee una edad que oscila entre los 17 y los 87 años, lo que es un amplio rango de edad para evitar valores sesgados. El tipo de formación de los encuestados también es variado, desde la no escolarización o abandono temprano del colegio, hasta los estudios universitarios. La nacionalidad es en un porcentaje del 98 % española, y el 100 % de los abordados con estas preguntas residen en Aragón. Los valores que se han concluido con algunas de las preguntas más relevantes realizadas se exponen a continuación mediante gráficas:

Pregunta: ¿Conoces qué es la geología y la paleontología? (Fig. 1)

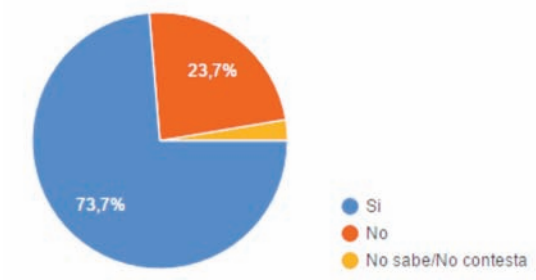


Figura 1. El 73.7% encuestados conoce o le suena lo que es la geología o la paleontología, mientras que el 23.7% desconoce estas disciplinas por completo.

Pregunta: ¿Te interesan los temas relacionados con la geología y paleontología? (Fig. 2)

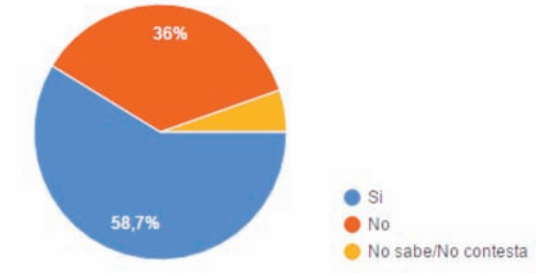


Figura 2. Al 58,7 % de los encuestados les interesan estos temas por lo que podrían ser visitantes potenciales del parque a los que habría que llegar con algún tipo de publicidad.

Pregunta: ¿Conoces el Parque Geológico de Aliaga? (Fig. 3)

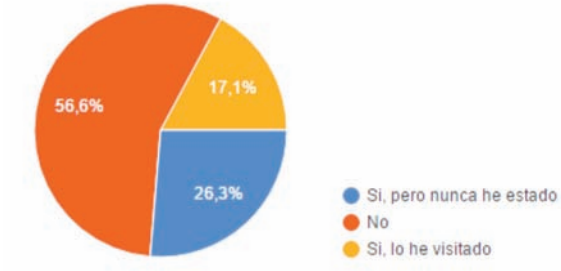


Figura 3. Una mayoría del 56.6% de las personas encuestadas desconoce el Parque Geológico de Aliaga, el 26 % ha oído hablar de él pero no lo ha visitado y, por último, el 17,1% restante es el de los visitantes del parque. Estos valores demuestran que uno de los problemas de la divulgación de la geología en general, y en Aliga en particular, radica en el desconocimiento.

Por último, algunas de las sugerencias recogidas en estas encuestas inciden, sobre todo, en el aumento de la publicidad del parque geológico, apostar por reclamos interesantes y aumento de los recursos.

Figura 1. Ilustración de los lugares descritos de mayor interés en el Parque Geológico de Aliaga: (1) Pliegue de la Olla. (2) La Porra. (3) Panorámica del Alto de Camarillas. (4) El Rollo.

CONCLUSIONES

Pese a la innegable importancia y relevancia científica del Parque Geológico de Aliaga, resulta claro que la resonancia en la sociedad dista mucho de ser la que debiera. Por otra parte, si bien es cierto que se están realizando esfuerzos encomiables por hacer este parque más conocido y se han intentado modernizar algunas infraestructuras (albergues, restaurantes y otros puntos de hospedaje), también es cierto, que queda mucho por hacer. Se deben mejorar la dirección y organización del parque ya que no se llega a conectar con la sociedad, pese a los esfuerzos encomiables de Julia Escorihuela, encargada de la recepción y guía de visitas y de la gestión del parque, así como la formalización de un Comité Científico que de algún modo coordinara la labor de investigación dando difusión de los valores del mismo. De esta manera, se evitarían nuevas penalizaciones por parte de la Red Europea de Geoparques y se aumentaría el número de visitas y alcance social. Una mayor preocupación por el cuidado y la difusión de los valores del parque en la sociedad serían elementos absolutamente necesarios y convenientes para mantener al parque en los niveles de excelencia exigibles a un verdadero parque geológico (Carcavilla *et al*., 2007; Meléndez *et al*, 2011).

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al Dr. Kevin N. Page su ayuda desinteresada en la confección y el tratamiento del texto y de algunos aspectos relativos a la protección del Patrimonio. Igualmente, a los Dres. Luis Carcavilla y Enrique Díaz, a Julia Escorihuela y a la Dra. Rosa Barella sus aportaciones y sugerencias sobre el tema, que han resultado de gran utilidad. Este trabajo forma parte del proyecto de la DGA E-17: *Patrimonio y Museo Paleontológico*.

REFERENCIAS

Carcavilla, L, López-Martínez, J. y Durán, J.J. 2007. Patrimonio geológico y geodiversidad: investigación, conservación, gestión y relación con los espacios naturales protegidos. IGME. Serie *Cuadernos del Museo Geominero*, nº 7. Madrid. 360 pp.

Meléndez, G., Fermeli, G., Escorihuela, J., Basso, A. y Moreira, J. 2011. What do we mean when we say Geotourism? En: *Ist International Congress on Geotourism*. Arouca, Portugal, 1-4.

Simón, J.L. *et al.* 1998. *Guía del Parque Geológico de Aliaga*. Ayuntamiento de Aliaga; CEDEMATE y Departamento de Geología de la Universidad de Zaragoza, 155 pp.

Tomás, M. (2015): *Valoración patrimonial y de infraestructuras de áreas de interés geológico en Aragón y alrededores, con vistas al desarrollo de su potencial didáctico y geoturístico*. Informe inédito (TFG). Servicio de Publicaciones, Universidad de Zaragoza. 25 pp., 6 anexos.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

PUESTA EN VALOR DE UNA COLECCIÓN INVISIBLE: LA COLECCIÓN PALEONTOLÓGICA DE ARAS DE LOS OLMOS (VALENCIA)

J.A. Villena[1], P. Plasencia[2], T. Máñez[1] y A. García-Forner[1]

[1] Museo de Geología de la Universitat de València. Dr. Moliner 50, 46100 Burjassot (Valencia).
Jose.villena@uv.es, Tesama@alumni.uv.es, Anna.garcía@uv.es
[2] Departamento de Botánica y Geología de la Universitat de València. Dr. Moliner, 50, 46100 Burjassot (Valencia).
Pablo.plasencia@uv.es

RESUMEN

En general, los municipios de zonas rurales suelen albergar colecciones muy heterogéneas de elementos patrimoniales que representan la cultura tradicional de la comarca y en casi todas ellas también una representación del Patrimonio Natural. Este es el caso del municipio de Aras de los Olmos, situado en la comarca de los Serranos en la provincia de Valencia. Un primer estudio de la colección paleontológica depositada en el ecomuseo, aporta información de gran interés tanto científica como histórica y social de la comarca, y su puesta en valor puede ser un incentivo para el turismo rural.

Palabras clave: Gestión de colecciones, patrimonio paleontológico, preparación, conservación, museología.

ABSTRACT

Many villages in rural areas often hold very heterogeneous collections that represent the traditional culture of the region but also a representation of their Natural Heritage. This is the case of the municipality of Aras de los Olmos, located in the Serranos region in the province of Valencia. A first study of the paleontological collection stored in its ecomuseum, provides information of great interest about the scientific, historical and social development of the region, highlighting its value as a tourist resource.

Key words: Management collections, paleontological heritage, preparation, curation, museology.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes

La comarca de los Serranos, en el interior de la provincia de Valencia fue protagonista de los primeros hallazgos sobre restos atribuibles a dinosaurios del tránsito Jurásico–Cretácico, entre otros organismos, que describieron autores como Cavanilles (1797), Vilanova y Piera (1872), Landerer (1874), Beltrán (1920), Royo Gómez (1925, 1926a,b,c).

Durante el año 1954, Lapparent prospecta la zona de Alpuente y Titaguas, y los resultados de sus estudios se dan a conocer en 1966 con la publicación de nuevos yacimientos (Lapparent, 1966). Posteriormente, alrededor del año 1989, José V. Santafé y del profesor de Aras de los Olmos, Francisco Moreno Mesas, gran aficionado a la paleontología,

dan a conocer una serie de interesantes hallazgos de fósiles de dinosaurios, que propiciarán las primeras excavaciones paleontológicas bajo la dirección de M. Lourdes Casanovas y José V. Santafé. Las campañas se extenderían hasta el año 1996 con el resultado de la descripción de un nuevo saurópodo, *Losillasaurus giganteus* (Casanovas *et al*., 2001).

El resurgimiento de la paleontología en la región, motiva el hallazgo de nuevos fósiles por parte de los ciudadanos, que finalmente serán donados y almacenados en las dependencias municipales hasta el año 2015 cuando se procede a su intervención.

Propuesta de actuación

El Ayuntamiento, consciente del importante patrimonio que se había depositado en sus dependencias durante más de 30 años, se pone en contacto con el Museo de Geología de la Universitat de València (MGUV), quien elabora un proyecto para la puesta en valor de la colección paleontológica. La Diputación de Valencia concede una ayuda económica y durante el último trimestre del 2015 se procede a una intervención para llevar a cabo la preparación, catalogación, creación de una base de datos y finalmente, una propuesta de exposición con los objetivos de servir de base para una futura adecuación museográfica a la vez que poner a disposición de la comunidad científica importantes ejemplares paleontológicos del tránsito Jurásico-Cretácico.

Objetivos

En un museo comarcal como es el de Aras de los Olmos, la procedencia de los restos paleontológicos suele ser representativa de la zona, por lo que la identificación y puesta en valor de los elementos que la componen, indudablemente ayudará a conocer el pasado y evolución de la Comarca.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la intervención sobre los materiales, se procedió a una documentación gráfica de los materiales "*in situ*" (Figura 1), y se realizó el traslado de los mismos a las dependencias y laboratorios de la Universitat de València

Figura 1. Lugar de depósito en dependencias municipales de parte de la colección paleontológica de Aras de los Olmos.

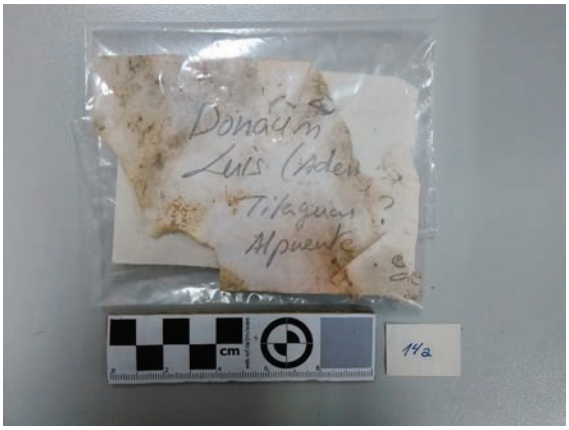


Figura 2. Ejemplo de una etiqueta con datos de donante y lugar de hallazgo.

(UV), donde se dispone de infraestructuras más adecuadas para la realización de los trabajos. Se procuró en todo momento no alterar el orden y embalaje originales, dado que no existía inventario ni catálogo, y cualquier documento podría aportar información valiosa para los ejemplares. La inspección del material se realizó de manera metódica, fotografiando todo el proceso y realizando una limpieza física superficial no invasiva, tanto a los ejemplares como a los envases o embalajes.

Con ello, se pudo obtener la información necesaria para establecer una serie de parámetros que nos permitiera llevar a cabo las actuaciones adecuadas: Ejemplares que componen la colección, el estado de conservación de estos, etc., con el objetivo de conservar y recuperar tanto los ejemplares como la información geológica, histórica, o de cualquier índole que puedan proporcionar (Howie, 1992).

Contenido preliminar de la colección

Los restos más abundantes corresponden al grupo de los Dinosaurios, y también podemos destacar invertebrados marinos y en menor número fragmentos de troncos, minerales, estructuras sedimentarias, rocas, e icnofósiles.

En algunos casos, hallamos también material anexo, como etiquetas, que aportan un gran valor añadido, constatando el nombre del donante y en algunos casos la localización geográfica del hallazgo, lo que nos permiten confirmar la pertenencia de la mayoría de los ejemplares al término municipal de Aras de los Olmos o a municipios limítrofes como Alpuente o Titaguas (Figura 2).

Estado de conservación de la colección

En relación a los restos fósiles de dinosaurios, éstos se hallan en general en un frágil y alterado estado de conservación, fruto de su exposición continuada a la intemperie, por la ausencia de una consolidación preventiva en el yacimiento y por su precario almacenamiento y embalaje a lo largo de decenas de años.

La fecha más antigua de la que se tiene constancia escrita de una donación, data del año 1984, y coincide con la época en que José Vicente Santafé empezó a recorrer la zona y localizar restos y yacimientos de dinosaurios.

Proceso de preparación

Se ha realizado una limpieza, tanto mecánica como química, atendiendo a las características específicas de preservado de cada ejemplar.

El consolidante utilizado ha sido Paraloid B-72, atendiendo a los estándares en vigor. La consolidación ha sido necesaria sobre todo en la mayoría de restos fósiles de dinosaurios y excepcionalmente en algunos invertebrados marinos, así como en la mayoría de los troncos. Por lo general se ha efectuado una consolidación a baja concentración, entre el 5% y el 10%. A la hora de aplicar el consolidante se han utilizado distintos métodos, no sin antes eliminar el polvo con aire y evitar así que el consolidante arrastre o pegue cualquier partícula suelta no deseada.

Figura 3. Fase de montaje y pegado de fragmentos óseos.

El montaje y pegado, entendido como la unión de fragmentos para reconstituir la morfología original de un elemento fosilizado una vez los restos han sido limpiados y/o consolidados, ha sido realizado principalmente en los restos de dinosaurio y excepcionalmente en algún invertebrado marino y fragmento de tronco (Figura 3).

El adhesivo utilizado ha sido una resina epoxi de polimerización rápida (Araldit® rápido). Las superficies a unir han sido tratadas previamente con consolidante al 5% para crear una película aislante entre el adhesivo y las superficies óseas, facilitando así su futura reversibilidad con acetona y procedimientos mecánicos.

En los restos de dinosaurios presentes en la colección, no ha sido necesaria ninguna reintegración debido a que los elementos eran fragmentos aislados, sin relación estructural entre ellos.

Dado que toda la colección ha de regresar al municipio de Aras de los Olmos, deberemos de proteger mediante un embalaje adecuado la totalidad de los ejemplares. Sobre todo los pertenecientes a dinosaurios por ser éstos más susceptibles de sufrir alguna fractura debido a sus mayores volúmenes y a su potencial fragilidad (Figura 4).

DOCUMENTACIÓN Y GESTIÓN

El proceso documental es importante, debido a que muchos materiales pueden sufrir deterioros, pérdidas, etc. y solo quedaría constancia de ellos a través de los informes que se han ido elaborando. Para futuras investigaciones puede ser necesario conocer las diferentes fases de manipulación, el estado original, los tratamientos y metodología

Figura 4. Embalaje de los fondos paleontológicos previo a su transporte al municipio de Aras de los Olmos.

de conservación (Lozano y Menéndez, 2013). Todo ello, ha de quedar perfectamente registrado en un inventario del material en formato papel, digital y fotográfico.

Dado que la colección no estaba inventariada, se ha creado una sigla nueva que será la que se mantendrán como definitiva cuando se reincorpore la colección paleontológica a su lugar en Aras de los Olmos (CPAO). Al mismo tiempo y mientras ha permanecido en las dependencias del MGUV, se le ha asignado también de manera temporal un número de depósito en el MGUV, como es preceptivo en colecciones que se depositarán en el museo temporalmente. El etiquetado se realizó entre dos capas protectoras de Paraloid B-72, en concentración al 20%, aplicando la sigla con tinta china negra (Menéndez y Baeza, 2012; Collections Trust, 2008).

La documentación gráfica tuvo lugar durante todos los procesos, iniciándose con la recogida del material en Aras de los Olmos, fotografiando su estado original y las instalaciones donde se encontraba. En las instalaciones del MGUV se fotografiaron las fases siguientes: a) estado del material previo a la intervención, en sus embalajes originales y fuera de ellos. b) proceso de preparación (limpieza, consolidación, montaje, unión, etc.) y c) registro definitivo.

El registro informático se realizó estableciendo como base de datos la plantilla existente en el MGUV, creada exclusivamente para colecciones paleontológicas mediante el software Microsoft Access.

Para la identificación y clasificación de los fósiles se siguió el procedimiento habitual: consulta en bibliografía especializada, bases de datos virtuales, comparación con ejemplares similares disponibles en el MGUV y en algunos casos, consulta con especialistas.

COMPOSICIÓN DE LA COLECCIÓN

En la tabla adjunta se resume la composición de la colección, tras los procesos realizados y la identificación a nivel de Clase de los ejemplares.

La colección consta de 1832 elementos individuales, agrupados en 647 registros. Hay que tener en cuenta que un registro puede incluir dos o más ejemplares (Tabla 1).

PHYLLUM/SUBDIVISIÓN	CLADO/CLASES	REGISTROS
Mollusca	Gastropoda	53
	Cephalopoda	71
	Bivalvia	152
Porifera		10
Echinodermata	Crinoidea	7
	Echinoidea	14
	Asteroidea	1
Brachiopoda		19
Chordata	Dinosauria	253
Cnidaria	Anthozoa	1
Gimnospermae	Coníferae	17
Angiospermae		1
OTROS		
	Icnofósil	1
	Indet.	3
	Minerales y rocas	25
TOTAL		628

Tabla 1. Composición de la colección de acuerdo con los principales taxones.

PROPUESTA DE EXPOSICIÓN

La propuesta de exposición se basa en crear un escenario donde quede representado tanto el paleoambiente como los organismos (marinos y terrestres) que vivieron en la comarca, seleccionando los fósiles más representativos, abundantes, mejor conservados y mayor valor científico y didáctico.

Se propone también, un estudio científico más exhaustivo del material, ya que se constata la presencia de algunos elementos muy interesantes.

AGRADECIMIENTOS

Este proyecto se ha realizado gracias al Ayuntamiento de Aras de los Olmos y al proyecto concedido por la Diputación de Valencia: *Restauración de la colección paleontológica de Aras de los olmos, CPI-15-332*.

REFERENCIAS

Beltrán, F. 1920. Wealdiense de Morella y Benagéber. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 20, 74.

Casanovas, M.L., Santafé, J.V. y Sanz, J.L. 2001. *Losillasaurus giganteus*, un nuevo saurópodo del tránsito Jurásico-Cretácico e la Cuenca de "Los Serranos" (Valencia, España). *Paleontologia i Evolució*, 32–33, 99-122.

Cavanilles, A.J. 1797. *Observaciones sobre la historia natural, geografía, agricultura, población y frutos del reyno de Valencia*, Imprenta Real, Madrid, II, 60-70.

Collections Trust, 2008. *Labeling and marking museum objects*. Spectrum 4.0 Advice, 1-17.

Howie, F.M. 1992. *The Care and Conservation of Geological Material: Minerals, Rocks, Meteorites and Lunar finds*. Butterworth-Heinemann, Oxford, 138 pp.

Landerer, J.J. 1874. El piso Tenéncico o Urgo-Áptico y su fauna. *Anales de la Sociedad Española de Historia Natural, Memorias*, 3, 345-386.

Lapparent, A. F. 1966. Nouveaux gisements de reptiles mesozoiques en Espagne. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 84, 103-110.

Lozano, R. y Menéndez, S. 2013. Rocas, minerales y fósiles: las colecciones geológicas de museos públicos. En: González Bueno, A. y Baratas, A. (eds.), *Museos y colecciones de Historia Natural. Investigación, educación y difusión*. Memorias de la Real Sociedad Española de Historia Natural, Madrid, Segunda Época, XI, 41-52.

Menéndez, S. y Baeza, E. 2012. Los fósiles del Museo Geominero: la gestión de una colección paleontológica histórica. En: J.-C. Liao *et al.* (eds.), *Homenaje a Guillem Colom Casasnovas (1900-1993)*. Libro de Resúmenes. Universitat de València, Valencia, 139-141.

Royo y Gómez, J. 1925. Sobre los restos de reptiles weáldicos de Benagéber (Valencia) y algunos moluscos cuaternarios de Villavieja (Castellón). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 25, 251-252.

Royo y Gómez, J. 1926a. Los vertebrados del Cretácico español de facies weáldica. *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, 47(7), 171- 176.

Royo y Gómez, J. 1926b. Los descubrimientos de reptiles gigantescos en Levante. *Boletín de la Sociedad Castellonense de Cultura*, 7, 147-162.

Royo y Gómez, J. 1926c. Notas geológicas sobre la provincia de Valencia. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 26, 66-87.

Vilanova y Piera, J. 1872. *Compendio de Geología*. Imprenta de Alejandro Gómez Fuentenebro, Madrid, 588 pp.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

APLICACIÓN DEL SYNCHROTRON X-RAY TOMOGRAPHIC MICROSCOPY AL ESTUDIO FUNCIONAL DEL APARATO CONODONTAL

H. Algora[1], M. Rigo[2], M. Mazza[3], N. Goudemand[4], P.C.J. Donoghue[5] y C. Martínez-Pérez[1,5]

[1] Departament de Geologia, Universitat de València, Dr. Moliner s/n, 46100 Burjassot, Valencia, Spain.
alhan@alumni.uv.es, carlos.martinez-perez@uv.es
[2] Dipartimento di Geoscienze, Università degli Studi di Padova, Via Gradenigo, 6, I-35131, Padova, Italy. manuel.rigo@unipd.it,
[3] Dipartimento di Scienze della Terra "A. Desio", Università degli Studi di Milano,
Via Mangiagalli 34, 20133, Milano (Italy). michele.mazza@unimi.it
[4] IGFL – Institute of Functional Genomics of Lyon; ENS Lyon – CNRS 5242 – INRA USC 1370, 46,
Allee d'Italie, 69364 Lyon cedex 07, France
[5] School of Earth Sciences, University of Bristol, Life Sciences Building, 24 Tyndall Avenue, BS8 1TQ, Bristol, UK.
carlos.martinez-perez@bristol.ac.uk, phil.donoghue@bristol.ac.uk

RESUMEN

Los conodontos fueron organismos de cuerpo blando y anguiliforme, cuyas únicas partes duras eran una serie de elementos en su cavidad oral semejantes a dientes. Entre las diferentes controversias alrededor del grupo, sus afinidades biológicas y la función de estos elementos mineralizados han centrado la atención de la mayoría de conodontólogos. Hasta hace poco, el análisis funcional de los elementos conodontales se limitaba a comparaciones por analogía o a aproximaciones cualitativas. Más recientemente, nuevos métodos computacionales cuantitativos, como la tomografía computarizada, están abriendo nuevas oportunidades para estudiar la función de estos elementos. En este sentido, el objetivo del presente trabajo es estudiar la función de varios taxones pertenecientes al linaje *Epigondolella-Mockina* del Triásico Superior de Italia con la ayuda del Sincrotrón. Nuestro análisis funcional se centra en el desarrollo de su ciclo oclusal mediante modelos 3D obtenidos a partir de los datos tomograficos de varios *clusters*, y corroborado por análisis de microdesgaste. Nuestros resultados muestran un ciclo de oclusión bilateral con una aproximación ortogonal, con la presencia de desgaste en las superficies funcionales predichas. Curiosamente, el estudio tomográfico de las microestructuras internas ha permitido identificar el mismo patrón de desgaste externo internamente, proporcionando datos concluyentes sobre la existencia de regeneración en los dentículos. Esta reparación ha sido identificada también en otros taxones relacionados, lo que sugiere que este daño interno no es un artefacto tafonómico. Por lo tanto, nuestros resultados nos permiten concluir que los elementos P_1 de varios taxones pertenecientes al linaje *Epigondolella-Mockina* utilizaban de hecho los elementos conodontales como dientes; pero lo más interesante es que, la presencia del desgaste interno sugiere que los elementos fueron retenidos durante toda la vida de estos animales y no reemplazados por nuevos elementos como había sido propuesto.

Palabras clave: Conodontos, Triásico Superior, tomografía computerizada, estudio funcional.

ABSTRACT

Conodonts were eel-shaped soft-bodied organisms, which unique hard-parts were a set of teeth-like elements placed in their oral cavity. Among the different controversies around the group, their biological affinities and the

function of those mineralised elements focus most of the attention of the conodont workers. Until recent, conodont functional analysis has been limited to analogy and qualitative analytical approaches, but more recently, novel quantitative computational methods, such as computed tomography, are opening new opportunities to study the function of these elements. Following this, the objective of the present work is to study the function of various taxa belonging to the Epigondolella-Mockina linage from the Upper Triassic of Italy using Synchrotron X-Ray Tomographic Microscopy (SXRTM). Our functional analysis was centred on the development of their occlusal cycle based on the 3D models (digital and physical) obtained from several P_1 clusters scanned with the SXRTM, and corroborated by microwear analyses in single specimens of the same taxa. Our results show a bilateral occlusal cycle with an orthogonal approach, model corroborated by the presence of microwear on the predicted functional surfaces. Interestingly, the tomographic study of the inner microstructures has allowed us to identify the same external wear pattern internally, providing strong support of damage regeneration. This damage repair has been identified as well in other related taxa suggesting that this internal damage is not a taphonomical artefact. Therefore, our results allow us to conclude that the P1 elements of several taxa belonging to the *Epigondolella-Mockina* linage where indeed used as teeth; and more interesting, that they were retained through the whole life of these animals and not shed and replaced as it has been proposed before.

Key words: Conodonts, Upper Triassic, computer tomography, functional study.

INTRODUCCIÓN

Desde el descubrimiento de los conodontos como grupo fósil hace más de 150 años, estos se describieron como una serie de elementos pertenecientes a un grupo de vertebrados desconocidos. No obstante, sus relaciones filogenéticas fueron cuestionadas desde el principio, y las especulaciones sobre su asignación a un grupo u otro de animales ha sido continua hasta el descubrimiento de los primeros ejemplares completos (Briggs *et al*., 1983), asignación que sigue en discusión (Turner *et al*., 2010).

Los conodontos aparecieron durante el Cámbrico Superior, hace unos 520 millones de años, y se extinguieron al final del Triásico hace unos 205 millones de años (Sweet, 1988). Sin embargo, debido a su naturaleza (animal de cuerpo blando), su registro fósil está mayoritariamente formado por las únicas partes duras que poseían, el aparato conodontal. Éste está conformado por una serie de elementos, los cuales, en la mayoría de los casos se desarticulan tras la muerte del animal, dificultando tanto la reconstrucción de la estructura del aparato como su posible función. En este sentido, la función del aparato conodontal constituye una de las principales controversias que rodean al grupo, centrándose la discusión en si estos elementos constituían el soporte de un mecanismo filtrador, similar al actual anfioxo, o si por el contrario realizaban una función más activa en el procesado del alimento, similar a los dientes de otros vertebrados (Purnell, 1993). Por otro lado, también ha sido objeto de debate si estos elementos conodontales eran retenidos o no a lo largo de la vida del animal. Esta hipótesis se basa en la sobrerrepresentación de algunos tipos de elementos respecto a otros en el registro fósil, lo que ha llevado a sugerir una posible pérdida y regeneración completa de los elementos P_1, de manera muy similar a lo que ocurre en los tiburones (Carls, 1987).

Según lo anteriormente expuesto, el objetivo de este estudio es demostrar la función dental de un grupo de conodontos cuya función es desconocida, y mostrar evidencias que defiendan la retención de los conodontos a lo largo de toda la vida del animal. Para ello, aplicamos los últimos avances en tomografía computerizada aplicada al estudio de la función de varios *clusters* (agrupaciones naturales) pertenecientes a varios taxones del linaje *Epigondolella-Mockina* del Triásico Superior del Norteste de Italia (Seazza Creek Section, Roghi *et al*., 1995) y de la Seccion Pizzo del Oeste de Italia (Nicora *et al.,* 2007).

RESULTADOS

Los ejemplares objeto de estudio fueron escaneados con el sincrotrón del Paul Scherrer Institut (Villigen, Suiza), y cuyas proyecciones e imágenes reconstruidas fueron la base para el desarrollo de modelos tridimensionales, tanto físicos como virtuales, sobre los que basamos los análisis de oclusión. Del mismo modo, las tomografías nos permitieron estudiar en profundidad el interior de algunos ejemplares con una conservación excepcional que hacían posible el estudio de las distintas características internas de cada elemento.

En este sentido, el estudio del modelo de oclusión de los ejemplares estudiados de *Epigondolella* aff. *preaslovakensis*, nos ha permitido describir un modelo caracterizado por una oclusión bilateral con un componente de aproximación prácticamente ortogonal. Este movimiento estaría dirigido y controlado por los dentículos de la plataforma y no por los de la carena, como ocurre en otros linajes. El estudio en detalle con ayuda del microscopio electrónico de barrido de la superficie de ejemplares aislados bien preservados del mismo taxón, ha permitido identifica evidencias de desgaste en las zonas funcionales predichas por el modelo de oclusión, es decir, en los dentículos exteriores de la plataforma y algunas partes de la carena.

Finalmente, el estudio tomográfico de detalle de aquellos ejemplares de conservación excepcional ha permitido identificar marcas de desgaste y regeneración en el interior de los dentículos de la plataforma y la carena, exactamente en las mismas áreas donde se identificó evidencias de desgaste en las superficies externas de los dentículos. Del mismo modo, se identificaron el mismo tipo de marcas en taxones próximos con morfologías similares, como *Epigondolella quadrata* o *Epigondolella rigoi*.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Nuestro análisis digital de la oclusión, junto con el estudio interno de la microestructura y desgaste, en distintos taxones del linaje *Epigondolella-Mockina* del Triásico Superior de Italia, nos ha permitido describir un ciclo de oclusión ligeramente distinto a los descritos hasta el momento, con un ciclo controlado por los dentículos laterales de la plataforma y no por la carena o surcos adcarenales como en otros taxones (ver p.e. Martínez-Pérez *et al.*, 2016), presentando además una aproximación bilateral ortogonal. Este ciclo ha sido comprobado mediante el estudio del microdesgaste, encontrando claras evidencias de desgaste en la superficie de aquellos dentículos que activamente participarían en el control del ciclo, así como del procesado del alimento, como predecía el ciclo oclusal. Estos datos confirman que estos taxones, como muchos otros estudiados hasta el momento, utilizarían sus elementos P_1 como dientes para procesar su alimento. Por último, destaca la existencia de claras evidencias internas de desgaste situadas recurrentemente en los mismos dentículos donde se encontró desgaste superficial. Estas marcas internas se identificaron además en taxones próximos con morfologías similares, como *Epigondolella quadrata* o *Epigondolella rigoi*, lo que sugiere que este daño interno no es un artefacto tafonómico. Estos resultados corroboran las ideas de Purnell y Donoghue (1999) quienes sugieren que los elementos conodontales no eran remplazados por elementos nuevos, como algunos autores sugerían (Carls, 1977), sino que eran retenidos durante toda la vida del animal.

Finalmente podemos concluir que nuestro trabajo permite confirmar que otras morfologías de conodontos, hasta ahora no estudiadas, también usaban sus elementos conodontales como dientes, pero lo más importante, que estos elementos eran regenerados y reparados constantemente en distintos momentos de su vida, manteniendo siempre una morfología óptima para procesar eficientemente los alimentos, y por lo tanto no eran reemplazados durante la vida del animal.

AGRADECIMIENTOS

Hanna Algora agradece a la Sociedad Española de Paleontología el premio concedido para asistir a las presentes jornadas de Paleontológica, tras haber sido premiado su trabajo como uno de los mejores presentados en el pasado 1st IMERP/XIX EJIP celebrado en Alpuente. Este trabajo has sido parcialmente financiado por el proyecto del ministerio CGL2014-52662-P.

REFERENCIAS

Briggs, D.E.G., Clarkson, E.N.K. & Aldridge, R.J. 1983. The conodont animal. *Lethaia*, 16, 1-14.

Carls, P. 1977. Could conodonts be lost and replaced? *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen,* 155(1), 18-64.

Donoghue, P.C.J. & Purnell, M.A. 1999. Growth, function, and the conodont fossil record. *Geology*, 273, 251-254.

Martínez-Pérez, C., Rayfield, E.J., Botella, H., & Donoghue, P.C.J. 2016. Translating taxonomy into the evolution of conodont feeding ecology. *Geology*, 44, 247-250.

Nicora, A., Balini, M., Bellanca, A., Bertinelli, A., Bowring, S.A., Di Stefano, P., Dumitrica, P., Guaiumi, C., Gullo, M., Hungerbuehler, A., Levera, M., Mazza, M., McRoberts, C.A., Muttoni, G., Preto, N., & Rigo, M. 2007. The Carnian/ Norian boundary interval at Pizzo Mondello (Sicani Mountains, Sicily) and its bearing for the definition of the GSSP of the Norian Stage. *Albertiana*, 36, 102-129.

Purnell, M.A. 1993. Feeding mechanism in conodonts and the function of the earliest vertebrate hard tissues. Geology, 21, 375-377.

Roghi, G., Mietto, P., & Dalla Vecchia, F.M 1995. Contribution to the conodont biostratigraphy of the Dolomia de Forni (Upper Triassic, Carnia, NE Italy). *Mem. Sci. Geol.*, 47, 125-133.

Sweet, W. C. 1988. *The conodonta. Morphology, Taxonomy, Paleoecologyand Evolutionary History of a Long-Extinct Animal Phylum.* Oxford Monographs on Geology and Geophysics, 10, 212 pp.

Turner, S., Burrow, C.J., Schultze, H.P., Blieck, A., Reif, W.E., Rexroad, C.B., Bultynck, P. & Nowlan, G.S. 2010. False teeth: conodont-vertebrate phylogenetic relationships revisited. *Geodiversitas,* 32, 545–594.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LA ASOCIACIÓN FAUNÍSTICA DE BARRANCO DEL HOCINO 1, UN NUEVO YACIMIENTO DE VERTEBRADOS DEL BARREMIENSE (CRETÁCICO INFERIOR) DE TERUEL

A. Alonso[1], J.M. Gasca[2], P. Navarro-Lorbés[1,3], C. Núñez-Lahuerta[1], J. Galán[1], J. Parrilla-Bel[1], C. Rubio[3] y J.I. Canudo[1,4]

[1] Aragosaurus–IUCA, Paleontología, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009, Zaragoza. talonso@unizar.es, pnavalorb@gmail.com, cnunez@unizar.es, galanj@unizar.es, jarapb@unizar.es
[2] CONICET-MuseoOlsacher, Zapala, Neuquén, Argentina.jmgaska@hotmail.com
[3] Paleoymás S.L. Pol. Empresarium, C/Retama 17, Nave 24C, 50720 La Cartuja Baja, Zaragoza. pnavalorb@gmail.com, c.rubio@paleoymas.com
[4] Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza. Plaza Basilio Paraíso, 50008 Zaragoza.jicanudo@unizar.es

RESUMEN

El yacimiento de "Barranco del Hocino 1" es nueva localidad de vertebrados fósiles hallada en la Formación Blesa (Barremiense) cerca de la población de Estercuel (Teruel, España). Una campaña de trabajo de campo ha permitido la recuperación de un centenar de restos óseos y dientes correspondientes a dinosaurios ornitópodos, tireóforos y terópodos, junto a restos de crocodilomorfos, peces óseos, quelonios, además de coprolitos y cáscaras de huevo. Este nuevo yacimiento representa una contribución significativa sobre la diversidad de vertebrados en el Barremiense inferior de Teruel y la formación de yacimientos de vertebrados en la Subcuenca de Oliete.

Palabras clave: Estercuel, Formación Blesa, Dinosauria, Crocodilomorpha, paleobiodiversidad.

ABSTRACT

Here we present "Barranco del Hocino 1", a new vertebrate locality from the Blesa Formation (Barremian), near the town of Estercuel (Teruel, Spain). One campaign of fieldwork has enabled us to recover one hundred of osteological remains. They include ornithopod, thyreophoran and theropod dinosaur postcranial remains and isolated teeth, as well as those of crocodylomorphs, chelonians and osteichthyes. Coprolites and eggshell fragments are also present. This new vertebrate fossil site represents a significate contribution on the vertebrate diversity in the lower Barremian of Teruel and the formation of vertebrate sites in Oliete Sub-Basin.

Key words: Estercuel, Blesa Formation, Dinosauria, Crocodilomorpha, paleobiodiversity.

INTRODUCCIÓN

La parte oriental de la Cuenca del Maestrazgo (subcuenca de Oliete, Teruel) presenta una secuencia de sedimentos continentales en facies Weald donde se conocen pocos yacimientos de vertebrados fósiles, aunque alguno de ellos como

La Cantalera-1 (Josa) es uno de los que presenta una mayor paleobiodiversidad de dinosaurios y crocodilomorfos del Barremiense inferior de la Península Ibérica (Canudo *et al*., 2010; Puértolas *et al*., 2015; Alonso y Canudo, 2016). Además hay otros puntos y áreas con fósiles de vertebrados en esta subcuenca, pero en general son descubrimientos aislados (Gasca, 2015; Parrilla-Bel y Canudo, 2015). Sin embargo hay amplias áreas de sedimentos en facies Weald en esta parte de la Cuenca del Maestrazgo en el que no se ha encontrado hasta ahora restos de vertebrados como es el entorno de Estercuel. En este contexto, el objetivo de este trabajo es presentar por primera vez la asociación fósil del yacimiento Barranco del Hocino 1.

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

El yacimiento del Barranco del Hocino 1 se encuentra en el término municipal de Estercuel, provincia de Teruel, España. Geológicamente se sitúa en el sector meridional de la subcuenca de Oliete, una de las subcuencas que componen la cuenca cretácica del Maestrazgo. El afloramiento del yacimiento se sitúa en la parte media de la Formación Blesa, de edad Barremiense (Canudo *et al*., 2010).

La sección del Barranco del Hocino se sitúa en una sucesión estratigráfica de niveles de lutitas y margas multicolores con indicios de paleosuelos que alternan con calizas grises bioturbadas, correspondientes a depósitos aluviales y lacustres someros. El nivel fosilífero consiste en lutitas grises con moteado rojo, verde y amarillento, con presencia de bioturbación (trazas de invertebrados), nódulos de carbonato y calcretas. El contenido fósil consiste en vertebrados, moluscos bivalvos, gasterópodos, ostrácodos y carofitas. El paleoambiente se interpreta como una llanura aluvial con exposición área, episodios palustres y desarrollo de paleosuelos.

RESULTADOS

La campaña de trabajo de campo de 2015 ha permitido la recolección superficial de unos 100 restos fósiles de vertebrados. El yacimiento de Barranco del Hocino 1 es una acumulación de huesos desarticulados y fragmentados, muchos de ellos inidentificables. Los restos fósiles se encuentran dispersos en una amplia área que se extiende lateralmente una decena de metros, sin encontrarse en una acumulación significativa en las partes excavadas.Los huesos presentan alto grado de fracturación y meteorización y abrasión variable. Algunas superficies de hueso presentan marcas de dientes. La asociación fósil está dominada por macrorrestos de ornitópodos. En menor medida aparecen restos dérmicos de anquilosaurios, dientes de terópodosy restos de microvertebrados (dientes de crocodilomorfos y de peces osteíctios), fragmentos de placas de tortugas, coprolitos de tamaño medio-pequeño y cáscaras de huevo (Figura 1).

Parte del material ha sido obtenido mediante el lavado y tamizado de sedimento del yacimiento. Se han lavado 10 kilos de material utilizando una luz de malla de 0.5 mm. Además parte del material ha sido lavado empleando un tamiz de luz de malla 0.100 mm para obtener una muestra representativa de microfósiles aparte de los restos de vertebrados.

Dinosaurios

Ornithopoda

Los restos de dinosaurios ornitópodos son los más abundantes dentro de yacimiento de Barranco del Hocino 1, relacionados con iguanodontios estiracosternos. Se han encontrado restos craneales y postcraneales fragmentarios y desarticulados. Destaca por su conservación un yugal, pero también han aparecido restos de vértebras dorsales, sacras y caudales, fragmentos de costillas y de huesos largos y elementos autopodiales.También son frecuentes los dientes mudados muy similares a los que se encuentran en el yacimiento de la Cantalera-1 (Canudo *et al*., 2010)

Thyreophora

Los restos de dinosaurios tireóforos están representados por fragmentos de osteodermos y dos espinas *dérmicas* bastante completas. Su morfología y tamaño son similares a los restos de anquilosaurios de la Cantalera-1 (Canudo *et al*., 2010).

Theropoda

Las coronas incompletas y aisladas de dinosaurios terópodos son relativamente abundantes en el yacimiento. Los dientes recuperados hasta el momentoson detetanuros de tamaño pequeño a grande. Se han identificado dientes de espinosáurido de tipo barioniquino, con dientes cónicos y ornamentados con crestas longitudinales en las caras labial y lingual similares a los de la Cantalera-1 (Alonso y Canudo, 2016). Se ha reconocido otra morfología más plesiomórfica, con dientes zifodontos y aplastados labiolingualmente, con carenas serradas y ornamentación compuesta por ondulaciones transversales y marginales (*sensu* Hendrickx *et al*., 2015). Estos dientes han sido atribuido a Carcharodontosauridae indet. (Alonso *et al.,* 2016).

Crocodilomorfos

Además de los dinosaurios se han hallado restos de crocodilomorfos en el yacimiento de Barranco del Hocino 1. Hasta el momento se han recuperado dientes aislados de pequeño tamaño. Se han diferenciado dos morfotipos. El primero corresponde a dientes cónicos, de sección circular, con crestas longitudinales en ambas caras y curvados labiolingualmente. Este tipo de dientes ha sido atribuido tradicionalmente a los Goniopholididae. Morfol**ó**gicamente son similares a los dientes de Goniopholididae? de otros yacimientos de la Formación Blesa como La Cantalera-1 (Puértolas-Pascual *et al*., 2015).

El segundo morfotipo presenta dientes de pequeño tamaño, lanceolados, comprimidos labiolingualmente, con carenas y ornamentados con crestas longitudinales que divergen hacia los márgenes. Este morfotipo es similar a la de otros crocodilomorfos atoposáuridos de la Formación Blesa (Puértolas-Pascual *et al*., 2015).

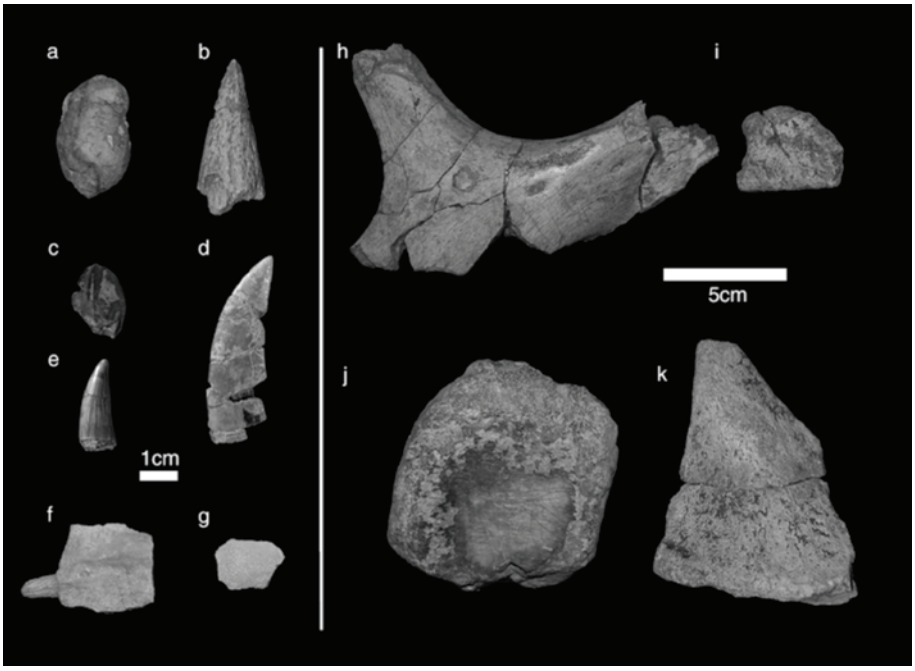


Figura 1. Restos del Barranco del Hocino 1. A) HOC 32. Coprolito. B, C) HOC 12 y HOC 6. Pollex y diente de iguanodontio estiracosterno. D, E) HOC 26 y HOC 17. Diente de terópodo carcharodontosáurido y espinosáurido. F, G) HOC 33, HOC 34.Fragmentos de placa de tortuga.H) HOC 1. Yugal de iguanodontio. I) HOC 21. Fragmento de osteodermo de anquilosaurio. J) HOC 16. Vértebra caudal de iguanodontio con marcas de dientes. K) HOC 27. Espina dérmica de anquilosaurio.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El yacimiento del Barranco del Hocino presenta bastante similitud con otros de la Formación Blesa como La Cantalera-1 (Canudo *et al*., 2010) tanto en su composición, como en su formación. El ambiente de depósito corresponde a medios continentales aluviales, en llanuras pobremente drenadas y con presencia de masas de agua dulce efímeras. Estas afinidades geológicas se traducen también en el similar contexto de formación de los yacimientos de vertebrados con acumulación atricional de los restos biológicos. Los restos fósiles de vertebrados están frecuentemente peor conservados en Barranco del Hocino 1 que los de La Cantalera-1, esto podría relacionarse con una exposición subaérea más prolongada de los huesos y/o mayor alteración por procesos pedogénicos, además de la acción de predadores. Por otra parte, aparentemente el contenido y diversidad en microvertebrados es menor en Barranco del Hocino 1.

Salvando las diferencias en el tamaño de muestra entre los yacimientos estudiados de la Formación Blesa (en La Cantalera-1 se ha lavado toneladas de sedimento, Canudo *et al*., 2010), la fauna de dinosaurios es similar, con gran abundancia de restos de dinosaurios ornitópodos, algunas evidencias de tireóforos y terópodos tetanuros. Por otra parte, terópodos y crocodilomorfos no muestran hasta el momento tanta variedad como en La Cantalera-1 (Canudo *et al.,* 2010; Puértolas-Pascual *et al*., 2015). Hasta el momento no se han hallado evidencias de otros grupos como dinosaurios saurópodos, pterosaurios o mamíferos descritos en La Cantalera-1. Los restos de osteíctios y quelonios son escasos en el Barranco del Hocino-1, similar a La Cantalera-1, lo que les diferencia de formaciones barremienses como la formación El Castellar que aflora en otras subcuencas (Galve y Peñagolosa) de la Cuenca del Maestrazgo (Gasca, 2015).

No obstante, nuevas campañas de trabajo serán necesarias para comprender con mayor profundidad la paleobiodiversidad de vertebrados del yacimiento y complementar el conocimiento de la presencia de taxones y distribución en esta área de la subcuenca de Oliete.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen la financiación que ha permitido la realización de los trabajos a la Diputación Provincial de Teruel y al Ayuntamiento de Estercuel y la autorización de los trabajos de campo a la Dirección General de Patrimonio Cultural del Gobierno de Aragón. Este trabajo forma parte del proyecto CGL2014-53548-P del Ministerio de Economía y Competitividad. A. Alonso, C. Núñez-Lahuerta y *J. Galán disfrutan de becas* predoctorales otorgadas por la Diputación General de Aragón.

REFERENCIAS

Alonso, A., Canudo, J.I. 2016. On the spinosaurid theropod of Blesa Formation from the Early Barremian (Early Cretaceous, Spain). *Historical Biology*, 28(6), 823-834.

Alonso, A., Gasca, J.M., Navarro-Lorbés, P., Rubio, C. y Canudo, J.I. 2016. Isolated theropod teeth from the Barremian (Early Cretaceous) site of Barranco del Hocino 1 (Estercuel, Teruel, Spain). *1st IMERP/XIV EJIP conference proceedings,* Alpuente, 46.

Canudo, J.I., Gasca, J.M., Aurell, M., Badiola, A., Blain, H.-A., Cruzado-Caballero, P., Gómez-Fernández, D., Moreno-Azanza, M., Parrilla, J., Rabal-Garcés, R. y Ruiz-Omeñaca, J.I. 2010. La Cantalera: an exceptional window onto the vertebrate biodiversity of the Hauterivian-Barremian transition in the Iberian Peninsula. *Journal of Iberian Geology,* 36 (2), 205-224.

Gasca, J.M. 2015. *Aportaciones al conocimiento sobre los dinosaurios del Barremiense inferior (Cretácico Inferior) de Teruel, España: asociaciones fósiles, sistemática, paleobiodiversidad y afinidades paleobiogeográficas*. Tesis doctoral, Universidad de Zaragoza, España, 170 pp.

Hendrickx, C., Mateus, O. y Araújo, R. 2015. A proposed terminology of theropod teeth (Dinosauria, Saurischia). *Journal of Vertebrate Paleontology,* 35 (5), e1512.

Parrilla-Bel, J. y Canudo, J.I. 2015. On the presence of plesiosaurs in the Blesa Formation (Barremian) in Teruel (Spain). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen,* 278(2), 213-227.

Puértolas-Pascual, E., Rabal-Garcés, R. y Canudo, J.I. 2015. Exceptional crocodylomorph biodiversity of "La Cantalera" site (lower Barremian; Lower Cretaceous) in Teruel, Spain. *Palaeontologia Electronica,* 18.2.28A (2), 1-16.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

UN NUEVO SAURÓPODO REBAQUISÁURIDO DEL CRETÁCICO INFERIOR (ALBIENSE) DE LA FORMACIÓN RAYOSO (NEUQUÉN, ARGENTINA)

J.I. Canudo[1,2], J.L. Carballido[3], A. Garrido[4] y L. Salgado[5]

[1] Aragosaurus–IUCA, Paleontología, Facultad de Ciencias, C/ Pedro Cerbuna 12,
Universidad de Zaragoza 50009, Zaragoza. jicanudo@unizar.es
[2] Museo de Ciencias Naturales de la Universidad de Zaragoza. Plaza Basilio Paraíso, 50008 Zaragoza,
[3] Conicet–Museo 'Egidio Feruglio,' Fontana 140 9100, Trelew, Chubut, Argentina. jcarballido@mef.org.ar
[4] Museo Provincial de Ciencias Naturales 'Prof. Dr. Juan Olsacher,'
Dirección Provincial de Minería, Zapala, Neuquén, Argentina. algene@copelnet.com.ar
[5] Instituto de Investigación en Paleobiología y Geología, Universidad Nacional de Río Negro, Conicet, Av. Gral. J.A. Roca 1242,
General Roca, Río Negro, Argentina. lsalgado@unrn.edu.ar

RESUMEN

En este trabajo se describen los únicos restos de dinosaurio saurópodo conocidos para la Formación Rayoso (Albiense, Patagonia, Argentina). Se han recolectado un ejemplar adulto parcialmente articulado y restos de dos juveniles en el mismo yacimiento. El adulto está representado por la mayor parte del cráneo, el cuello articulado y gran parte de la cola también articulada. Los ejemplares juveniles conservan gran parte del esqueleto apendicular y la escápula, de gran importancia sistemática. Los caracteres morfológicos de los dientes, escápula y vértebras caudales sitúan a los ejemplares recolectados entre los rebaquisáuridos, aunque con claras diferencias con los taxones descritos para el Cretácico Inferior de Argentina, por lo que podría tratarse de una nueva especie.

Palabras clave: Rebbachisauridae, sistemática, Formación Rayoso, Albiense, Argentina.

ABSTRACT

In this paper we describe the only specimens of sauropod dinosaur known in the Rayoso Formation (Albian, Patagonia, Argentina). We found a partially articulated adult specimen and remains of two juveniles in the same site. The adult is represented by most of the skull, neck and much of tail articulated. The juvenile specimens retain much of the appendicular skeleton and scapula, high systematic importance. The morphological features of the teeth, caudal vertebrae and scapula place the collected specimens among the rebbachisaurids, though with clear differences with other taxa described for the Lower Cretaceous of Argentina, so it could be a new species.

Key words: Rebbachisauridae, systematics, Rayoso Formation, Albian, Argentine.

INTRODUCCIÓN

Los rebaquisáuridos son un grupo de saurópodos de tamaño mediano con una distribución fundamentalmente gondwánica (Sudamérica y África) que se registra desde la parte superior del Cretácico Inferior hasta la parte baja del

Cretácico Superior, siendo los últimos saurópodos diplodocoideos en extinguirse (Wilson y Allain, 2015). Recientemente también ha sido descrito en el Barremiense de Europa (Salas de los Infantes, España) *Demandasaurus*, un taxón muy cercano a los rebaquisáuridos nigersaurinos descritos en el norte de África (Torcida Fernández-Baldor *et al*., 2011). Los rebaquisáuridos han tenido una especial importancia en el reconocimiento de eventos de dispersión y vicarianza entre Gondwana y Laurasia durante el Cretácico Inferior, momento en el que ocurre la rotura y separación definitiva de África y Sudamérica (Carballido *et al*., 2010; Torcida Fernández-Baldor *et al*., 2011; Wilson y Allain, 2015).

En los últimos años se ha incrementado de manera notable el conocimiento de los rebaquisáuridos del final del Cretácico Inferior y la base del Cretácico Superior de Sudamérica, especialmente de la Patagonia argentina, donde se han descrito *Rayososaurus Cathartesaura*, *Limaysaurus*, *Zapalasaurus*, *Comahuesaurus*, *Katepensaurus* (ver referencias en Salgado *et al*., 2012, 2014; Carballido *et al*., 2012; Ibiricu *et al*., 2012). También se ha incrementado el conocimiento de los rebaquisáuridos africanos como *Rebbachisaurus, Nigersaurus*, *Histriasaurus*, *Tataouinea* (ver referencias en Wilson y Allain, 2015; Fanti *et al*., 2013). Desde las primeras propuestas filogenéticas, los rebaquisáuridos se han situado en la base de los diplodocoideos, posición que se sigue en la actualidad. En base a las filogenias calibradas, su origen debió producirse en el Jurásico medio (Wilson y Allain, 2015), existiendo un linaje fantasma de rebaquisáuridos en la mayor parte del Jurásico y la base del Cretácico. Por otra parte, las relaciones filogenéticas entre los taxones conocidos es incierta, sobre todo por la escasez de material craneano.

En el marco del proyecto de colaboración que llevamos adelante el equipo hispano-argentino desde hace más de 15 años sobre los dinosaurios del Cretácico Inferior, hemos recuperado, en las campañas del 2008 al 2010, los restos de varios ejemplares de un saurópodo rebaquisáurido cerca de la localidad de Agrio del Medio (Neuquén, Patagonia, Argentina, Figura 1). El objetivo de esta comunicación es describir brevemente este nuevo dinosaurio y discutir su importancia sistemática y filogenética.

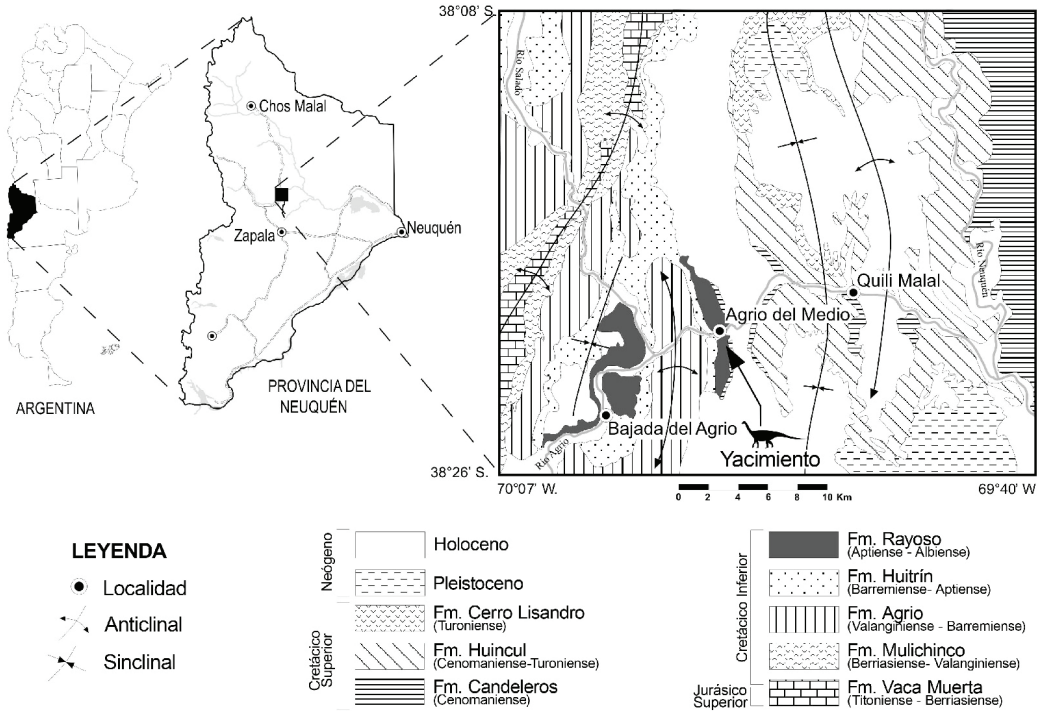


Figura 1. Situación geológica y geográfica del saurópodo de Agrio del Medio.

SITUACIÓN GEOLÓGICA

Geológicamente, el yacimiento se encuentra en la Formación Rayoso de la Cuenca Neuquina (Figura 1). Esta unidad es una secuencia formada por niveles clásticos (areniscas cuarcíticas y arcillas) y evaporitícos (yesos y finas capas de carbonatos), y de manera esporádica también hay cristales aislados de sal gema. Esta formación se depositó en un medio continental con una cierta influencia marina. Los restos estudiados provienen de la parte media del miembro Pichi Neuquén, unos 44 metros por encima de su base. El nivel fosilífero se halla compuesto por areniscas ligeramente laminadas de color pardo rojizas. Presentan una escasa bioturbación similar a *Skolithos* y *Planolites*. El nivel presenta *ripples* de corriente en su techo y grietas de desecación. La geometría de estos cuerpos sedimentarios y sus estructuras sedimentarias apuntan a depósitos no confinados formados por decantación en áreas con alta sedimentación y escasa energía (Salgado *et al*., 2012). Respecto a la edad no hay consenso, variando según los autores entre el Aptiense y el Albiense, siguiendo a Leanza (2003) lo situamos en el Albiense inferior.

En el yacimiento hay restos de, al menos, tres individuos: un adulto y dos juveniles. Los huesos del adulto están poco dispersos, sin embargo, los de los juveniles presentan mayor dispersión, encontrándose en una zona de unos 8 m^2. Los huesos carecen de signos de transporte, y las secuencias de vértebras cervicales y caudales se hallan articuladas y arqueadas (Figura 2). La presencia de dos especímenes juveniles se ha inferido a partir de la significativa diferencia de tamaño de los centros vertebrales. La escasa dispersión de los huesos y la presencia de partes articuladas en un sedimento de baja energía no confinado, sugieren que el yacimiento tuvo un modo de concentración autóctono (Salgado *et al*., 2012).

HISTORIA DE LOS SAURÓPODOS DE LA FORMACIÓN RAYOSO

Los primeros restos de dinosaurio procedentes de las inmediaciones de la localidad de Agrio del Medio, fueron hallados en 1991 en el marco de una campaña de exploración de José Bonaparte. Estos fósiles fueron publicados por Bonaparte (1996) con el nombre de *Rayososaurus agrioensis*, pero la localización del yacimiento era imprecisa en las publicaciones, por lo había una cierta incertidumbre sobre si realmente provenían de la unidad que daba el nombre al género: la Formación Rayoso. El material recuperado por Bonaparte era escaso, pero muy interesante ya que las escápulas tenían una morfología desconocida hasta ese momento en Sudamérica, pero similares a las de *Rebbachisaurus* del Cretácico Superior bajo de Marruecos. Era la prueba más evidente de la conexión entre Sudamérica y África al final del Cretácico Inferior (Calvo y Salgado, 1995). En un trabajo detallado de revisión de los afloramientos, fotografías, cuadernos de campo y matriz conservada en los fósiles de *Rayososaurus* se demostró que, en realidad, los mismos habían sido colectados en la Formación Candeleros, de edad Cenomaniense (Carballido *et al*., 2010). En el transcurso de los trabajos de revisión del yacimiento-tipo de *Rayososaurus* es precisamente cuando se encontraron lo restos fósiles objeto de esta comunicación. Los mismos son, por lo tanto, los únicos restos de dinosaurios provenientes de la Formación Rayoso (Salgado *et al*., 2012).

EL REBACHISAURIDAE DE AGRIO DEL MEDIO

El rebaquisáurido de Agrio del Medio presenta una típica escápula en forma de raqueta de tenis que es uno de los caracteres diagnósticos de la familia Rebbachisauridae. En cuanto al cráneo se puede apuntar que tiene una mandíbula con un típico contorno rectangular con numerosas posiciones dentales. Los dientes son finos, de tipo lapicero como en el resto de los diplodocoideos. Las vertebras caudales son platicélicas con excepción de las primeras que presentan una concavidad en su cara anterior.

Presenta huesos comunes con la mayoría de los especímenes de rebaquisáuridos de la cuenca neuquina, por lo que es posible efectuar comparaciones. Entre los taxones más cercanos geográficamente, se puede apuntar que la escápula es bastante similar a la de *Rayososaurus* pero se distingue por el desarrollo y orientación del proceso acromial. Un estudio filogenético preliminar sitúa al saurópodo de Agrio del Medio junto a otros rebaquisáuridos del Cretácico

Figura 2. Aspecto de campo de algunos elementos anatómicos del saurópodo de Agrio del Medio. A) Vértebras caudales articuladas del ejemplar adulto. B) Mandíbula del ejemplar adulto. C) Ulna del ejemplar juvenil.

Inferior como *Comahuesaurus*, el cual presenta una diferente posición y desarrollo de la cresta deltopectoral. Además se encuentra bien separado de otros rebaquisáuridos africanos, europeos, y del Cretácico Superior de la Patagonia, como *Limaysaurus, Cathertasaura*. Se trata por tanto de un nuevo taxón de Rebbachisauridae y el primero de los taxones sudamericanos que conserva la región rostral del cráneo.

AGRADECIMIENTOS

Trabajo realizado en el marco del proyecto CGL2014-53548-P subvencionados por el Ministerio de Economía y Competitividad de España, ERDF, la Universidad de Zaragoza y el Gobierno de Aragón (Grupos Consolidados). Agradecemos al Museo Juan Olsacher de Zapala las facilidades que hemos tenido para estudiar los fósiles. El material ha sido preparado en el Museo Egidio Feruglio de Trelew y en el Museo Juan Olsacher.

REFERENCIAS

Bonaparte, J.F. 1996. Cretaceous Tetrapods of Argentina. *Münchner Geowissenschaftliche Abhandlungen* A, 30, 73-130.

Calvo, J. and Salgado, L. 1995. *Rebbachisaurus tessonei* sp. nov. a new Sauropoda form the Albian-Cenomanian of Argentina; new evidence on the origin of the Diplodocidae. *Ameghiniana*, 11, 13-33.

Carballido, J.L., Garrido, A.C., Canudo, J.I. and Salgado, L. 2010. Redescription of *Rayososaurus agrioensis* Bonaparte (Dinosauria, Diplodocoidea), a rebbachisaurid of the early Upper Cretaceous of Neuquén, *Geobios*, 43 (5), 493-502.

Carballido, J.L., Salgado, L., Pol, D., Canudo, J.I. and Garrido, A. 2012. A new basal rebbachisaurid (Sauropoda, Diplodocoidea) from the Early Cretaceous of the Neuquén Group; evolution and biogeography of the group. *Historical Biology*, 24(6), 631-654.

Fanti, F., Cau, A., Hassine, M. and Contessi, M. 2013. A new sauropod dinosaur from the Early Cretaceous of Tunisia with extreme avian-like pneumatization. *Nature Communications*, 4, 2080.

Ibiricu, L.M., Casal, G.A., Lamanna, M.C., Martínez, R.D., Harris, J.D. and Lacovara, K.J. 2012. The southermost record of Rebbachisauridae (Sauropoda: Diplodocoidea) from the early Late Cretaceous deposits in central Patagonia. *Cretaceous Research*, 34, 210-232.

Leanza, H.A. 2003. Las sedimentitas huitrinianas y rayosianas (Cretácico inferior) en e ámbito central y meridional de la cuenca Neuquina, Argentina. *Servicio Geológico Minero Argentino, Serie de Contribuciones Técnicas-Geología*, 2, 1-31.

Salgado, L., de Souza Carvalho, I. and Garrido, A. 2006. *Zapalasaurus bonapartei*, un nuevo dinosaurio saurópodo de La Formación La Amarga (Cretácico Inferior), noroeste de Patagonia, Provincia de Neuquén, Argentina. *Geobios* 39, 695-707.

Salgado, L., Canudo, J.I., Garrido, A.C. and Carballido, J.L. 2012. Evidence of gregrariousness in rebbachisaurids (Dinosauria, Sauropoda, Diplodocoidea) from the Early Cretaceous of Neuquén (Rayoso Formation), Patagonia, Argentina. *Journal of Vertebrate Paleontology,* 32 (3), 603-613.

Torcida Fernández-Baldor, F., Canudo, J.I., Huerta, P., Montero, D., Pereda Suberbiola, X. and Salgado, L. 2011. *Demandasaurus darwini*, a new rebbachisaurid sauropod from the Early Cretaceous of the Iberian Peninsula. *Acta Palaeontologica Polonica*, 56 (3), 535-552.

Wilson, J.A. and Allain, R. 2015. Osteology of *Rebbachisaurus garasbae* Lavocat, 1954, a diplodocoid (Dinosauria, Sauropoda) from the early Late Cretaceous–aged Kem Kem beds of southeastern Morocco. *Journal of Vertebrate Paleontology*, e1000701.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

ESTUDIO ICNOLÓGICO EN UN BIEN DE INTERÉS CULTURAL: EL YACIMIENTO EL HOYO (EL CASTELLAR, TERUEL, ESPAÑA)

A. Cobos[1], L. Alcalá[1] y F.J. Rodríguez-Tovar[2]

[1] Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis.
Avda. de Sagunto s/n, 44002 Teruel, España. cobos@dinopolis.com, alcala@dinopolis.com
[2] Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada,
Avda. Fuentenueva s/n, 18002 Granada, España. fjrtovar@ugr.es

RESUMEN

De los trece yacimientos de huellas de dinosaurios de la provincia de Teruel declarados Bien de Interés Cultural, El Hoyo (Municipio de El Castellar) es el único documentado en la Formación Areniscas de Camarillas (Barremiense). Geológicamente se sitúa en la Subcuenca de Peñagolosa (Cuenca del Maestrazgo). Sin embargo, su importancia científica no sólo radica en los tres rastros de icnitas terópodas que presenta (en uno de ellos se ha realizado moldes para su conservación y divulgación), sino también por el registro de una icnofábrica de invertebrados compuesta casi exclusivamente por abundantes trazas del icnogénero *Taenidium*. El conjunto icnológico permite determinar que el ambiente de formación correspondió a una zona transicional con llanuras de inundación de baja energía, entre ambientes terrestres y acuáticos no marinos.

Palabras clave: Subcuenca de Peñagolosa, Barremiense, icnitas terópodas, *Taenidium.*

ABSTRACT

Teruel province has thirteen dinosaur tracksites declared as Asset of Cultural Interest. El Hoyo site (municipality of El Castellar) is the only one which lies in the Sandstones of Camarillas Formation (Barremian). It is located in the Peñagolosa sub-basin (Maestrazgo Basin). However, its scientific importance stems not only from the three preserved trackways of theropod (one of which has been cast for preservation and dissemination), but also by the presence of a macroinvertebrate ichnofabric composed almost exclusively by abundant traces of the ichnogenus *Taenidium*. A transitional zone between terrestrial and nonmarine aquatic environments, floodplain areas adjacent to rivers affected by low energy, corresponds to the El Hoyo site.

Key words: Peñagolosa sub-basin, Barremian, theropod tracks, *Taenidium.*

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

La provincia de Teruel cuenta con dieciséis yacimientos que han sido declarados Bien de Interés Cultural (BIC) en la categoría de Conjunto de Interés Cultural-Zona Paleontológica. Trece de ellos corresponden a

yacimientos de icnitas de dinosaurios (Decretos 20/2003, de 28 de enero y 18/2004, de 27 de enero del Gobierno de Aragón) y entre todos abarcan un periodo geológico comprendido entre el Jurásico Superior y el Cretácico Superior. El yacimiento El Hoyo (CT-4), en el término municipal de El Castellar, es uno de los pocos BIC situados en el Cretácico Inferior de Aragón y el único en la Formación Areniscas de Camarillas si bien, desde que fue dado a conocer por Alcalá *et al*. (2003), otros yacimientos e icnitas han sido descubiertos en esta misma unidad litoestratigráfica (Cobos y Gascó, 2012; Cobos *et al*., 2013; Herrero-Gascón y Pérez-Lorente, 2013; Royo-Torres *et al*., 2013; Navarrete *et al*., 2014).

El yacimiento El Hoyo fue declarado Bien de Interés Cultural en el año 2004 por la presencia de icnitas de dinosaurios y se enmarcó, en una primera etapa, en la candidatura que varias comunidades autónomas españolas promovieron para que las huellas de dinosaurios de la Península Ibérica fueran incluidas en la lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO (Alcalá, 2012). Sin embargo, además de las icnitas de los vertebrados existe un abundante registro de trazas de invertebrados. Todo ello ha llevado a profundizar en el estudio icnológico multidisciplinar del yacimiento (Fig. 1).

A continuación se exponen algunas de las particularidades científicas de El Hoyo y se relatan acciones que se han desarrollado desde el punto de vista de la conservación y divulgación de las icnitas.

SITUACIÓN GEOGRÁFICA Y GEOLÓGICA

El yacimiento El Hoyo (CT-4) está situado en el municipio de El Castellar (Teruel, España), a 40 kilómetros de la ciudad de Teruel (0º48'10.78" W, 40º21'4.51" N). Geológicamente está incluido en la Cuenca del Maestrazgo, dentro de la Subcuenca de Peñagolosa, en facies correspondientes a la Formación Areniscas de Camarillas. Esta unidad litoestratigráfica se dispone en este sector de la Cordillera Ibérica por encima de la Formación El Castellar y por debajo de la Formación Artoles. Tradicionalmente, la Fm. Camarillas ha sido interpretada como resultado de la actividad de un sistema fluvial múltiple dominado en su base por canales de baja sinuosidad (Díaz-Molina y Yébenes, 1987) y es conocida por el registro de dinosaurios, principalmente ornitópodos, de edad Barremiense inferior, según las asociaciones de ostrácodos, carofitas y polen registradas (ver Ruiz-Omeñaca, 2011; Verdú *et al*., 2015).

El yacimiento, con una extensión de afloramiento de unos 20 metros cuadrados, se sitúa en un pequeño barranco en el que aflora una capa de arenisca silícea de grano medio, muy cementada, de color pardo-rojizo y con abundantes estructuras de bioturbación de macroinvertebrados. Estas trazas se sitúan junto a varias icnitas de dinosaurios (Alcalá *et al*., 2003; Cobos y Alcalá, 2007; Rodríguez-Tovar *et al*., 2016).

REGISTRO ICNOLÓGICO

Icnitas de dinosaurios

Las icnitas de dinosaurios se disponen en tres rastros compuestos por cuatro (1CT-4) (Fig. 1A), tres (2CT-4) y dos (3CT-4) pisadas, respectivamente. Todas las pisadas son tridáctilas y mesaxónicas, aunque de poca profundidad debido en gran parte a la erosión actual producida en el barranco. A grandes rasgos, las icnitas poseen las mismas características morfológicas y de relación con el sustrato. Tienen una longitud de entre 19 y 28 cm y una anchura de entre 19 y 26 cm. Las marcas de los dedos, aunque deformadas, indican que eran de longitud muy variada y relativamente estrechos. La impresión más larga es la del dedo III y la más corta la del II. Los tres dedos presentan marcas de uñas largas y afiladas. Estos parámetros generales permiten atribuirlas a icnitas terópodas (Thulborn, 1990) de tamaño pequeño-medio. Los rastros, 1CT-4 y 2CT-4 presentan la misma dirección aparente N190ºE. Aunque se muestran distanciados 4,5 metros el uno del otro, el hecho de que las huellas correspondan al mismo icnotipo, lleven una dirección paralela, un mismo sentido de marcha y posean las mismas estructuras respecto al sustrato, puede favorecer la hipótesis de que dos dinosaurios terópodos se desplazaran juntos. Sin embargo, la presencia de otro rastro (3CT-4) en otra dirección y sentido no permite confirmar esta hipótesis.

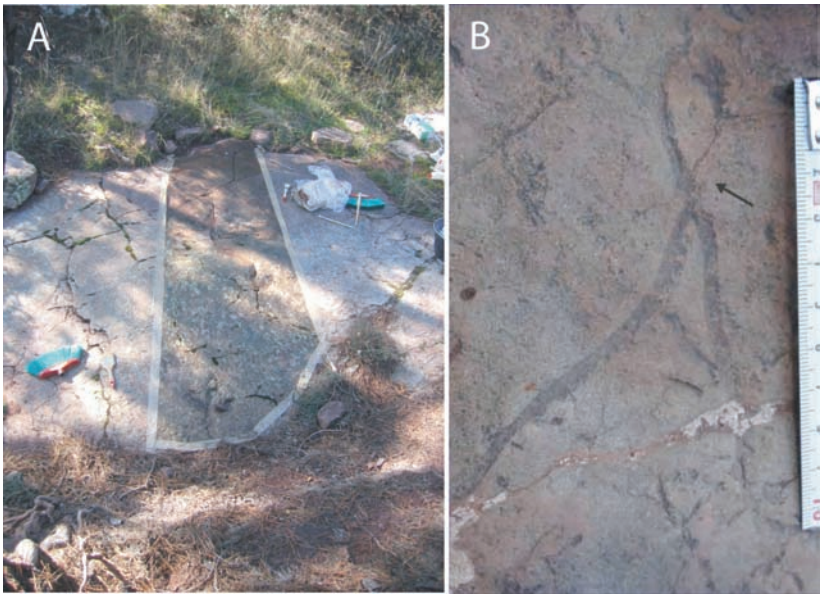


Figura 1. A) Algunas icnitas de dinosaurios terópodos durante el proceso de moldeado. B) Detalle de *Taenidium* en el yacimiento El Hoyo (El Castellar, Teruel, España).

Bioturbación de invertebrados

En la misma capa de arenisca en las que se observan las icnitas de dinosaurios se presenta una icnofábrica de invertebrados compuesta casi exclusivamente por abundante *Taenidium* (Fig. 1B). La bioturbación existente se caracteriza por presentar estructuras con rellenos en menisco, conservadas como epirrelieves, cilíndricas, rectas a sinuosas, no ramificadas y que muestran ausencia de revestimiento, manto o estrías longitudinales. Las características icnológicas de las bioturbaciones, incluyendo la longitud y anchura de la estructura, tipo de relleno y forma general, permiten la caracterización de las icnoespecies *Taenidium barretti* y *T. serpentinum* (Rodríguez-Tovar *et al*., 2016).

La gran abundancia, casi exclusividad, de bioturbaciones pertenecientes al icnogénero *Taenidium*, sugiere su asignación a la ichnofacies *Scoyenia*. Esto es coherente con la presencia de huellas de vertebrados, la baja icnodiversidad de las estructuras de invertebrados, y el ambiente en el que se originaron las facies. En concreto, una zona transicional afectada por baja energía entre ambientes terrestres y acuáticos no marinos, con llanuras de inundación aluvial. La icnofábrica dominada por *Taenidium* revela un comportamiento oportunista de los productores. Éstos bioturbaron rápidamente después del depósito, en sustratos húmedos y blandos, durante condiciones favorables y efímeras. La rápida concentración de nutrientes enterrados en el sedimento durante las descargas aluviales pudo determinar la estrategia oportunista de los productores (Rodríguez-Tovar *et al*., 2016).

ACCIONES DE CONSERVACIÓN Y DE DIVULGACIÓN

Como se ha expuesto anteriormente, el yacimiento El Hoyo se sitúa en un pequeño barranco. En general, a lo largo del año se encuentra seco y el agua no discurre por él. Sin embargo, en épocas de tormentas y fuertes lluvias, el agua corre con fuerza y afecta al registro icnológico que contiene. Por el momento no se ha realizado ninguna actuación que permita su desvío, aunque se han acometido acciones que permiten conservar la información icnológica de alguno de los sectores más interesantes desde el punto de vista científico. En concreto, en el año 2007, la Escuela Taller de Restauración Paleontológica II del Gobierno de Aragón acometió la realización de un molde con unas dimensiones de 2,70x70 cm de uno de los rastros (1CT-4) de icnitas terópodas (Fig. 1A). Para su realización se sellaron con arcilla las numerosas grietas y fisuras de pequeño tamaño de la superficie tratada. Posteriormente, se aplicaron agentes

desmoldeantes, varias capas de elastómero de silicona, papel de aluminio y, por último, se realizó la carcasa rígida de poliéster reforzada con fibra de vidrio. Este molde está depositado en las colecciones del Museo Aragonés de Paleontología en Teruel (Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis). Asimismo, un vaciado en resina de poliéster de este molde se exhibe en una de las paradas del llamado DINOpaseo por El Castellar. En concreto, la réplica se sitúa en las inmediaciones del castillo del pueblo. De esta forma los visitantes pueden observar alguna de las icnitas presentes en este yacimiento, alejado del centro urbano, y en el que, por el momento, no se han realizado actuaciones museográficas *in situ*.

CONCLUSIONES

El estudio multidisciplinar icnológico del yacimiento El Hoyo, único Bien de Interés Cultural en materia paleontológica de Aragón situado en la Formación Camarillas (Barremiense), ha proporcionado el análisis de tres rastros de icnitas terópodas de tamaño pequeño-mediano. Estas huellas de vertebrados están asociadas a abundantes trazas fósiles de invertebrados que, casi en su totalidad, corresponden al icnogénero *Taenidium* y sugiere su asignación a icnofacies *Scoyenia*. El conjunto icnológico de vertebrados e invertebrados permite proponer unas condiciones ambientales relacionadas con una zona transicional entre ambientes terrestres y acuáticos no marinos. El yacimiento, de difícil acceso, puede conocerse gracias a una réplica instalada en el pueblo de El Castellar.

AGRADECIMIENTOS

Investigación enmarcada en los proyectos CGL2013-41295-P y CGL2012-33281 (Secretaría de Estado de I+D+I, Ministerio de Economía y Competitividad), Grupos de Investigación E-62 FOCONTUR (Departamento de Innovación, Investigación y Universidad, Gobierno de Aragón y Fondo Social Europeo) y RNM-178 (Junta de Andalucía), Departamento de Educación, Cultura y Deporte (Gobierno de Aragón), Instituto Aragonés de Fomento e Instituto de Estudios Turolenses. A Jaume Grau por su asistencia en los trabajos de campo.

REFERENCIAS

Alcalá, L. 2012. The IDPI (Icnitas de Dinosaurios de la Península Ibérica) WHL candidacy in perspective. *Abstracts 11th Symposium on Mesozoic Terrestrial Ecosystems*, Gwangju (Corea), 255-258.

Alcalá, L., Cobos, A. y Royo-Torres, R. 2003. Icnitas de dinosaurio en El Castellar (Teruel). *Libro de Resúmenes de las XIX Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, Morella (Castellón), 28-29.

Cobos, A., y Alcalá, L. 2007. *Los itinerarios de icnitas de El Castellar.* Colección Patrimonio Cultural (Prames), 23 pp.

Cobos, A. y Gascó, F. 2012. Presencia del icnogénero *Iguanodontipus* en el Cretácico Inferior de la provincia de Teruel (España). *Geogaceta*, 52, 185-188.

Cobos, A., Gascó, F., Royo-Torres, R. y Alcalá, L. 2013. "Dinoichnofacies" barremienses de Teruel (España)**.** *Libro de Resúmenes de las XIX Jornadas de Paleontología*, Córdoba, 65-66.

Díaz-Molina, M. y Yébenes, A. 1987. La sedimentación litoral y continental durante el Cretácico Inferior. Sinclinal de Galve, Teruel. *Estudios Geológicos* (Galve-Tremp), 3-21.

Herrero-Gascón, J. y Pérez-Lorente, F. 2013. Nuevas aportaciones icnológicas de Galve (Teruel, España). Grandes huellas ornitópodas en el yacimiento de Santa Bárbara. *Geogaceta*, 53, 21-24.

Navarrete, R., Liesa, C., Castanera, D., Soria, A.R., Rodríguez-López, J.P. y Canudo, J.I. 2014. A thick Tethyan multi-bed tsunami deposit preserving a dinosaur megatracksite within a coastal lagoon (Barremian, eastern Spain). *Sedimentary Geology*, 313, 105-127.

Rodríguez-Tovar, F.J., Alcalá, L. y Cobos, A. 2016. *Taenidium* at the lower Barremian El Hoyo dinosaur tracksite (Teruel, Spain): assessing palaeoenvironmental conditions for the invertebrate community. *Cretaceous Research*, 65, 48-58.

Royo-Torres, R., Mampel, L. y Alcalá, L. 2013. *Icnitas de dinosaurios del yacimiento San Cristóbal 3 de la Formación Camarillas en Galve (Teruel, España). Geogaceta*, 53, 5-8.

Ruiz-Omeñaca, J.I. 2011. *Delapparentia turolensis* nov. gen et sp., un nuevo dinosaurio iguanodontoideo (Ornithischia: Ornithopoda) en el Cretácico Inferior de Galve. *Estudios Geológicos*, 67(1), 83-110.

Thulborn, T. 1990. *Dinosaur Tracks.* Chapman & Hall, London, 410 pp.

Verdú, F.J, Royo-Torres, R., Cobos, A. y Alcalá, L. 2015. Perinates of a new species of *Iguanodon* (Ornithischia: Ornithopoda) from the lower Barremian of Galve (Teruel, Spain). *Cretaceous Research*, 56, 250-264.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

DATOS PRELIMINARES DE LOS MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO DE LA CUEVA DE LOS CASARES (GUADALAJARA)

G. Cuenca-Bescós[1], M. Alcaraz-Castaño[2], J. Alcolea-González[3] y G.-C. Weniger[2]

[1] Aragosaurus-IUCA-EIA, Dpt. Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna, 12, 50009 Zaragoza, España. cuencag@unizar.es
[2] Neanderthal Museum, Talstraße 300, 40822 Mettmann (Alemania). alcaraz@neanderthal.de
[3] Área de Prehistoria, Departamento de Historia y Filosofía, Universidad de Alcalá.

RESUMEN

Un nuevo proyecto de investigación reabre La Cueva de los Casares, Riba de Saelices, Guadalajara. El estudio de los depósitos del Pleistoceno aún conservados en el Seno A de la cueva pretende establecer relaciones entre las dinámicas de poblamiento de los Neandertales y los cambios ecológicos ocurridos en la región central de la Península Ibérica durante el Pleistoceno Superior. La recogida de sedimentos para análisis de diversos tipos, ha proporcionado una pequeña muestra de microfauna que incluye fragmentos del esqueleto de lagomorfos, roedores, aves y reptiles. El objetivo de este trabajo es el estudio de esta microfauna y proponer una bioestratigrafía y una reconstrucción paleoambiental preliminar.

Palabras clave: Cueva de Los Casares, Pleistoceno, microfauna, reconstrucción paleoambiental.

ABSTRACT

A new project has restarted research at Los Casares Cave, in Riba de Saelices, Guadalajara. The study of the Pleistocene deposits still preserved in the Seno A of the cave seeks to establish relationships between the dynamics of settlement of Neanderthals and ecological changes in the central region of the Iberian Peninsula during the Late Pleistocene. Collecting sediment for analysis of various types has provided a small sample of microfauna, including skeletal fragments of lagomorphs, rodents, birds and reptiles. The aims of this work are the study of the microfauna and to propose a preliminary biostratigraphy and paleoenvironmental reconstruction.

Key words: Los Casares cave, Pleistocene, microfauna, paleoenvironmental reconstruction.

INTRODUCCIÓN

El estudio de la Cueva de los Casares comenzó a finales del siglo XIX al descubrir restos óseos en los sedimentos del interior, aunque fue en los años 1960 cuando se hicieron las primeras excavaciones arqueológicas en la cueva (Fig. 1). Fue Ignacio Barandiarán, entonces profesor de la Universidad de Zaragoza (Alcaraz-Castaño *et al.*, 2015a), junto con estudiantes, hoy profesores de la UZA, como Pilar Utrilla. Luego, durante más de 50 años sólo hay estudios

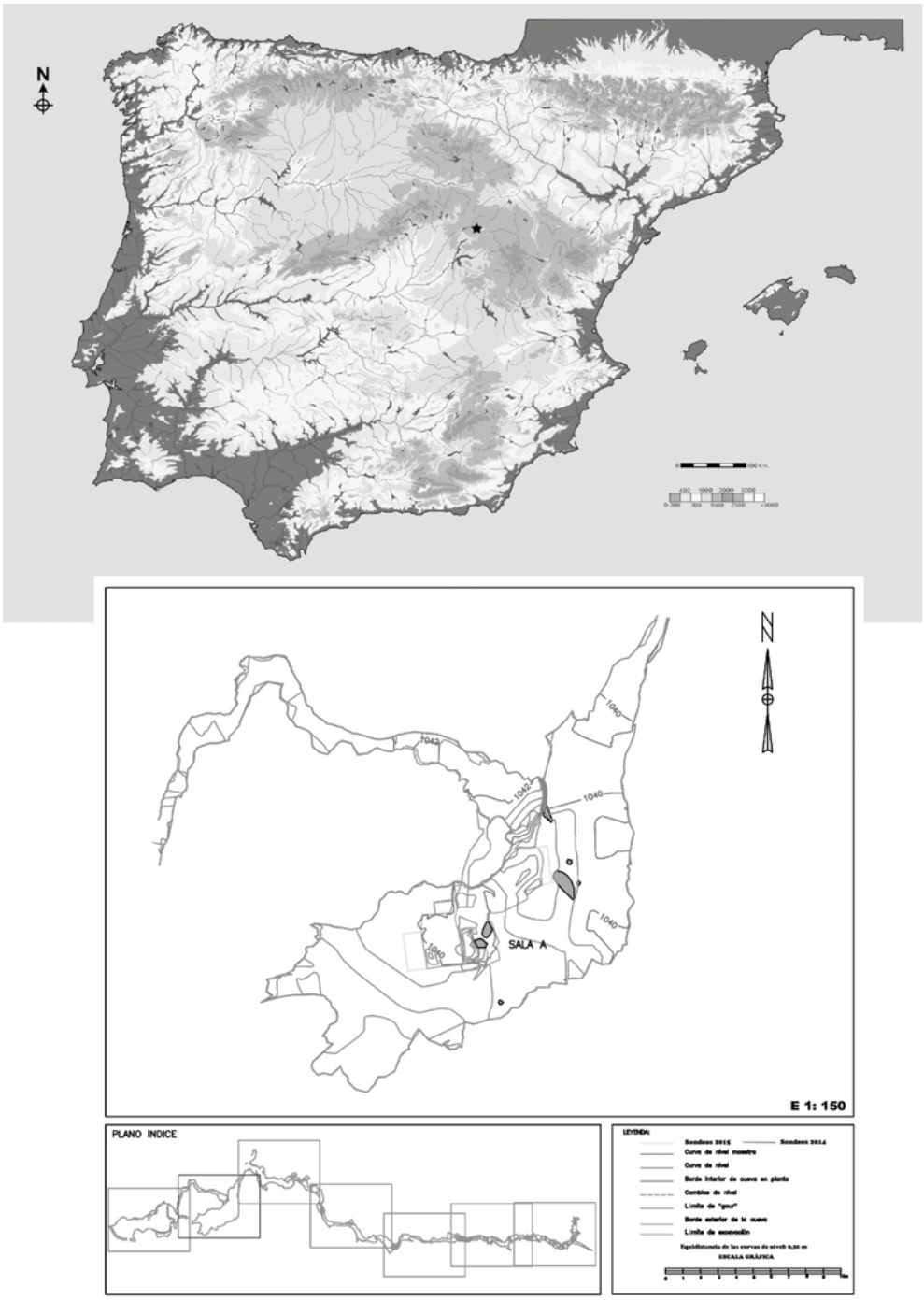


Figura 1. Situación geográfica de la Cueva de los Casares en Riba de Saelices, Guadalajara, España y topografía de la cueva.

aislados de sus grafías rupestres, la geología, que está sin publicar, y la industria lítica y la fauna depositadas en el Museo Arqueológico Nacional (Alcaraz-Castaño *et al*., 2015a). El nuevo proyecto pretende poner en valor el potencial arqueológico de La Cueva de los Casares y aportar datos relevantes para el conocimiento de la ecología y la Prehistoria del Pleistoceno superior en el centro de la Península Ibérica.

El interés de Los Casares se encuadra en un proyecto más amplio sobre las dinámicas de población en la región central de la Península Ibérica durante el Pleistoceno Superior. Dicho proyecto, titulado *'Testing population hiatuses in the Late Pleistocene of Central Iberia: a geoarchaeological approach'*, se coordina desde el Neanderthal Museum (Mettmann, Alemania) y está dirigido por M. A.-C. y G.-Ch. W. Asimismo, cuenta con la colaboración de numerosos investigadores de varios centros de investigación alemanes y españoles. El relleno Pleistoceno que se conserva en el Seno A de la Cueva de los Casares nos parece una secuencia excelente para valorar las teorías clásicas sobre el poblamiento paleolítico del centro de la Península Ibérica durante el Pleistoceno superior. La idea preponderante ha sido la de una Meseta visitada esporádicamente o directamente despoblada en las oscilaciones frías, con perduración del Musteriense (Neandertales) hasta cronologías posteriores a la aparición del hombre moderno en la región cantábrica; se consideraba además que los grupos del Paleolítico Superior no se asentaron en el territorio hasta la retirada del Último Máximo Glacial, ya en cronologías magdalenienses. Habría habido por tanto un hiato poblacional desde el final de las ocupaciones musterienses tardías hasta prácticamente el Magdaleniense, produciéndose sólo algunas frecuentaciones esporádicas durante el Solutrense (Alcaraz-Castaño *et al*., 2015b). El estudio de la microfauna de la Cueva de los Casares, con restos fósiles humanos de *H. neanderthalensis* en el nivel c3 del Seno A y las industrias musterienses asociadas, puede aportar nuevos datos paleoecologicos que contribuyan a comprobar la validez de los modelos tradicionales sobre el poblamiento humano de la Meseta durante el Pleistoceno superior.

MATERIAL Y MÉTODOS

La fauna de grandes mamíferos fue estudiada por Altuna en 1973 y provenía de los niveles musterienses de Los Casares, de las zonas del Vestíbulo y del Seno A; se citan: rinoceronte, corzo, jabalí, asno salvaje, grandes bóvidos, leopardo, zorro, lobo, oso de las cavernas, oso pardo, hiena, cuón, lince ibérico, lince nórdico, gato montés, y micromamíferos como el castor y el conejo (Alcaraz-Castaño *et al*., 2015a). Los restos faunísticos recuperados en las excavaciones se encuentra actualmente en proceso de estudio por J. Yravedra.

En el nuevo proyecto la metodología de excavación empleada en el Seno A de Los Casares ha sido la convencional en yacimientos paleolíticos: se rebajaron los niveles sedimentarios con material de excavación fino, dividiendo los niveles de mayor grosor en capas artificiales de 2 ó 3 cm. Tras cada capa excavada se tomaron fotografías generales y de detalle. Los hallazgos mayores de 2 cm fueron situados en el plano tridimensional mediante Estación Total. De forma paralela, se tomaron medidas manuales mediante flexómetros para su dibujo en papel milimetrado. De esta forma nos aseguramos dos métodos complementarios de registro espacial, pudiendo utilizar el método tradicional si se produjera alguna perdida de datos en la Estación Total. Por otro lado, los restos arqueológicos menores de 2 cm se recogieron en bolsas de nivel (B.N.) divididas por sectores de 33 cm de lado. Las mismas medidas han servido para recoger el sedimento, que ha sido guardado en su totalidad para su posterior lavado-tamizado (cribado) con agua. El cribado, aún en proceso en el laboratorio, ha proporcionado una pequeña colección de microfauna objeto de este estudio (ver detalle de la secuencia estratigráfica en fig. 2). El sedimento también ha sido sometido a flotación para recuperar carbón.

RESULTADOS

Además de micromamíferos hay también pequeños restos de otros microvertebrados como peces, aves y reptiles. Los micromamíferos incluyen quirópteros, *Myotis* en su mayoría; insectívoros, *Erinaceus* sp.; pequeños mustélidos, *Mustela* sp.; roedores, *Eliomys quercinus, Allocricetus* sp., *Apodemus* sp., *Arvicola* sp., *Microtus agrestis, Microtus arvalis, Terricola duodecimcostatus, Iberomys cabrerae.*, *Clethrionomys* sp. y *Pliomys* sp., así como lagomorfos, *Oryctolagus* sp. y *Lepus* sp. La mayoría de los restos provienen de los niveles B y C (ver figura 2) y son restos del esqueleto craneal

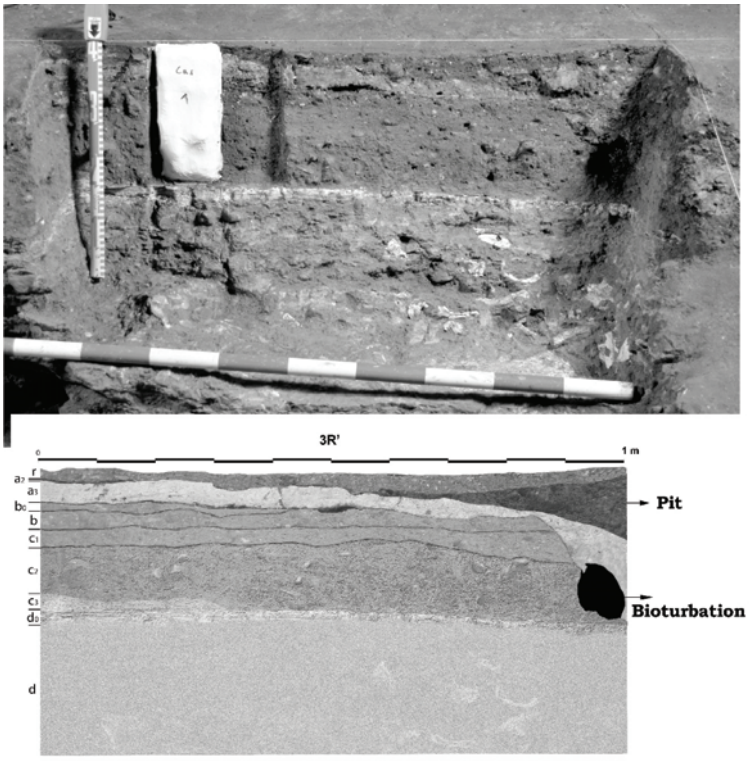


Figura 2. Columna estratigráfica del sector Este, en el cuadro 3R', y esquema en el que se aprecian los niveles y subniveles identificados (modificado de Alcaraz-Castaño *et al.*, 2015a).

Cuadro	Nivel	Capa	Pez	Reptiles	Aves	Quiroptera	*Erinaceus*	Carnivora indet.	*Mustela* sp.	Rodentia indet.	*Hystrix*	*Eliomys quercinus*	*Allocricetus* sp.	*Apodemus* sp.	Arvicolinae indet.	*Arvicola sapidus*	*Microtus agrestis*	*Microtus arvalis*	*Terricola duodecimcostatus*	*Iberomys cabrerae*	*Clethrionomys*	*Pliomys*	Lagomorpha	S
3R'	r	1				x			x														x	3
3R'	r	2																					x	1
4Q	supyalr																						x	1
6v	B0	2			x	x				x				x		x	x	x	x	x			x	10
6v	B0'	2			x			x																2
3R'	C	1								x							x		x				x	4
3R'	C	2	x?	x	x?	x	x	x		x		x	x	x	x	x?	x	x	x	x?	x	x?	x	19
2-Ó	C	3			x													x					x	3
2-Ó	C	4		lact., tort.	x	x		x	x	x	x?		x		x	x		x	x	x			x	14
1-Ó	C	5						x		x													x	3
8W	C	6			x				x	x					x								x	5

Figura 3. Tabla con los restos de microvertebrados obtenidos durante las campañas de 2014 y 2015 en las excavaciones del Seno A de la Cueva de los Casares, en Riba de Saelices, Guadalajara, España.

y postcraneal, desarticulados y en diferentes estados de conservación y mineralización. Los restos identificados son elementos de la dentición aislados, salvo casos raros asociados al dentario y/o maxilar (Fig. 3).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

De las 89 muestras de microfauna analizadas para este trabajo, tanto bolsas de nivel (las extraídas directamente durante la excavación) como las de sedimento lavado-tamizado, han resultado positivas 48, es decir contienen microfauna determinable, la mayoría restos de Lagomorpha. Al unificar las muestras del mismo nivel resultan xx niveles estratigráficos dstintos. La distribución por niveles y cuadros puede verse en la fig. 3.

Los niveles B0, B y C del Seno A de los Casares son los que presentan una mayor diversidad taxonómica (S). La asociación del nivel B0 (10S) de especies de medios abiertos (*Microtus*) junto con especies que necesitan medios con mayor cobertura vegetal, como *Apodemus* e *Iberomys*, así como agua en los alrededores por la presencia de *Arvicola*, indican un paleoambiente húmedo y abierto, pero con algo de bosque. Estas especies son indicadoras de ambientes mediterráneos, aunque, a excepción de *Iberomys* y *Arvicola*, probablemente *A. sapidus*, que son exclusivamente mediterráneas, se encuentran en Europa occidental-meridional. La asociación del nivel C es más diversa en especies (14S), aumentan las de medios boscosos, se añaden *Eliomys*, el lirón, y *Clethrionomys*, el topillo rojo, a los que se encuentran también en B0. También hay más taxones mediterraneos, a los del B0 se añaden el topillo mediterraneo, *Terricola duodecimcostatus* y el erizo (*Erinaceus*). En ambos niveles faltan la marmota o el castor citados en trabajos anteriores.

Por lo tanto podemos concluir con respecto al paleoambiente inferido a partir de este estudio preliminar de la fauna de los Casares que hay enfriamiento y disminución de los bosques desde el nivel inferior C al nivel superior B0. En el nivel C la presencia del puercoespín *(Hystrix)* indica un ambiente de selva, mediterráneo y húmedo.

En cuanto a la edad podemos decir que se trata de una asociación de micromamíferos propia del comienzo del Pleistoceno superior como puede ser La Solana del Zamborino y la Cariguela en Granada, Cueva de Ambrosio en Almería o Cova del Tossal de la Font, en Castellón (Ruiz Bustos, 1986). En el norte de la Península *Allocricetus* desaparece en el Pleistoceno medio (Gran Dolina, Galería, Sima de los Huesos en Atapuerca, Cuenca-Bescós et al., 2016), pero esta especie desaparece posteriormente en el centro de la Meseta así como en el levante y sur de la Península como en Camino, MIS5-MIS4 (Pinilla del Valle) y Cova Negra, entre otros (Blain et al., 2014, Cuenca-Bescós et al., 2010).

AGRADECIMIENTOS

La investigación en Los Casares se desarrolla en el marco institucional y económico de una *Marie Curie Intra European Fellowship* del *7th European Commnunity Framework Programme*. También está asociada al CRC 806 " *Our Way to Europe*", financiado por la *Deutsche Forschungsgemeinschaft*. Los trabajos de campo cuentan con la autorización de la Dirección General de Cultura de Castilla – La Mancha. La investigación de la microfauna del Pleistoceno ibérico se enmarca dentro de los proyectos de Atapuerca CGL2012-38434-C03-01, Grupo Consolidado del Gobierno de Aragón H54, Aragosaurus e IUCA.

REFERENCIAS

Alcaraz-Castaño M., Weniger, G.-Ch., Alcolea, J., Andrés-Herrero, M. de, Baena, J., Balbín, R. de, Bolin, V., Cuartero, F., Kehl, M., López, A., López-Sáez, J.A., Martínez-Mendizábal, I., Pablos, A., Rodríguez-Antón, D., Torres, C., Vizcaíno, J., Yravedra, J. 2015a. Regreso a la cueva de Los Casares (Guadalajara): un nuevo proyecto de investigación para el yacimiento del Seno A. *ARPI 02*, 68-89.

Alcaraz-Castaño, M., López-Recio, F. Tapias, F. Cuartero, J. Baena, B. Ruiz-Zapata, J. Morín, A. Pérez-González, and M. Santonja. 2015b. The human settlement of Central Iberia during MIS 2: New technological, chronological and environmental data from the Solutrean workshop of Las Delicias (Manzanares River Valley, Spain). *Quaternary International*.

Blain, H.-A., Laplana, C., Sevilla, P., Arsuaga, J. L., Baquedano, E. y Pérez-González, A. 2014. MIS 5/4 transition in a mountain environment: herpetofaunal assemblages from Cueva del Camino, central Spain. *Boreas*, 43, 107–120.

Cuenca-Bescós, G., Hugues-Alexandre Blain, Juan Rofes, Juan Manuel López-García, Iván Lozano-Fernández, Julia Galán, Carmen Núñez-Lahuerta, Updated Atapuerca biostratigraphy: Small-mammal distribution and its implications for the biochronology of the Quaternary in Spain, *Comptes Rendus Palevol*, http://dx.doi.org/10.1016/j.crpv.2015.09.006.

Cuenca-Bescós, G., Straus, L.G., García-Pimienta, J.C., González Morales, M. y López-García J.M. 2010. Faunal turnover in the Late Pleistocene in Cantabria. The extinction of Pliomys lenki (Rodentia Mammalia). *Quaternary International,* 212, 129-136.

Ruíz Bustos, A. 1986. Cuestiones a considerar para la interpretación de la Biogeografía de las Faunas Europeas de roedores durante el Pleistoceno Medio y Superior. *Paleontologia i Evolució*, 20, 309-310.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LAS MARMOTAS (MAMMALIA) DEL PLEISTOCENO DE EUROPA

G. Cuenca-Bescós, J. Galán, C. Núñez-Lahuerta y R. Moya-Costa

Aragosaurus-IUCA-EIA, Dpt. Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna, 12, 50009 Zaragoza, España. cuencag@unizar.es

RESUMEN

Las marmotas (género *Marmota*) son ardillas terrestres de gran tamaño. Nueve de las 15 especies actuales viven en Eurasia y seis en Norte América (NA). Pertenecen a la Tribu Marmotini de la Familia Sciuridae (Rodentia, Mammalia), la cual incluye asimismo ardillas, listadas, susliks y woodchucks. Marmotas y woodchucks son los esciúridos mejor adaptados a terrenos abiertos y condiciones variadas y extremas. La primera especie de marmota data del Mioceno tardío (cerca de 9,5 Ma) de Nebraska, NA, desde donde se dispersa en el Plioceno, entrando luego en Asia. Los primeros fósiles euroasiáticos se encuentran en China y Transbaikalia. A Europa occidental llegan en el Pleistoceno temprano de Gran Dolina, Atapuerca (1-0,8 Ma). El registro fósil de *Marmota* en Europa se compone de restos aislados en su mayoría y hasta el Pleistoceno tardío es escaso.

Palabras clave: Pleistoceno, Europa, Atapuerca, *Marmota.*

ABSTRACT

Marmots (genus *Marmota*) are "king-size" squirrels. Nine of the 15 extant species live in Eurasia and six in North America NA. They belong to the Tribe Marmotini of the Sciuridae family (Rodentia, Mammalia), which also includes squirrels, chipmunks, susliks and woodchucks. Marmots and woodchucks are sciurids better adapted to open terrains in extreme and varied conditions. The first fossil species dates from the late Miocene (9.5 Ma) of Nebraska, NA. During the Pliocene the genus apparently dispersed from NA into Asia. The first are from China and Transbaikalia. In Western Europe marmots are from the early Pleistocene levels of Gran Dolina, Atapuerca (1-0.8 Ma). The fossil record of marmots in Europe is scarce until the late Pleistocene, and consists mostly of isolated remains.

Key words: Pleistocene, Europe, Atapuerca, *Marmota.*

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Las marmotas son un grupo monofilético de roedores de origen norteamericano (Cardini y O'Higgins, 2004). La marmota se dispersa en el Plioceno y entra en Asia (Bibikov, 1996). Los primeros fósiles asiáticos son *Marmota tologoica* en Transbaikalia (Erbajeva y Alexeeva, 2009) y *Marmota robusta* en China, del comienzo del Pleistoceno temprano (2,6 Ma), en la formación Haiyan, China (Flynn *et al*., 1997). Sin embargo, las primeras marmotas europeas aparecen casi un millón y medio de años más tarde, al final del Pleistoceno temprano en los yacimientos de la Gran Dolina (1-0,8

Ma), niveles TD5, TD6 (Atapuerca, Burgos), en el norte de España (Cuenca Bescós y Canudo, 2005, 2006), Montousse 5 en el Sur de Francia (Clot *et al*., 1975), Podumci y Tatinja Draga en Croacia (Paunovic y Rabeder, 2000) y Deutsch Altenburg 2c1 en Austria (Maul, 1990). Desaparecen después y reaparecen, cerca de 300.000 años más tarde en el Pleistoceno medio de Francia y España. La marmota del Pleistoceno medio de Francia es morfológicamente similar a *M. sibirica*, tarbagán o marmota de Mongolia, descrita en el yacimiento de Arago en el sudeste francés. La de España está en el Pleistoceno medio-medio de Atapuerca, en los niveles TD10 de la Gran Dolina y en GII y GIII de Trinchera Galería-Zarpazos. Al final del Pleistoceno medio aparecen las marmotas llamadas del "Riss" por Chaline (1972), homogéneas por sus caracteres morfométricos, donde la mayoría presentan un tubérculo adicional en los molares superiores, el mesostilo: La Fage, Les Cedres, Nestier y Lazaret (Aimar, 1992, Desclaux, 1996-1997). En la Península Ibérica al final del Pleistoceno medio, sólo hay registro de *Marmota* en La Parte, en Asturias (Alvarez-Laó y García-García, 2006).

Finalmente, el registro de marmotas del Pleistoceno superior presenta un ligero incremento. Hay dos especies fósiles en Europa Central y Occidental. Por una parte *Marmota primigenia*, probablemente relacionada con la actual marmota de los Alpes (*M. marmota*). Por otra, representantes fósiles de la actual *M. bobac*, o marmota de estepa (Kalthoff, 1999). Al final del Pleistoceno entran las marmotas alpinas actuales, *M. marmota*, probablemente desde oriente según Kalthoff (2003).

Las "faunas de marmota" de los yacimientos del Pleistoceno superior de la glaciación Valdai, son características en Europa oriental por la asociación de faunas frías (*Panthera spelaea, Mammuthus, Coelodonta, Saiga, Ovibos, Bison priscus, Equus, Dicrostonyx, Lemmus* y *Marmota* entre otros taxones indicadores de estepas (Markova, 1992).

En la Península Ibérica las marmotas del Pleistoceno tardío están peor representadas que en los yacimientos de Europa central y oriental y sus restos están constituidos en su mayoría por restos aislados en yacimientos del Norte de España, País Vasco y Cataluña, Castilla-León y Castilla La Mancha (Altuna, 1965, Villalta, 1972, Arribas Herrera y Jordá Pardo, 1999, Quam *et al*., 2001, Garca-Ibaibarriaga *et al*., 2013). No parece haber asociación significativa con faunas frías.

Nuestro objetivo es revisar el material de las marmotas fósiles de los yacimientos del Pleistoceno en general y de la Sierra de Atapuerca en particular, su distribución estratigráfica y situarlo en el contexto climático del Pleistoceno. La Sierra de Atapuerca una pequeña colina formada por calizas del Cretácico superior, a unos 18 km, de la ciudad de Burgos (Castilla y León, España) donde se ha desarrollado un sistema cárstico constituido por un complejo de galerías, fisuras y cuevas en las cuales se conservan potentes sedimentos de relleno (Ortega *et al*., 2013).

MATERIAL Y MÉTODOS

La mayoría de los restos de marmotas se obtienen, al igual que el resto de la microfauna, lavando los sedimentos que se extraen en las excavaciones utilizando el método arqueológico. Éste consiste en dividir la superficie en metros cuadrados excavando el sedimento y los macro restos arqueo-paleontológicos y tomando coordenadas x, y, z (cuadro excavado, x, y, $1m^2$) y unos diez centímetros de profundidad (z) promedio. Nomenclatura y descripciones en Cuenca-Bescós y Canudo (2005, 2006) y Erbajeva y Alexeeva (2009).

RESULTADOS

Order Rodentia Gray, 1821

Family Sciuridae Fisher de Waldheim, 1817

Tribe Marmotini Pocock 1923

Los marmotinos tienen la dentición superior marcadamente triangular debido a la ausencia de hipocono, presente en los Xerini, y la posición central, casi simétrica mesio-distalmente del protocono (Fig. 2). En los molares inferiores el talónido es generalmente liso.

Genus *Marmota* Blumenbach 1779 (*Marmota* Frisch, 1775 es nomen nudum).

Marmota sp. Los restos de marmotas fósiles de Atapuerca se encuentran en los yacimientos de Gran Dolina, Galería-Zarpazos y Estatuas; consisten generalmente en elementos aislados de la dentición con la excepción de td5t58

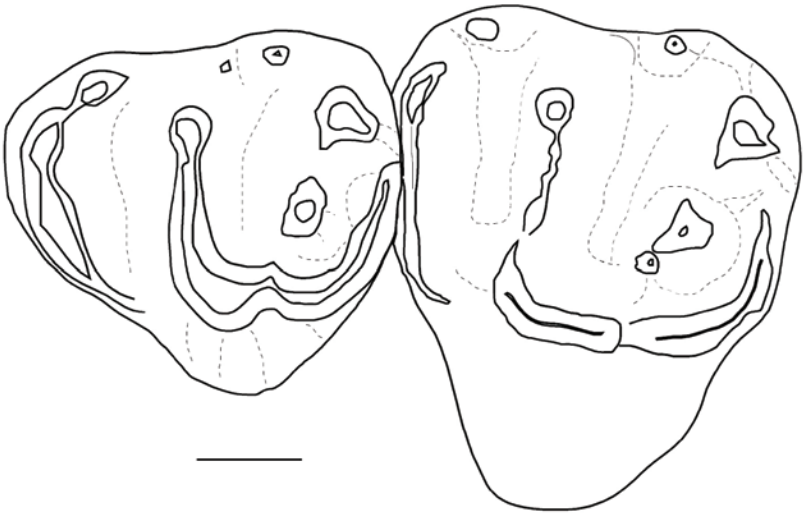


Figura 1. Dibujo de *Marmota* sp. del nivel TD5 del Pleistoceno inferior de la Gran Dolina, Atapuerca, Burgos (td5t58mx).

que es un fragmento de maxilar (Fig. 1). Los molares son morfológicamente similares, algo más pequeños, que los de las marmotas del Pleistoceno medio-tardío y actuales; siendo de mayor tamaño que los de otras especies de Marmotini. Con mesostílido en los molares inferiores.

DISCUSIÓN

La especie *M. primigenia* carece de mesostílido, por tanto la de Atapuerca queda en *Marmota* sp. Debemos determinar si se trata de una sola especie desde el Pleistoceno inferior, sustituida por la marmota alpina, o si resulta ser una entrada más temprana de lo que se pensaba de la actual marmota de los Alpes, ya que la mayoría de los elementos de la dentición tienen tamaño y morfología parecidas, Figura 2).

CONSIDERACIONES PALEOAMBIENTALES

Junto con los géneros *Castor* e *Hystrix*, las marmotas ocupan nichos de herbívoros de tamaño medio durante el Pleistoceno. Según Bibikov (1996) las marmotas posiblemente se dispersarían en períodos cálidos, salvo en el caso de *M. bobac* que entraría en Europa durante un período frío. Las marmotas actuales requieren un hábitat limitado por cinco factores: 1) praderas secas o húmedas donde alimentarse; 2) pendientes moderadas a fuertes con un buen drenaje; 3) pendientes orientadas al este o sur; 4) suelos que faciliten la excavación de madrigueras; 5) alturas por encima de la línea de bosque o en claros (Armitage, 1999).

Análisis paleoambientales de la Sierra de Atapuerca (Cuenca-Bescós *et al*., 2011 y trabajos en curso) indican paisajes en mosaico, que evolucionan de más boscosos a más abiertos durante el Pleistoceno. Predominan paisajes abiertos con ríos, pendientes rocosas y bosques, tanto en la Sierra como en sus alrededores. El clima ha variado de templado a fresco y frío. Los quirópteros de los niveles TD 4, TD 5, TD 6 y TD 10 son cavernícolas*, Myotis myotis, Miniopterus schreibersii* y *R. ferrumequinum*, comunes en la Península Ibérica desde el Pleistoceno, y ligados al área de influencia mediterránea, aunque *M. myotis* se encuentra en la mayor parte de Europa. Las aves de TD10 están representadas por Galliformes indet., *Falco* sp., Passeriformes indet., *Turdus* sp., *Sturnus* sp., *Prunella collaris,*

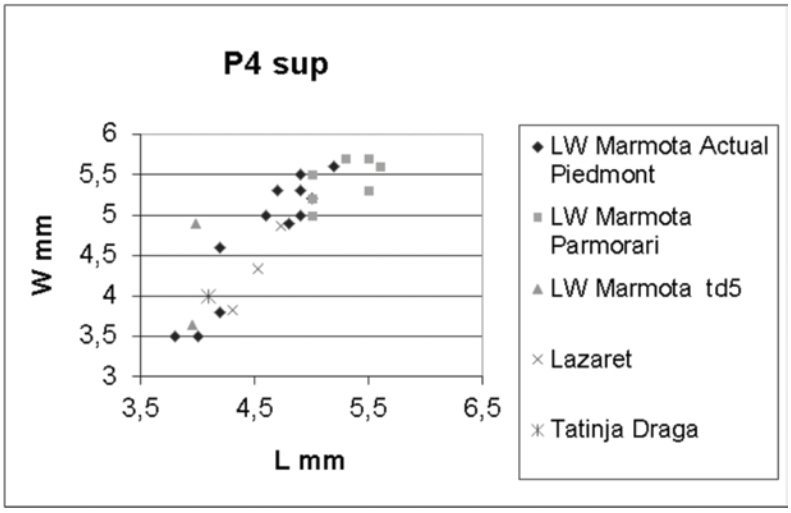


Figura 2. Medidas del premolar superior (P4) de especies de marmotas actuales y fósiles. Rombo: marmota actual, *Marmota marmota* de los Alpes, del Piedmont, Italia; Cuadrado: marmota del Pleistoceno superior de Parmorari; Triángulo: marmota del Pleistoceno inferior de Gran Dolina TD5; Equis: marmota del Pleistoceno medio de Lazaret; Asterisco: marmota del Pleistoceno temprano de Tatinja Draga.

Corvidae indet. Esta asociación se corresponde también con un mosaico paisajístico en el que hay prados abiertos en pendientes rocosas como indica el acentor alpino (*P. collaris*). Los estorninos (*Sturnus*) son de áreas abiertas, como indica la alta representación de especies de medios abiertos con manchas de bosques, mientras que los tordos (*Turdus*) son típicos de bosques, lo cual es acorde con la proporción de ratones de campo (*Apodemus*) y lirones (*Eliomys*) siempre en menor cantidad que los topillos de prados abiertos, como en TD3-4 y TD5 y en general en todos los yacimientos de la Sierra.

CONCLUSIONES

La revisión de los fósiles de *Marmota* del Pleistoceno de Europa indica que las especies euroasiáticas tienen su origen en una entrada y posterior dispersión desde Norteamérica, durante el Plioceno. A comienzos del Pleistoceno llegan a Europa Central-Occidental. La marmota bobac, el woodchuk y la alpina prefieren hábitats abiertos, en pendientes soleadas y bien drenadas por lo que, junto con otros indicadores como aves, insectívoros, roedores y quirópteros, en Atapuerca dominarían los prados, prácticamente como en la actualidad. Durante los períodos más fríos las zonas abiertas tendrían mayor extensión. La única región geográfica con registro de *Marmota* durante la mayor parte del Pleistoceno, es Atapuerca.

AGRADECIMIENTOS

Proyectos MICINN CGL2012-38434-C03-01, CGL2012-38434-C03-03, CGL2012-38358, Junta de Castilla y León, Fundación Atapuerca, Grupos Consolidados del Gobierno de Aragón, la colaboración de investigadores del Proyecto de Atapuerca, de la Universidad de Zaragoza, y la Asociación Aspanias Burgos. R. Moya-Costa es (FPU14/05528, Ministerio de Educación, Cultura y Deporte).

REFERENCIAS

Aimar A. 1992. Analisi morfometrica di marmotte pleistoceniche. A morphometric analysis of pleistocene marmots. *Proc. 1st Int. Symp. on Alpine Marmot and gen.* Marmota, Bassano B., Durio P., Gallo Orsi , Macchi , eds., Torino, 179-184.

Altuna, J. 1965. Las marmotas del yacimiento prehistórico de Letxiki (Guipúzcoa). *Munibe*, 17, 65-71.

Alvarez-Laó, D. y García-García, N. 2006. A new site from the Spanish Middle Pleistocene with cold-resistant faunal elements: La Parte (Asturias, Spain). *Quaternary International*, 142-143, 107-118.

Armitage, K.B. 1999. Evolution of sociality in marmots. *Journal of Mammalogy*, 80, 1–10.

Arribas Herrera, A. y Jordá Pardo, J.F. 1999. Los mamíferos del Cuaternario kárstico de Guadalajara (Castilla-La Mancha, España). En: *La Huella del Pasado. Fósiles de Castilla-La Mancha* (Aguirre, E. y Rábano, I. eds.), Patrimonio Histórico. Arqueología Castilla-La Mancha, 327-353.

Bibikov, D. 1996. "Marmots of the World" (On-line). Accessed November 8, 2001. http://cons-dev.univ-lyon1.fr/MARMOTTE/PUBLILABO/Theses/Bibikov/bibtex/Bibsom.html.

Cardini, A., O'Higgins, P. 2004. Patterns of morphological evolution in Marmota (Rodentia, Sciuridae): geometric morphometrics of the cranium in the context of marmot phylogeny, ecology and conservation. *Biological Journal of the Linnean Society,* 82, 385–407.

Chaline, J. 1972. Les Rongeurs de l'aven 1 des abîmes de La Fage à Noailles (Corrèze). *Nouvelles Archives du Muséum d'Histoire naturelle de la Ville de Lyon,* 10, 61-78.

Clot, A. 1975. Les dépôts ossifères de Montoussé (Hautes-Pyrénées). *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 12, 205-206.

Cuenca Bescós, G. y Canudo, J.I. 2005. El origen de la marmota europea (Sciuridae, Rodentia, Mammalia). *XXI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. Gestión e Investigación de la Paleontología en el Siglo XXI.* Sevilla 4-8 de octubre de 2005. Eds. E. Bernáldez, E. Mayoral y A. Guerreiro dos Santos, 141-142.

Cuenca Bescos G. y Canudo J.I. 2006. The origin of the European marmot (Sciuridae, Rodentia, Mammalia). Stratigraphy, paleontology and paleoenvironment of Pliocene-Pleistocene of Transbaikalia and interregional correlations. *In: Volume of Abstracts of the International Symposium,* August 28th-September 3rd, 2006. Ulan-Ude: Buryat Scientific Centre, 30-31.

Cuenca-Bescós, G., Melero-Rubio, M., Martínez, I., Blain, H.-A., López-García, J.M., Rofes, J., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M. y Carbonell, E. 2011. The Early-Middle Pleistocene environmental and climatic Change and the Human Expansion in Western Europe: a case study with small vertebrates (Gran Dolina Atapuerca Spain). *Journal of Human Evolution,* 60, 481-491.

Desclaux, E. 1996-1997. Contribution des Micromammifères à la connaissance des paléoenvironnements des chasseurs de la Grotte du Lazaret à Nice. *Archéam Cahiers du Cercle d'Histoire et d'Archeologie des Alpes-Maritimes*, 4, 7-11.

Garcia-Ibaibarriaga, N., Murelaga Bereikua, X., Bailon, S., Rofes Chávez, J., Ordiales Castrillo, A. 2013. Estudio de los microvertebrados de la Cueva de Arlanpe (Lemoa, Bizkaia). *Kobie*, 3, 81-110.

Erbajeva, M.J. y Alexeeva, N.V. 2009. Pliocene-Recent Holarctic marmots: overview. *Ethology Ecology & Evolution,* 21, 339-348.

Flynn, L.J., Wu, W., Downs III, W.R. 1997. Dating vertebrate microfaunas in the late Neogene record of Northern China. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 133, 227-242.

Kalthoff D.C. 2003. Late Pleistocene marmots from the Middle Rhine Region (Germany) and their phylogenetic relationships to the extant European species. In: *Adaptive strategies and diversity in marmots,* Ramousse R., Allainé D. & Le Berre M. eds., International Network on Marmots, 79-80.

Markova, A. K. 1992 Influence of paleoclimatic changes on the Middle and Late Pleistocene on the composition of small mammal faunas: data from eastern Europe. *CFS Courier,* 153, 93-100

Maul, L. 1990. Überblick über die unterpleistozänen Kleinsäugerfaunen Europas. *Quartärpaläontologie,* 8, 153-191.

Ortega, A.I., Benito-Calvo, A., Perez-Gonzalez, A., Martın-Merino, M.A., Perez- Martinez, R., Parés, J.M., Aramburu, A., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Carbonell, E. 2013. Evolution of multilevel caves in the Sierra de Atapuerca (Burgos, Spain) and its relation to human occupation. *Geomorphology* 196, 122– 137.

Paunovic, M. y Rabeder, G. 2000. Paleoecological Analysis of the Early Pleistocene Vertebrate Fauna from Razvodje and Tatinja draga (Croatia). *Beiträge zur Paläontologie,* 25, 87-94.

Quam, R. M., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M., Díez, J.C., Carretero, J.M., García, N., Ortega, A.I. 2001. Human remains from Valdegoba Cave (Huérmeces, Burgos, Spain). *Journal of Human Evolution,* 41, 385-435.

Villalta, J. F. 1972. Presencia de la Marmota y otros elementos de la fauna esteparia en el Pleistoceno catalán. *Acta Geologica Hispanica,* 7, 170-173.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

CONCAVENATOR CORCOVATUS (LOWER CRETACEOUS, CUENCA) UNDER UV-LIGHT: HIGHLIGHTING BONES AND SKIN IMPRESSIONS

E. Cuesta[1], F. Ortega[2] y J. L. Sanz[1]

[1] Unidad de Paleontología, Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, 28049 Madrid, España. dinoproyecto@gmail.com
[2] Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Paseo Senda del Rey, 9, 28040 Madrid, España. fortega@ccia.uned.es

RESUMEN

Las técnicas bajo luz ultravioleta permiten discriminar sobre la disposición de algunos restos y suturas que no son visibles en determinados fósiles. Además, es una herramienta no destructiva para analizar de *visu* las impresiones de los tejidos blandos preservados, clasificándolos según su fluorescencia. La respuesta fluorescente de cada material está ligada a su composición y permite identificar distintos tipos de tejidos. En este trabajo, se presentan los resultados obtenidos mediante un análisis con luz ultravioleta en *Concavenator corcovatus* (Cretácico Inferior, Cuenca). Estos resultados establecen una mejor identificación de algunos caracteres y una distinción de los tejidos blandos asociados a su extremidad posterior.

Palabras clave: Luz ultravioleta, terópodos, dinosaurios, preservación excepcional, técnicas no destructivas.

ABSTRACT

The ultraviolet light techniques allow to discriminate the location of some remains and sutures that are not visible in some fossils. Moreover, it is a non-destructible method in order to analyse the soft tissues impressions, classifying based on the fluorescence response. This fluorescence is linked to the composition of the sample and allows to identify distinct type of tissues. Here, we show the results obtained in an UV light analysis on *Concavenator corcovatus* (Lower Cretaceous, Cuenca). The results establish a better identification of some features and distinguish the different skin impressions around the hindlimb of the specimen.

Key words: Ultraviolet light, theropods, dinosaurs, exceptional preservation, non-destructive techniques.

INTRODUCTION

The use of ultraviolet light techniques and photography to analyse fossils has improved substantially in recent years (Hone *et al.,* 2010). Therefore, the number of studies of fossil material under ultraviolet light is increasingly common, especially in those found in lithographic limestones (Tischlinger, 2005; Haug *et al.,* 2009; Hone *et al.,* 2010; Kellner *et al.,* 2010; Schweigert *et al.,* 2010; Rauhut *et al.,* 2012; Tischlinger & Arratia, 2013; Foth *et al.,* 2014; Cuesta *et al.,* 2015). The analysis of fossils under ultraviolet light helps to discriminate some features, as hidden bony sutures or fossil boundaries from the sedimentary matrix. Moreover, the main asset of these techniques is to reveal soft tissues

remains, as scales, feathers and muscles, which are poorly or not discernible in visible light, using a non-destructive method. However, the drawback of this techniques is the high cost of all the equipment.

Ultraviolet light is an electromagnetic radiation with a wavelength between 10 nm to 40 nm. This wavelength is shorter than the visible light, but longer than X-rays. Artificial ultraviolet lamps present a UV bulbs and filters that are optimized in a specific fraction of the UV spectrum. Different UV lamps exist depending on their emissions range. UV-C or short wave ultraviolet is a lamp with an emission from 100-280 nm. UV-B or midwave ultraviolet is from 280-320 nm. UV-A or longwave ultraviolet has a range from 320-400 nm. The first stage of the analysis is to expose the fossil to the UV radiation. This radiation produces luminescence, which ceases when the radiation is removed. This luminescence is known as fluorescence and the degree of fluorescence depend of the composition of the material (Tischlinger & Arratia, 2013).

Here, we perform an analysis under ultraviolet light on the holotype of *Concavenator corcovatus* Ortega *et al.,* 2010 (MCCM-LH 6666). *Concavenator* is a theropod dinosaur from Las Hoyas fossil site (Lower Cretaceous. Cuenca, Spain). Several skin impressions are preserved around the hindlimb (Cuesta *et al.,* 2015) and the axial skeleton. Some of these impressions are observable in visible light but other are revealed under UV light. The aspect of some elements of the fossil and sedimentary matrix is similar (Briggs *et al.,* 1997; Gupta *et al.,* 2008) and both are no discernible in several areas. We carried out this analysis in order to discriminate accurately the limits of the bones and their sutures, and assessment the soft tissues impressions around the hindlimb.

Results show a great difference between the fluorescence of bones and matrix, which allows to distinguish the sutures and to delimit the skeleton. Moreover, different fluorescence are produced in the skin impressions. This change in fluorescence response involves a different composition of the soft tissues. To discriminate this composition, other more precise chemical techniques should be carried out in order to recognize these elements, helping the current methodology to focus on the other analyses in next works.

MATERIAL AND METHODS

The holotype MCCM-LH 6666 of *Concavenator corcovatus* is a well-preserved nearly complete and articulated skeleton. The study of the soft tissues impressions is focused on the delicate integumentary structures located under the pedal digits and in the metatarsal area of the right pes of *Concavenator.* The sample analysed here is housed in the collections of the Museo de Paleontología de Castilla-La Mancha (Cuenca, Spain).

UV-induced visible fluorescence photographs and image analysis

The specimen MCCM- LH-6666 was examined and photographed under UV-A light in order to recognize and to establish essential details of soft-tissues and bones. UV-A lamps with a wavelength of 365 nanometres was used. The photographic protocol was carried out based on previous studies (Hone *et al.,* 2010; Tischlinger, 2005; Tischlinger& Arratia, 2013), except the use of colour filter which was dismissed by technical aspects. The exposure time was a few seconds in accordance to the features of the light and the fossil.

The photographs obtained were processed by image analysis with the software Image J 1.47 (Rasband, 1997). This method allows to delimit distinct areas in function on their fluorescence response. For this, bone surface was discarded in order to analyse only the matrix surface, where the skin impressions are preserved. Besides, other possible elements that produce fluorescence, such as instrumentation marks or dust, must be borne in mind, thus the areas susceptible to these factors were also eliminated. Following, the photographs were converted to 8-bits grayscale images where the lower threshold limits were adjusted to mark out each distinct fluorescence area. Finally, mask set were generated based on the fixed thresholds in order to integrate these masks data observed in the photography under visible light.

RESULTS

The images obtained under UV radiation show up distinct colour patterns over the fossil and sediment matrix (Fig. 1, 2). The most evident difference is the limit between the sediment matrix and the patches of indeterminate soft

tissues impressions and the bones. This differentiation is possible due to the darkest tone of the sediment matrix, in contrast to the fossil material that presents higher fluorescence response.

The sutures among bones are more discernible under UV light than under visible light (Fig. 1). The area where exist a major conflict is in the cranium and the cervical vertebrate. The UV light allows to identify some characters related to the arrangement of the sutures. For example, the position of the anterior end of the jugal seems not reach the posterior end of internal antorbital fenestra under visible light. However, the UV analysis shows that the jugal contacts with the rim of the antorbital fenestra as in other carcharodontosaurids (Fig. 1).

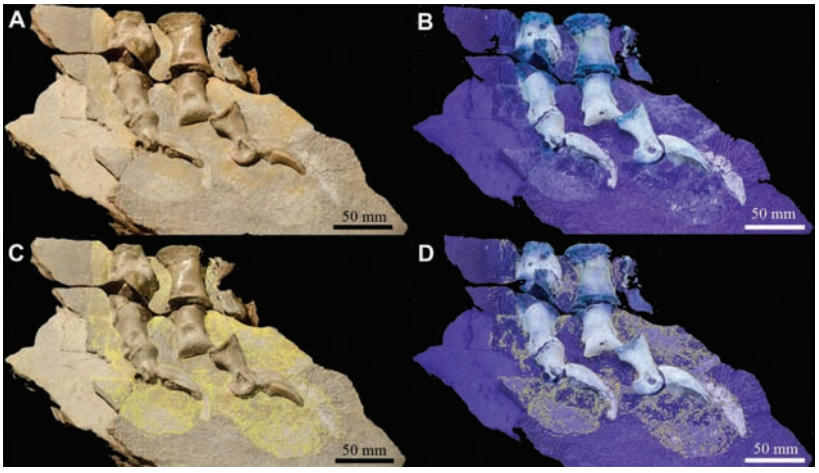


Figure 1. Photographs of the cranial and cervical region of MCCM-LH 6666 under visible and UV light. A) Cranial and cervical region under visible light. B) Cranial and cervical region under UV light. Note the different in the sutures that accurately delimitingthe different bones.

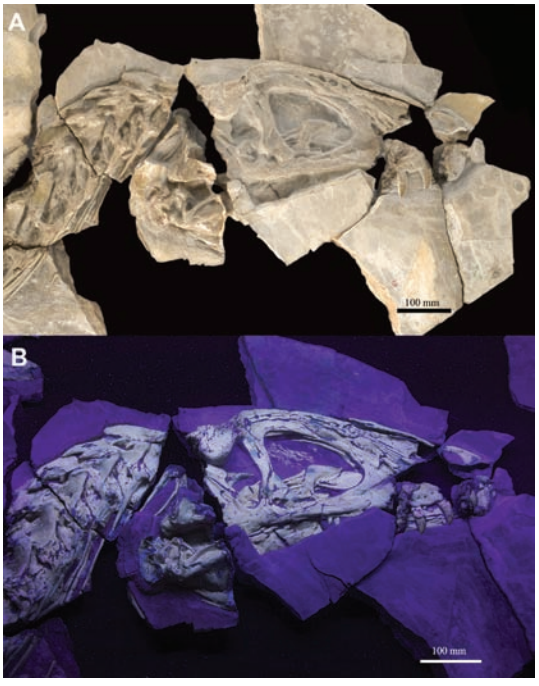


Figure 2. Photographs of the digital region from right pes of MCCM-LH 6666 under visible and UV light and results from image analysis. A) Dorsal view of digital region under visible light, showing the skin impressions around the digits. B) Dorsal view of digital area under UV light. Note the different fluorescence response between the sediment matrix and some skin impressions. Moreover, the different colour pattern inside the impressions region is also observable. C) Photography (A) showing the mask created from the results of using ImageJ on the picture (B). D) Photography (B) with the area delimited by the mask created from the results of the image analysis.

The skin impressions associated to the pes of *Concavenator* have distinct fluorescence response (Fig. 2B). The striking fluorescence patches correspond to tissues associated to the ungual phalanges. However, the skin near to the other phalanges is radically different and it do not shows fluorescence response.

The results of the imaging analysis allow to delimit the areas which present more UV-induced visible fluorescence (Fig.2D). The mask generated is posteriorly showed in the visible light photography in order to observe the relationship between both (Fig. 2C). On the one hand, this darkest areasunder UVare closely related to the redder areas observed under visible light, which are close to the bones. In the other hand, the fluorescence patches are associated to the light colour zones under visible light (Fig. 2C). These areas correspond with the ungual sheath and the inferior part of the pedal pads.

DISCUSION

The light emitted from samples under UV radiation shows different colour pattern that are related to their chemical and structural composition (Riquelme *et al.,* 2009). Fossils of bones of vertebrates are easily discernible under UV light, becausethey tend toward significant fluorescence emission, due to a usually much higher percentage of phosphorus, and calcium phosphate (Tischlinger & Arratia, 2013). Usually, the sutures have lower fluorescence emission, and thereforeare discernible under UV light, allowing to resolve conflicts about some phylogenetical characters.

Respect to the skin impressions, the images of UV-induced visible fluorescence show three distinct colour patterns that have marked limit of threshold in their grayscale spectrum. The darkest areas are located adjacent to the bone and they match those reddish areas observed in visible light. Previous studies (Briggs *et al.*, 1997; Gupta *et al*., 2008), where the SEM analyses of soft-tissues of the fossil from Las Hoyas was performed, claimed the presence of iron carbonate that is resulting of an authigenic mineralization of this tissues. The iron minerals generally have an absorption band at longer wavelength than UV spectrum (Szalai *et al.,* 2013), thus, these minerals may cause that fluorescence to diminish or disappear. The source of the iron used in mineralization, would be the organism itself (Briggs *et al.,* 1997; Schweitzer *et al.,* 2014), associated to the blood and vessel, thus the patches of these minerals near to the bones is linked to this source. Conversely, calcium carbonate and calcium phosphate minerals tend to have significant fluorescence emission (Tischlinger & Arratia 2013), being consistent with the phosphatization processes of certain tissues that occur in their preservation (Briggs & Kear, 1993; Briggs *et al.,* 1997; Schweitzer, 2011). Fossils with traces of organic materials also emit quite fluorescence when they are exposed to UV radiation (Tischlinger& Arratia, 2013), which could indicate the presence of conserved traces of keratin in the ungual sheath (Stettenheim, 2000; Manning *et al.,* 2006) due to the resistance of this compound to decay processes (Manning *et al.,* 2009; Edwards *et al.,* 2011; Schweitzer, 2011).

CONCLUSIONS

The UV light is a technique increasingly used in the analysis of fossils. In some fossils, especially those immersed in their sediment matrix, several bones and sutures are hidden in visible light. The UV light allows to highlight this structures due to the composition mainly based on calcium phosphate. The fluorescence response is linked to the composition of the sample. For that, the analyses of the images under UV light allow to discern between distinct areas in the soft tissues impressions with distinct composition by a non-destructive testing.

ACKNOWLEDGMENTS

We acknowledge the Museo de Paleontología de Castilla-La Mancha for access to the *Concavenator corcovatus* specimen. E. Cuesta research was financed by FPU subprogram of the Ministerio de Educación, Cultura y Deportes (ref. AP2010-0816). This research was financed by project CGL2013-42643 (MINECO).

REFERENCES

Briggs, D.E., Wilby, P. R., Perez-Moreno, B. P., Sanz, J. L. and Fregenal-Martinez, M. 1997. The mineralization of dinosaur soft tissue in the Lower Cretaceous of Las Hoyas, Spain. *Journal of the Geological Society*, 154(4), 587–588.

Briggs, D.E.G. and Kear, A.J., 1993. Fossilization of soft tissue in the laboratory. *Science (New York, N.Y.)*, 259(5100), 1439–1442.

Cuesta, E. Díaz-Martínez, I., Ortega, F. and Sanz, J. L. 2015. Did all theropods have chicken-like feet? First evidence of a non-avian dinosaur podotheca. *Cretaceous Research*, 56, 53–59.

Edwards, N. P., Barden, H. E., Van Dongen, B. E., Manning, P. L., Larson, P. L., Bergmann, U. and Wogelius, R. A.2011. Infrared mapping resolves soft tissue preservation in 50 million year-old reptile skin. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*, 278(1722), 3209–18.

Foth, C., Tischlinger, H. and Rauhut, O.W.M. 2014. New specimen of Archaeopteryx provides insights into the evolution of pennaceous feathers. *Nature*, 511(7507), 79–82.

Gupta, N.S., Cambra-Moo, O., Briggs, D. E., Love, G. D., Fregenal-Martinez, M. A. and Summons, R. E. 2008. Molecular taphonomy of macrofossils from the Cretaceous Las Hoyas formation, Spain. *Cretaceous Research*, 29(1), 1–8.

Haug, C., Haug, J. and Waloszek, D. 2009. New methods to document fossils from lithographic limestones of southern Germany and Lebanon. *Palaeontologia Electronica,* 12(3), 12.

Hone, D. W., Tischlinger, H., Xu, X. and Zhang, F. 2010. The extent of the preserved feathers on the four-winged dinosaur *Microraptor gui* under ultraviolet light. *PloS one*, 5(2), e9223.

Kellner, A. W., Wang, X., Tischlinger, H., de Almeida Campos, D., Hone, D. W. and Meng, X. 2010. The soft tissue of *Jeholopterus* (Pterosauria, Anurognathidae, Batrachognathinae) and the structure of the pterosaur wing membrane. *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*, 277(1679), 321–9.

Manning, P.L., Payne, D., Pennicott, J., Barrett, P.M., and Ennos, R.A.2006. Dinosaur killer claws or climbing crampons? *Biology letters*, 2(1), 110–2.

Manning, P.L., Morris, P.M., McMahon, A., Jones, E., Gize, A., Macquaker, J.H. and Lyson, T. 2009. Mineralized soft-tissue structure and chemistry in a mummified hadrosaur from the Hell Creek Formation, North Dakota (USA). *Proceedings. Biological sciences / The Royal Society*, 276(1672), 3429–3437.

Ortega, F., Escaso, F. and Sanz, J.L. 2010. A bizarre, humped Carcharodontosauria (Theropoda) from the lower cretaceous of Spain. *Nature*, 467(7312), 203–206.

Rasband, W.S. 1997. ImageJ, US National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA.

Rauhut, O.W., Foth, C., Tischlinger, H. and Norell, M.A. 2012. Exceptionally preserved juvenile megalosauroid theropod dinosaur with filamentous integument from the Late Jurassic of Germany. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(29), 11746–11751.

Riquelme, F., Ruvalcaba-Sil, J.L. and Alvarado-Ortega, J. 2009. Palaeometry: non-destructive analysis of fossil materials. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 61(2), 177–183.

Schweigert, G., Tischlinger, H. and Dietl, G. 2010. The oldest fossil feather from Europe. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen*, 256(1), 1–6.

Schweitzer, M.H., Zheng, W., Cleland, T.P., Goodwin, M.B., Boatman, E., Theil, E. and Fakra, S.C. 2014. A role for iron and oxygen chemistry in preserving soft tissues, cells and molecules from deep time. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1775), 20132741.

Schweitzer, M.H., 2011. Soft tissue preservation in terrestrial Mesozoic vertebrates. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 39, 187–216.

Stettenheim, P.R., 2000. The integumentary morphology of modern birds - An overview. *American Zoologist*, 40, 461–477.

Szalai, Z., Kiss, K., Jakab, G., Sipos, P., Belucz, B. and Németh, T. 2013. The use of UV-VIS-NIR reflectance spectroscopy to identify iron minerals. *Astronomische Nachrichten*, 334(9), 940–943.

Tischlinger, H. 2005. Ultraviolet light investigations of fossils from the Upper Jurassic Plattenkalks of Southern Frankonia. *Zitteliana B,* 26, 26.

Tischlinger, H. and Arratia, G. 2013. Ultraviolet light as a tool of investigating Mesozoic fishes with a focus on the ichthyofauna of the Solnhofen Limestone. *Mesozoic Fishes 5 – Global Diversity and Evolution*. München, 549–562.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

CAMBIOS DE DIVERSIDAD DE LOS TELODONTOS (THELODONTI, AGNATHA) EN RELACIÓN A LOS PRINCIPALES EVENTOS DEL PALEOZOICO

H.G. Ferrón[1], S. Turner[2], B. Cascales-Miñana[3], C. Martínez-Pérez[1] y H. Botella[1]

[1] Departament de Geologia, Universitat de València, Dr. Moliner s/n, 46100 Burjassot, Valencia, España. Humberto.Ferron@uv.es
[2] Department of Geosciences, Queensland Museum, Hendra, Queensland 4011, Australia
[3] Palaeobiogeology–Palaeobotany–Palaeopalynology, Department of Geology, University of Liege,
Allée du 6 Août, B18 Sart Tilman, B4000 Liège, Bégica

RESUMEN

Durante el Paleozoico tuvieron lugar diferentes eventos bióticos de impacto global. Sin embargo, existen muy pocos trabajos centrados en los cambios de diversidad de vertebrados primitivos paleozoicos. En este trabajo preliminar se estudian las dinámicas de extinción y diversificación de los telodontos desde un contexto ecológico. Nuestros resultados sugieren que los cambios de diversidad de los telodontos estuvieron estrechamente ligados a varios factores bióticos y abióticos y que éstos afectaron de manera diferencial a los distintos grupos ecológicos del clado.

Palabras clave: Diversidad, Thelodonti, Paleozoico, eventos.

ABSTRACT

Several global biotic events took place during the Palaeozoic. However, it is noteworthy the virtual lack of studies focused on the diversity changes of Palaeozoic early vertebrates. In this work, we present preliminary results about diversification and extinction rates of thelodonts from an ecological perspective. Our results suggest that diversity changes of thelodonts were closely related with several biotic and abiotic factors affecting in a differential way to the distinct ecological groups of the clade.

Key words: Diversity, Thelodonthi, Palaeozoic, events.

INTRODUCCIÓN

Durante el Paleozoico tuvieron lugar diferentes eventos bióticos con un impacto global, como la Explosión del Cámbrico, la gran diversificación del Ordovícico (*Great Ordovician Biodiversification Event*), la revolución del necton (*Devonian Nekton Revolution*) y algunas de las principales extinciones masivas. Sin embargo, llama la atención la práctica ausencia de trabajos centrados en los cambios de biodiversidad de vertebrados primitivos paleozoicos (con escasas excepciones como Eriksson *et al.*, 2009). En cualquier caso, los pocos artículos publicados sobre esa temática se han centrado en grupos taxonómicos concretos (acantodios, placodermos, telodontos, etc.) sin tener en cuenta si los distintos eventos afectaron de forma diferencial dentro de su diversidad ecológica. En este sentido, en el presente trabajo presentamos resultados preliminares

sobre los cambios de diversidad de uno de los grupos más antiguos de vertebrados, los telodontos, centrándonos en como los distintos eventos paleozoicos afectaron los diferentes grupos ecológicos de este clado.

METODOLOGÍA

La abundancia de especies y las tasas de diversificación y extinción han sido calculadas para el conjunto de los telodontos y para cada uno de los grupos ecológicos reconocidos en trabajos anteriores para el clado. Los datos de diversidad, tasas de diversificación y de extinción han sido comparados con datos de nivel del mar, niveles de oxígeno atmosférico y valores de C^{13} mediante análisis de correlación usando el software PASW.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los datos de abundancia de especies sugieren que la diversidad de telodontos incrementó gradualmente desde el Ordovícico tardío hasta un máximo en el Devónico temprano, en correlación positiva con la concentración de oxígeno atmosférico. Este mismo patrón ha sido previamente descrito en vertebrados mandibulados y el proceso de oxigenación ha sido propuesto como un desencadenante para la radiación de los gnatostomos (Qu *et al*., 2010). Dos picos en las tasas de extinción de telodontos han sido detectados en el Sheinwoodiense (Wenlock) y el Gorstiense-Lochkoviense (Ludlow – Devónico Inferior), mostrando una fuerte correlación con los valores de δ13. Por otra parte, algunas de las tasas de extinción más altas coinciden temporalmente con algunos eventos de extinción del Silúrico descritos con anterioridad (e. g. Eventos Ireviken, Lau y Klonk).

Respecto a los grupos ecológicos, algunos otros aspectos son remarcables. Así, las especies de telodontos pelágicos (algunos apalolépidos y furcacaudidos) incrementaron notablemente su número durante el Lochkoviense (Devónico Temprano), coincidiendo temporalmente con la revolución del necton (Klug *et al*., 2010). Por otro lado, las primeras especies de telodontos asociados a aguas profundas (algunos loganélidos) aparecieron durante el Rhuddaniense-Aeroniense (Llandovery), junto con un mínimo muy marcado del nivel del mar y, por lo tanto, con niveles de oxigenación considerables en las zonas de plataforma continental externa y talud superior. Finalmente, las tasas de extinción de especies demersales neríticas correlacionan con cambios en el nivel del mar, existiendo tasas más altas en momentos de regresión cuando se da una reducción importante en la superficie de las plataformas continentales. Sin embargo, no se ha detectado correlación entre ambas variables para el caso de especies pelágicas y de aguas profundas probablemente debido a que los cambios en el nivel del mar no afectaron tan drásticamente a los hábitats donde vivieron estos telodontos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido parcialmente financiado por el Proyecto del Ministerio de Economía y Competitividad CGL2014-52662-P.

REFERENCIAS

Eriksson, M.E., Nilsson, E.K. y Jeppsson, L. 2009. Vertebrate extinctions and reorganizations during the Late Silurian Lau Event. *Geology*, 37 (8), 739-742.

Klug, C., Kröger, B., Kiessling, W., Mullins, G.L., Servais, T., Frýda, J., Korn, D. y Turner, S. 2010. The Devonian nekton revolution. *Lethaia*, 43, 465–477.

Qu, Q.M., Zhu, M. y Zhao, W.J. 2010. Silurian atmospheric O2 changes and the early radiation of gnathostomes. *Palaeoworld*, 19 (1), 146-159.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LOS QUIRÓPTEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE GRAN DOLINA (ATAPUERCA): NUEVOS DATOS

J. Galán[1], R. Moya-Costa[1], C. Núñez-Lahuerta[1], J.M. López-García[2] y G. Cuenca-Bescós[1]

[1] Universidad de Zaragoza, Departamento de Ciencias de la Tierra, Pedro Cerbuna 12, 50018, Zaragoza. galanj@unizar.es, raquelmc@unizar.es, cnunez@unizar.es, cuencag@unizar.es
[2] IPHES, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social, Campus Sescelades URV edifici W3, 43007 Tarragona, Spain. lpzjmn@unife.it

RESUMEN

Los yacimientos de la Sierra de Atapuerca (Burgos, España) han proporcionado un registro sedimentario y paleontológico muy completo del Cuaternario continental ibérico. Los pequeños vertebrados del yacimiento de Trinchera-Gran Dolina (TD) han sido ampliamente estudiados; sin embargo, el análisis del orden Chiroptera no había sido realizado de manera exhaustiva. Con este trabajo se actualizan los datos referentes este grupo en las unidades TD4, TD5 y TD6. Se han identificado tres taxones: *Myotis myotis*, *Miniopterus schreibersii* y *Plecotus* cf. *austriacus.* Estos resultados completan el conocimiento global de los murciélagos del Pleistoceno Inferior de Atapuerca.

Palabras clave: Chiroptera, murciélago ratonero, murciélago de cueva, yacimientos de Atapuerca.

ABSTRACT

The palaeontological sites of the Atapuerca Range (Burgos, Spain) have provided a very complete sedimentological and palaeontological record of the Iberian continental Quaternary. The small vertebrates from the Trinchera-Gran Dolina site (TD) have been profusely studied, but no exhaustive analysis of order Chiroptera have been done yet. Here we actualize the data concerning this group for units TD4, TD5 and TD6. Three taxa have been identified: *Myotis myotis*, *Miniopterus schreibersii* and *Plecotus* cf. *austriacus*. Our results complete the global knowledge on Early Pleistocene bats from Atapuerca.

Key words: Chiroptera, mouse-eared bat, schreibers' bat, Atapuerca sites.

INTRODUCCIÓN

Situación geográfica y geológica

Los yacimientos de la Sierra de Atapuerca (Burgos, España), bien conocida por la extraordinaria acumulación de restos humanos que evidencian la presencia de *Homo* en Europa desde el Pleistoceno Inferior, han proporcionado un registro sedimentario y paleontológico muy completo del Cuaternario continental ibérico consistente en depósitos de relleno de cavidades kársticas en calizas cretácicas. El complejo kárstico de Atapuerca está formado por dos sistemas de

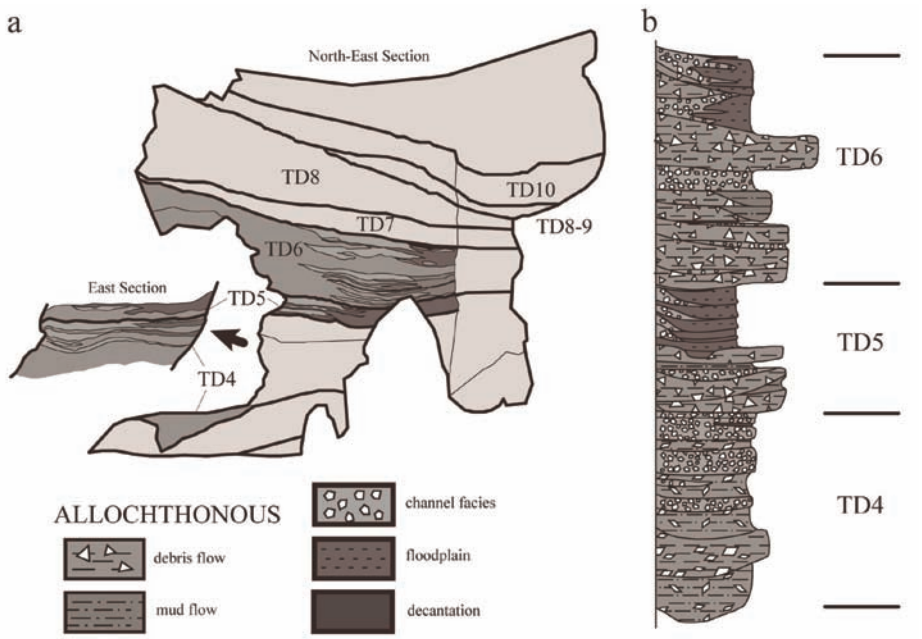


Figura 1. Litoestratigrafía del yacimiento de Trinchera-Gran Dolina (TD); a: perfil estratigráfico y unidades definidas; b: columna estratigráfica de las unidades TD4, TD5 y TD6. Modificado de Campaña *et al.* (2015).

cuevas principales: Cueva Mayor y Trinchera del Ferrocarril. El yacimiento de Trinchera-Gran Dolina (TD) es una antigua cavidad que actuó como trampa de sedimento hasta el Pleistoceno Medio, y presenta un relleno sedimentario de 19 m de potencia dividido en 11 unidades litoestratigráficas (Fig. 1a) (Campaña *et al*., 2015 entre otros). En este trabajo se estudian las unidades de la parte baja de la secuencia (Pleistoceno Inferior): TD4, TD5 y TD6 (Fig. 1b). Son materiales clásticos alóctonos, una alternancia de depósitos de flujo gravitacional y depósitos fluviales (Campaña *et al*., 2015). TD6 contiene los restos óseos y de industria lítica asociados a *Homo antecessor* y datados en 0,78-0,85 Ma (Carbonell *et al*., 1995; Campaña *et al*., 2015; entre otros).

Antecedentes

Si bien el registro de pequeños vertebrados de TD ha sido ampliamente estudiado por diversos autores (*i.e.* López-Antoñanzas y Cuenca-Bescós, 2002; Cuenca-Bescós *et al*., 2005; Blain *et al*., 2009), los murciélagos de este yacimiento no habían sido estudiados de manera exhaustiva. Aquí se ha realiza una caracterización detallada de la acumulación de quirópteros fósiles del Pleistoceno Inferior de Gran Dolina. Los objetivos son: (1) contribuir al conocimiento global de estos mamíferos y su presencia en la Península Ibérica en el Cuaternario, y (2) contribuir a la aproximación paleoambiental del yacimiento.

RESULTADOS

Los quirópteros fósiles recuperados consisten en restos desarticulados del esqueleto craneal (Fig. 2) y postcraneal (el primer tipo es notablemente más abundante). Los huesos aparecen fragmentados, algunas mandíbulas y maxilares (aunque minoritarias) presentan dientes en los alveolos, y la presencia de dientes aislados es escasa. Los restos

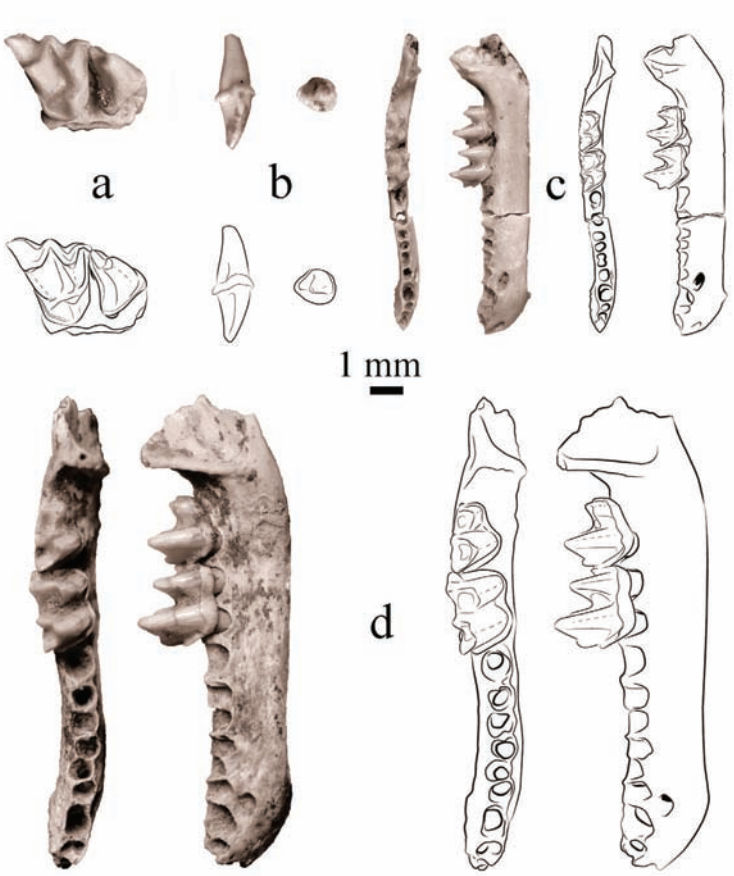


Figura 2. Elementos craneales de quirópteros recuperados; a: fragmento de maxilar derecho (con P4 y M1) de *Myotis myotis* en vista oclusal (TD6.3); b: C derecho de *Plecotus* cf. *austriacus* en vista labial y oclusal (de izquierda a derecha) (TD5.1); c: mandíbula izquierda (con m2 y m3) de *Miniopterus schreibersii* en vista oclusal y labial (TD6.3); d: mandíbula izquierda (con m2 y m3) de *M. myotis* en vista oclusal y labial (TD5.1).

presentan colores claros, en ocasiones parcialmente cubiertos de pátinas de óxido de manganeso. No se observan marcas de disolución en el esmalte, pero algunos restos óseos presentan descamación superficial.

Se han identificado tres taxones (Tabla 1): *Myotis myotis* (murciélago ratonero grande) (Fig. 2a,d), *Miniopterus schreibersii* (murciélago de cueva) (Fig. 2c), y *Plecotus* cf. *austriacus* (murciélago orejudo gris) (Fig. 2b). Son taxones que habitan actualmente la Península: los dos primeros son típicamente cavernícolas en la actualidad y tienden a formar grandes colonias, el último se refugia en cuevas ocasionalmente si bien es mucho menos gregario (Palomo *et al*., 2007; Diezt *et al*., 2009).

TD4. Se han analizado ocho muestras extraídas durante las campañas de excavación de TD de los años 2012 y 2013. En esta unidad, básicamente materiales de tipo *debris flow* (Fig. 1b), la presencia de quirópteros es muy baja: un solo resto de *M. myotis* (Tabla 1).

TD5. Se han analizado 16 muestras extraídas durante las campañas de excavación de 2011 y 2012. La unidad se divide en una subunidad basal TD5.2 compuesta por materiales de tipo *debris flow*, y una subunidad

		Myotis myotis		*Miniopterus schreibersii*		*Plecotus* cf. *austriacus*		Chi. indet.	Total	
		NR	MNI	NR	MNI	NR	MNI	NR	NR	MNI
TD6	TD6.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	TD6.2	0	0	1	1	0	0	0	1	1
	TD6.3	26	8	11	5	0	0	4	41	13
	Total TD6	26	8	12	6	0	0	4	42	13
TD5	TD5.1	16	5	0	0	1	1	3	20	5
	TD5.2	6	3	0	0	0	0	0	6	3
	Total TD5	22	8	0	0	1	1	3	26	8
TD4	TD4	1	1	0	0	0	0	0	1	1
	Total TD4	1	1	0	0	0	0	0	1	1
	Total	49	17	12	6	1	1	7	69	22

Tabla 1. Presencia de quirópteros fósiles por niveles y taxones identificados, expresados en términos de número de restos (NR) y mínimo número de individuos (MNI).

superior TD5.1 de tipo fluvial (Fig. 1b). Varios restos de *M. myotis* han sido identificados en ambas (por su desgaste dental todos los grupos de edad están representados), y un resto de *P. cf. austriacus* se ha recuperado en TD5.1 (Tabla 1).

TD6. Se han analizado 25 muestras extraídas durante las campañas de 2006 a 2011. Esta unidad consiste en la subunidad basal TD6.3, básicamente de tipo *debris flow*, y dos subunidades suprayacentes TD6.2 y TD6.1 de tipo fluvial (Fig. 1b). En TD6.3 se han identificado varios restos de *M. myotis* y *M. schreibersii*; en las subunidades superiores solo aparece un resto de *M. schreibersii* (Tabla 1). En base al desgaste dental observado, hay individuos adultos de *M. myotis* e individuos juveniles y adultos de *M. schreibersii*.

DISCUSIÓN

El estado de conservación de los restos (fragmentación de los huesos, desaparición diferencial del esqueleto postcraneal y escasa abundancia de piezas dentales) descarta que los componentes de una colonia hayan muerto en el mismo lugar del depósito. Estudios tafonómicos previos de la asociación de pequeños mamíferos de TD5 y TD6 señalan a aves rapaces como agente acumulador (*i. e.* Fernandez-Jalvo, 1996; Bennasàr, 2010). En los quirópteros no se han observado marcas de disolución que puedan asociarse inequívocamente al proceso de digestión de los huesos; por otro lado, la presencia de murciélagos típicamente cavernícolas apunta a la muerte de estos animales en el interior de la cavidad, donde un proceso de transporte postdeposicional de los restos podría explicar su estado de preservación.

La escasa presencia de quirópteros en la unidad TD4 y las subunidades superiores de TD6 deberá contrastarse en futuros estudios ampliando el muestreo, puesto que por ahora el número de muestras disponibles es notablemente menor que para las otras unidades.

M. myotis se ha identificado en las tres unidades analizadas, siendo la especie más abundante. Es también el quiróptero más abundante de la secuencia TELRU (Trinchera-Sima del Elefante *Lower Red Unit*) del Pleistoceno Inferior de Atapuerca (Galán *et al*., 2016b), y es una especie habitual en Cuaternario ibérico (*i. e.* Sevilla 1988; Galán et al., 2016a). En la actualidad habita prácticamente toda Europa y muestra preferencia por las zonas boscosas o con parches de cobertera arbórea (Dietz *et al,* 2009; Palomo *et al*., 2007; entre otros). *M. schreibersii* se ha identificado únicamente en TD6. Es un taxón común en TELRU aunque no tan abundante como el anterior (Galán *et al*., 2016b). Actualmente está adaptado a cazar en gran variedad de hábitats y su distribución en Europa está ligada a la cuenca mediterránea (Dietz *et al*, 2009; Palomo *et al*., 2007; entre otros). Su aparición en TD6 podría interpretarse como resultado de un

cambio en las condiciones ambientales; estudios previos en estas unidades (*i.e.* Cuenca-Bescós *et al*., 2005; Blain *et al*., 2009) indican una tendencia del clima hacia temperaturas más altas a techo de TD6, aunque no en la base. *P. austriacus* es un taxón adaptado a cazar en una gran variedad de hábitats; en la actualidad muestra preferencia por paisajes abiertos en nuestra Península (Palomo *et al*., 2007; entre otros). La ampliación del muestreo será de interés de cara a evaluar su peso en la reconstrucción paleoambiental.

CONCLUSIONES

Se actualizan los datos referentes a los quirópteros de las unidades TD4, TD5 y TD6, identificándose tres taxones: *M. myotis* (presente en las tres unidades, taxón dominante), *M. schreibersii* (abundante en TD6) y *P.* cf. *austriacus* (aparición puntual en TD5). Los resultados completan el conocimiento global de los murciélagos del Pleistoceno Inferior de Atapuerca; *M. myotis* es el taxón dominante mientras que *M. schreibersii* aparece de forma discontinua y su presencia en TD6.3 podría relacionarse con un cambio ambiental, siendo una especie vinculada a la zona mediterránea. Se prevén futuros estudios ampliando el muestreo.

AGRADECIMIENTOS

Proyectos MICINN CGL2012-38434-C03-01, CGL2012-38434-C03-03, CGL2012-38358, CGL2015-65387-C3-2-P (MINECO/FEDER), Junta de Castilla y León, Fundación Atapuerca, Grupos Consolidados del Gobierno de Aragón. J. Galán, R. Moya-Costa y C. Núñez-Lahuerta disfrutan de becas predoctorales otorgadas por la DGA.

REFERENCIAS

Bennàsar M.L. 2010. *Tafonomía de micromamíferos del Pleistoceno Inferior de la Sierra de Atapuerca (Burgos): Sima del Elefante y Gran Dolina.* Tesis Doctoral, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, 535 pp.

Blain, H.-A., Bailon, S., Cuenca-Bescós, G., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M. and Carbonell, E., 2009. Long-term climate record inferred from early-middle Pleistocene amphibian and squamate reptile assemblages at the Gran Dolina Cave, Atapuerca, Spain. *Journal of Human Evolution*, 56, 55-65.

Campaña, I., Benito-Calvo, A., Pérez-González, A., Ortega, A.I., Bermúdez de Castro, J.M. and Carbonell, E. 2015 (en prensa). Pleistocene sedimentary facies of the Gran Dolina archaeo-paleoanthropological site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Quaternary International*. doi:10.1016/j.quaint.2015.04.023.

Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Diez, J.C., Rosas, A., Cuenca- Bescós, G., Sala, R., Mosquera, M. and Rodríguez, X.P., 1995. Lower Pleistocene hominids and artifacts from Atapuerca-TD6 (Spain). *Science*, 269, 826-830.

Cuenca- Bescós, G., Rofes, J. and Garcia-Pimienta, J., 2005. Environmental change across the Early-Middle Pleistocene transition: small mammalian evidence from the Trinchera Dolina cave, Atapuerca, Spain. *Geological Society Special Publication*, 247, 277-286.

Dietz, C., von Helversen, O. et Nill, D., 2009. *L'encyclopédie des chauves-souris d'Europe et d'Afrique du Nord : biologie, caractéristiques,protection.* Delachaux et Niestlé, Paris, 400 pp.

Fernández-Jalvo, Y. 1996. Small mammal taphonomy and the Middle Pleistocene environments of Dolina, Northern Spain. *Quaternary International*, 33, 21-34.

Galán, J., Cuenca-Bescós, G., López-García, J. M., Sauqué, V. and Núnez-Lahuerta, C. 2016a. Fossil bats from the Late Pleistocene site of the Aguilón P7 Cave (Zaragoza, Spain). *Comptes Rendus Palevol*, 15(5), 501–514.

Galán, J., Cuenca-Bescós, G. and López-García, J.M. 2016b. The fossil bat assemblage of Sima del Elefante Lower Red Unit (Atapuerca, Spain): First results and contribution to the palaeoenvironmental approach to the site. *Comptes Rendus Palevol*, 15 (6), 647–657.

López-Antoñanzas, R. and Cuenca-Bescós, G., 2002. The Gran Dolina site (Lower to Middle Pleistocene, Atapuerca, Burgos, Spain): new palaeoenvironmental data based on the distribution of small mammals. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 186, 311-334.

Palomo L.J., Gisbert J. y Blanco J.C. 2007. *Atlas y Libro Rojo de los Mamíferos Terrestres de España*. Dirección General para la Biodiversidad-SECEM-SECEMU, Madrid. 588 pp.

Sevilla, P. 1988. Estudio Paleontológico de los Quirópteros del Cuaternario español. *Paleontologia i Evolució*, 22, 113-233.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LOS YACIMIENTOS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA CUENCA DE BAZA Y EL PRIMER POBLAMIENTO HUMANO DE EUROPA (II): INFERENCIAS POBLACIONALES Y ESTRATEGIAS DE SUBSISTENCIA DE LOS HOMININOS

J.M. García-Aguilar[1], M.P. Espigares[1], A. Guerra-Merchán[1], G. Rodríguez-Gómez[2], J.M. Jiménez-Arenas[3], B. Martínez-Navarro[4], S. Ros-Montoya[1], J.A. Pérez-Claros[1], B. Figueirido[1] y P. Palmqvist[1]

[1] Departamento de Ecología y Geología, Universidad de Málaga. Campus de Teatinos. 29071 Málaga, España. chemacyanos@msn.com, mpespigares@uma.es, antguerra@uma.es, sergiorosm@gmail.com, johnny@uma.es, borja.figueirido@uma.es, ppb@uma.es
[2] Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH), Paseo Sierra de Atapuerca 3, 09002 Burgos, España. guillermo.rodriguez@cenieh.es
[3] Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad de Granada. Campus de Cartuja. 18071 Granada, España. jumajia@ugr.es
[4] IPHES, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social, C/ Marcel.lí Domingo s/n, Campus Sescelades, Edifici W3. 43007 Tarragona, España. bienvenido.martinez@icrea.cat

RESUMEN

Los yacimientos paleontológicos de Barranco León-D y Fuente Nueva-3 (cuenca de Baza, sureste de España), proporcionan las evidencias más tempranas (~1,4 Ma) de presencia humana en Europa occidental durante el Pleistoceno inferior. En este trabajo analizamos las inferencias demográficas derivadas de: (1) las densidades de población estimadas para las especies de consumidores secundarios conservadas en las tafocenosis de grandes mamíferos de estos yacimientos; y (2) las estimaciones cartográficas del área habitable por los mamíferos terrestres, basadas en la reconstrucción paleogeográfica de los ambientes sedimentarios de la cuenca en los momentos de nivel alto (*highstand*) y bajo (*lowstand*) de los sistemas lacustres en el Calabriense. Tales estimaciones permiten calcular el tamaño de la primera población humana que ocupó la depresión de Guadix-Baza. Los resultados obtenidos indican que la extensión de los ambientes habitables oscilaría entre 3783 km^2 (*highstand*) y 4709 km^2 (*lowstand*). Considerando una densidad media de 0,12 individuos por km^2, la población humana estaría formada por 454-565 individuos, lo que equivaldría a aproximadamente 10-15 grupos humanos, por lo que su viabilidad temporal se vería comprometida.

Palabras clave: Paleogeografía, tamaño poblacional, homininos, Pleistoceno inferior, Orce.

ABSTRACT

The paleontological sites of Barranco León-D and Fuente Nueva-3 (Baza Basin, SE Spain) provide the oldest evidence (~1.4 Ma) on human presence in Western Europe during Early Pleistocene times. In this paper we analyze the demographic inferences derived from: (1) the estimates of population density obtained for the species of secondary consumers preserved in the large mammal assemblages of these sites; and (2) the cartographic measurements of the area that could be inhabited by the fauna of terrestrial mammals, based on the paleogeographic reconstruction of the sedimentary basin during the *highstand* and *lowstand* stages of the Calabrian. These estimates allow calculating the size of the earliest human population that lived in the Guadix-Baza Depression. The results obtained suggest that the extent of the living area would range between 3783 km^2 (*highstand*) and 4709 km^2 (*lowstand*). If we consider a

mean density of 0.12 individuals per km^2, 454-565 individuals would form the human population. This corresponds to approximately 10-15 human groups, which would compromise the temporary viability of the population.

Key words: Paleogeography, population size, hominins, Early Pleistocene, Orce.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Los yacimientos del Calabriense (Pleistoceno inferior) de Barranco León-D (BL-D) y Fuente Nueva-3 (FN-3), con una cronología en torno a 1,4 Ma, se sitúan en el sector nororiental de la depresión intramontañosa de Guadix-Baza (Granada), en las cercanías de la villa de Orce, y suministran las evidencias más tempranas de presencia humana en el margen occidental de Eurasia, entre las que se incluyen un molar deciduo de *Homo* sp. en BL-D, numerosos útiles líticos de tipología olduvayense y marcas antrópicas sobre restos óseos de grandes mamíferos (Espigares *et al*., 2013; Toro-Moyano *et al*., 2013). Ahora bien, por el momento se desconocen una serie de aspectos relevantes en relación a dicho evento de dispersión, como el tamaño de la población humana durante el Calabriense o sus estrategias de subsistencia.

A partir de la revisión de los estudios estratigráficos y sedimentológicos realizados en la cuenca, junto con la base cartográfica y la información biostratigráfica disponible, se ha podido constatar la existencia de tres grandes etapas cronoestratigráficas en el relleno sedimentario de la cuenca de Guadix-Baza durante el Pleistoceno inferior y medio, de edades Gelasiense (2,55-1,8 Ma), Calabriense (1,8-0,78 Ma) e Ioniense (0,78-0,13 Ma), respectivamente (García-Aguilar y Martín, 2000; García-Aguilar y Palmqvist, 2011).

Los depósitos calabrienses de la cuenca de Baza, en los que se sitúan los principales yacimientos, se disponen sobre los depósitos gelasienses mediante un contacto de discordancia angular, aunque en algunos sectores dicho contacto podría corresponder a una paraconformidad. Por lo general, estos depósitos se caracterizan por la alternancia de niveles de margas-calcilutitas y calizas de espesor métrico, distribuidos a lo largo de una potencia máxima de 25 m. Hacia los bordes de la cuenca se produce un cambio a facies detríticas, que representan los aportes aluviales y fluviales procedentes de las sierras circundantes. Estos depósitos calabrienses no muestran signos tectónicos evidentes, a excepción de algunas fracturas distensivas de desplazamientos métricos.

METODOLOGÍA DE ESTUDIO

Para el conjunto de la cuenca, al tratarse de depósitos postorogénicos, se puede establecer para el Calabriense, a partir de la cartografía y de los datos estratigráficos y sedimentológicos de los depósitos, el contexto paleogeográfico con los diferentes ambientes sedimentarios. En el área de Orce-Venta Micena-Galera-Huéscar, donde se localizan los principales yacimientos, se ha elaborado un cuadro de correlación estratigráfica y sedimentaria general para el periodo Gelasiense-Pleistoceno medio, a partir del levantamiento de 25 series estratigráficas. Además, se han analizado 31 muestras de fracción detrítica, para estimar su procedencia y se han establecido los patrones tectónicos visibles en la zona.

A partir del análisis de las facies y su distribución espacial, se han podido diferenciar dos etapas lacustres alternantes con nivel de agua a diferente altura (Fig. 1). Una etapa de nivel bajo en los sistemas lacustres (*lowstand*) se correspondería con el depósito de los niveles de calizas *sensu lato,* quedando extensas zonas emergidas, las cuales corresponderían principalmente a llanuras de inundación, en las que se desarrollaría la comunidad de grandes mamíferos identificada en los yacimientos. En esta etapa, la alimentación fluvial sería escasa y poco energética, por lo que el balance hidrológico se completaría con aportes de surgencias geotermales, tal y como indican diversos marcadores sedimentológicos, geoquímicos, mineralógicos y paleobiológicos (García-Aguilar *et al*., 2014, 2015). La otra etapa correspondería a un nivel alto de los sistemas lacustres (*highstand*), en la que se depositaron los niveles de margas y calcilutitas cuando la alimentación aluvial era mayor, aunque limitada a las zonas perimetrales de la depresión, y el índice de precipitaciones era más alto, lo que se traduciría en una menor extensión de los sistemas terre stres (aluvial y fluvial). Por último, cabe destacar en estos mapas la

configuración endorreica del sector de Orce para el Calabriense, según una cuenca de contorno cerrado, aunque con "pasillos" de comunicación con otras áreas, situadas sobre todo hacia el Este (Fig. 1). Este modelo sería comparable al escenario ecológico actual del cráter del Ngorongoro (Tanzania), tanto por su extensión (unos 230 km^2) como por sus características hidrotermales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Reconstrucción cartográfica de la depresión de Guadix-Baza en el Calabriense

La depresión intramontañosa de Guadix-Baza presenta una morfología alargada, con una dirección aproximada N70ºE que coincide con el trazado de la falla horizontal que caracteriza el contacto entre las Zonas Externas e Internas

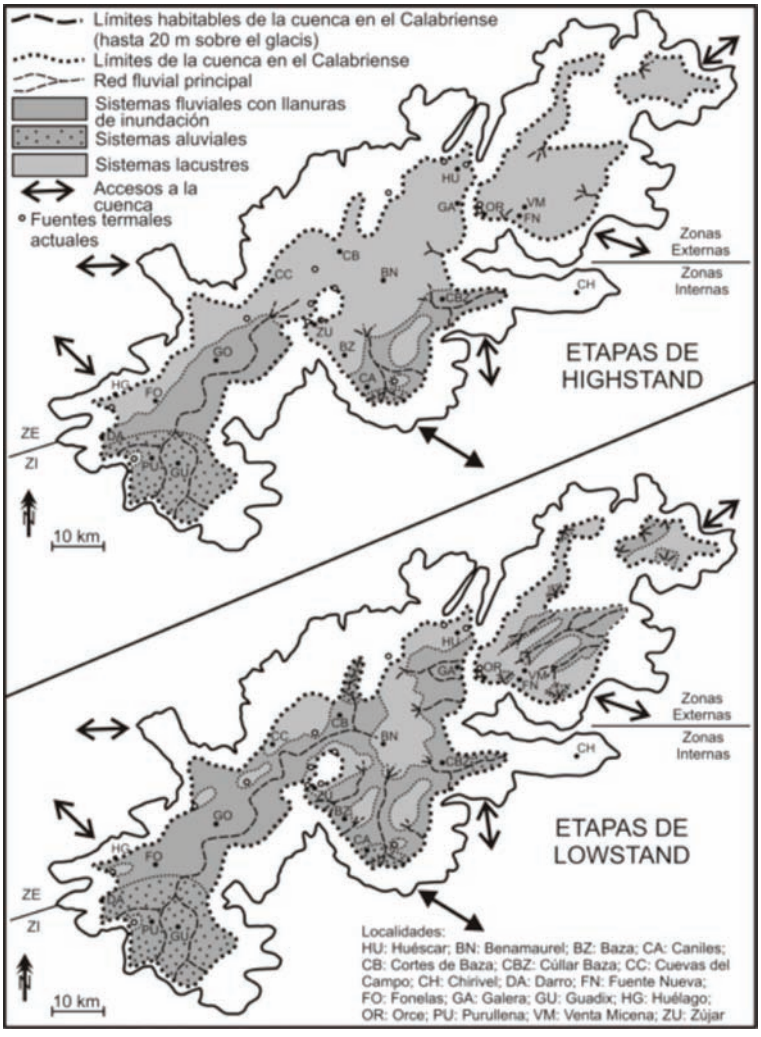


Figura 1. Reconstrucción de los paleoambientes de la depresión de Guadix-Baza durante el Calabriense en las etapas de *highstand* y *lowstand*.

de la Cordillera Bética. A lo largo de su relleno sedimentario continental (Turoliense-Pleistoceno medio) se reconocen dos sectores claramente diferenciados, la cuenca de Guadix, con sedimentación fundamentalmente aluvial y fluvial, en la que se desarrolló un lago poco extenso en su parte meridional, y la cuenca de Baza, en la que predominan los sedimentos lacustres, con gran desarrollo de los originados por precipitación química, quedando la sedimentación aluvial y fluvial restringida a los bordes de la cuenca.

En la Figura 1 se muestra la extensión cartográfica de tales ambientes durante el Calabriense, diferenciándose las etapas de *highstand* y *lowstand* para los sistemas lacustres. A partir de estos mapas paleogeográficos se puede calcular la superficie de la depresión habitable tanto por los homininos como por la fauna terrestre. Dicha superficie comprendería la extensión cubierta por los sistemas aluviales y los sistemas fluviales con sus llanuras de inundación, a los que se sumarían la superficie del glacis y la de los terrenos situados en las faldas de las estribaciones montañosas hasta una cota de 20 m sobre el glacis. Este perímetro externo encierra una superficie de 5545 km^2. Ahora bien, en el interior de la depresión se encontrarían zonas cubiertas de forma permanente por los sistemas lacustres y palustres, no habitables por los homininos, cuya superficie oscilaría entre 1762 km^2 (*highstand*) y 836 km^2 (*lowstand*). De esta forma, la superficie habitable por la fauna terrestre oscilaría entre 3783 km^2 (*highstand*) y 4709 km^2 (*lowstand*). Aunque estas dos situaciones serían los extremos de un continuo de condiciones fluctuantes entre cálido-húmedo y frío-seco, conforme a los ciclos climáticos del Pleistoceno, en un mismo año se darían también oscilaciones de menor magnitud en la extensión cubierta por la lámina de agua, por ejemplo entre la estación de lluvias y la estival, tal y como ocurre en la laguna endorreica de Fuente de Piedra (Málaga), análogo moderno a menor escala de la cuenca de Baza (García-Aguilar *et al.*, 2014).

Estas superficies permiten calcular el tamaño de la población de *Homo* sp. que habitaba en la depresión usando la estimación de Rodríguez-Gómez *et al.* (en prensa) sobre la densidad de población media de los grupos humanos en los yacimientos de BL-D y FN-3, 0,12 individuos por km^2. Ello se traduciría en un total de 454 individuos durante los momentos de *highstand* y 565 en los de *lowstand,* lo que representa una población claramente inferior al tamaño poblacional mínimo viable en mamíferos (entre 4000 y 6000 individuos). Si consideramos el tamaño de los grupos de cazadores-recolectores modernos (de 30 a 50 individuos), la depresión podría albergar unos diez grupos humanos en los momentos de *highstand* y en torno a quince en los de *lowstand.* Si tenemos en cuenta, además, que en la mayor parte de la depresión estos grupos se encontrarían aislados de otras poblaciones del sur de la Península Ibérica por las sierras circundantes, al ser limitados los corredores terrestres por los que se podría producir su dispersión (ver flechas en la Fig. 1), esto significaría que las posibilidades de mantener un flujo genético regular con los contingentes humanos del exterior serían reducidas, aumentando la probabilidad de extinción a nivel local debido a fenómenos como cuellos de botella poblacionales, deriva genética y endogamia. Esto último se ha constatado en el cánido hipercarnívoro *Lycaon lycaonoides,* especie en la que un ejemplar muestra fenómenos extremos de agenesia dental y una elevada asimetría craneal, lo que evidencia un grado extremo de homocigosis en la paleopoblación (Palmqvist *et al.*, 1999). En función de todo ello, la depresión de Guadix-Baza albergaría durante el Calabriense una población humana reducida, cuya viabilidad a medio-largo plazo se podría ver comprometida. Esto explicaría la naturaleza discontinua del registro de presencia humana en la depresión, en gran medida extrapolable al conjunto del registro europeo durante estas cronologías.

Estrategias de subsistencia y gestión de los recursos

El análisis de las asociaciones de BL-D y FN-3 ha puesto de manifiesto la existencia de marcas de corte y patrones de fracturación sistemática de los elementos óseos por impacto. Dichas evidencias, junto a la presencia de abundantes industrias líticas, con representación de la totalidad de la cadena operativa (evidenciada por remontajes que muestran una talla *in situ* en ambos lugares; Espigares *et al.*, 2013; Toro-Moyano *et al.,* 2013), sugiere una utilización regular de estos emplazamientos como zonas de aprovechamiento de recursos cárnicos. Las industrias de ambas localidades corresponden al olduvayense (Modo 1 de talla lítica), caracterizable por la abundancia de lascas de dimensiones reducidas, las cuales suministrarían abundantes filos cortantes y, en consecuencia, serían *más apropiadas para cortar la piel y descarnar los cadáveres de los animales que para abatirlos. Por ello, sin descartar una caza oportunista,* lo más razonable es que la mayor parte de los recursos cárnicos se obtuviese mediante el carroñeo. Por otro lado, la actividad reiterada en estos lugares sugiere que, al menos en determinados momentos, no existiría una intensa presión por parte de los carnívoros, por lo que los homininos podrían realizar sus actividades con relativa tranquilidad, quizá debido a la

presencia de vegetación abundante vinculada a las masas de agua, lo que les proporcionaría refugio, accediendo de forma puntual a tales áreas y transportando los cadáveres o determinadas porciones anatómicas de los mismos hasta ellas, donde podrían consumir parte de la carne y, después, seleccionar y procesar las porciones que transportarían hasta su zona de hábitat.

En el análisis de las colecciones de BL-D y FN-3 se han identificado diversos tipos de marcas de corte, que permiten esbozar la forma de procesar los cadáveres de los ungulados, incluyendo la descarnación, el descuartizamiento, la desarticulación, la evisceración y la extracción del periostio. Además de tales marcas, son frecuentes los elementos óseos que evidencian su fracturación por percusión. Así, se han recuperado abundantes lascas corticales y conos de percusión, siendo igualmente frecuentes los elementos que muestran puntos de impacto o extracciones. A ello se añade el análisis de las superficies de fractura, que indica una fracturación mayoritariamente en fresco de los elementos óseos, lo que junto a los datos anteriores evidencia una actividad sistemática de fracturación para el acceso a la médula ósea, sobre todo en el caso de los huesos largos de las extremidades.

Los datos anteriores permiten caracterizar el modo de gestión de los recursos cárnicos por parte de los homininos. Ahora bien, su carácter omnívoro les permitiría aprovechar otras fuentes de alimento, pues sólo *un 30%* de sus requerimientos energéticos diarios serían suplidos por los cadáveres de ungulados, complementando su dieta con recursos vegetales como frutos carnosos y secos o semillas. Además, los pequeños mamíferos y la herpetofauna están bien representados en ambos yacimientos por especies potencialmente consumibles, entre ellas tres especies de tortuga identificadas por fragmentos de caparazones, en dos de los cuales se han identificado marcas de corte. A estos recursos habría que añadir los gasterópodos (de los que se han documentado varias conchas, algunas con un diámetro de 3-4 cm) y probablemente también los huevos de aves, representadas en el registro por fragmentos de huesos largos de anátidas y córvidos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se inscribe dentro del marco Campus de Excelencia Internacional Andalucía Tech de la Universidad de Málaga y del Grupo de Investigación RNM-146 de Junta de Andalucía.

REFERENCIAS

Espigares, M.P., Martínez-Navarro, B., Palmqvist, P., Ros-Montoya, S., Toro, I., Agustí, J. y Sala, R. 2013. *Homo* vs. *Pachycrocuta:* Earliest evidence of competition for an elephant carcass between scavengers at Fuente Nueva-3 (Orce, Spain). *Quaternary International,* 295, 113-125.

García-Aguilar, J.M. y Martín, J.M. 2000. Late Neogene to recent continental history and evolution of GuadixeBaza basin (SE Spain). *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 13, 65-77.

García-Aguilar, J.M. y Palmqvist, P. 2011. A model of lacustrine sedimentation for the early Pleistocene deposits of Guadix-Baza basin (southeast Spain). *Quaternary International,* 243, 3-15.

García-Aguilar, J.M., Guerra-Merchán, A., Serrano, F., Palmqvist, P., Flores-Moya, A. y Martínez-Navarro, B. 2014. Hydrothermal activity and its paleoecological implications in the latest Miocene to Middle Pleistocene lacustrine environments of the Baza Basin (Betic Cordillera, SE Spain), *Quaternary Science Reviews,* 96, 204-221.

García-Aguilar, J.M., Guerra-Merchán, A., Serrano, F., Flores-Moya, A., Delgado-Huertas, A., Espigares, M.P., Ros-Montoya, S., Martínez-Navarro B. y Palmqvist, P. 2015. A reassessment of the evidence for hydrothermal activity in the Neogene-Quaternary lacustrine environments of the Baza basin (Betic Cordillera, SE Spain) and its paleoecological implications. *Quaternary Science Reviews,* 112, 226-235.

Palmqvist, P., Arribas, A. y Martínez-Navarro, B. 1999. Ecomorphological study of large canids from the lower Pleistocene of southeastern Spain. *Lethaia,* 32, 75-88.

Rodríguez-Gómez, G., Palmqvist, P., Rodríguez, J., Mateos, A., Martín-González, J.A., Espigares, M.P., Ros-Montoya, S. y Martínez-Navarro, B. (en prensa). On the ecological context of the earliest human settlements in Europe: Resource

availability and competition intensity in the carnivore guild of Barranco León-D and Fuente Nueva-3 (Orce, Baza Basin, SE Spain). *Quaternary Science Reviews.*

Toro-Moyano, I., Martínez-Navarro, B., Agustí, J., Souday, C., Bermúdez de Castro, J.M., Martinón-Torres, M., Fajardo, B., Duval, M., Falgueres, C., Oms, O., Parés, J.M., Anadón, P., Julià, R., García-Aguilar, J.M., Moigne, A.M., Espigares, M.P., Ros-Montoya, S. y Palmqvist, P. 2013. The oldest human remain in Europe, from Orce (Spain). *Journal of Human Evolution,* 65, 1-9.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

EL REGISTRO DE NOTHOSAURIA (REPTILIA, SAUROPTERIGIA) DEL TRIÁSICO DE LA PENÍNSULA IBÉRICA: PUESTA AL DÍA E IMPLICACIONES

C. de Miguel Chaves, F. Ortega y A. Pérez-García

Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Paseo de la Senda del Rey 9, 28040 Madrid, Spain

RESUMEN

El registro de sauropterigios triásicos en la península ibérica es, por lo general, pobre y poco conocido, estando basado principalmente en restos fragmentarios y aislados. Sin embargo, se han podido identificar elementos pertenecientes a varios clados de Sauropterygia, correspondientes a placodontos, paquipleurosaurios, notosaurios, simosaurios y pistosaurios. La revisión del registro ibérico de notosaurios, teniendo en cuenta los últimos trabajos publicados al respecto, es efectuada este trabajo. Este estudio pone de manifiesto la presencia de, al menos, cuatro taxones distintos de Nothosauria en el Triásico ibérico.

Palabras clave: Nothosauridae, registro ibérico, Muschelkalk, Keuper.

ABSTRACT

The record of Triassic sauropterygians of the Iberian Peninsula is relatively scarce and poorly known. It is mainly based on fragmentary and isolated remains. However, elements belonging to several clades of Sauropterygia have been identified, corresponding to placodonts, pachypleurosaurs, nothosaurs, simosaurs and pistosaurs. The review of the Iberian record of nothosaurs, considering the most recent published studies about it, is performed here. This study reveals the presence of, at least, four different taxa of Nothosauria in the Iberian Triassic.

Key words: Nothosauridae, Iberian record, Muschelkalk, Keuper.

INTRODUCCIÓN

El registro de sauropterigios triásicos de la península ibérica se compone de restos por lo general aislados y fragmentarios. Sin embargo, este material ha aportado información suficiente para la identificación de varios clados. En este sentido, se han recuperado elementos pertenecientes tanto a placodontos ciamodontoideos (Kuhn-Schnyder, 1966; Lapparent, 1966; Westphal, 1975; Pinna, 1990; Sanz, 1991; Alafont, 1992, 1999; Rieppel y Hagdorn, 1998; Niemeyer, 2002; Reolid *et al.*, 2013; Miguel Chaves *et al.*, 2015a) como no ciamodontoideos (Pinna, 1990; Alafont, 1992; Niemeyer, 2002; Berrocal-Casero y Castanhinha, 2015), así como a paquipleurosaurios indeterminados (Sanz, 1980, 1983, 1991; Alafont, 1992, 1999; Rieppel y Hagdorn, 1998; Niemeyer, 2002; Fortuny *et al.*, 2011; Reolid *et al*, 2013). También se han identificado restos del eosauropterigio *Simosaurus* (Miguel Chaves *et al.*, 2015a) y de algunas formas emparentadas con este, pero cuya asignación sistemática precisa no ha sido aún publicada (Quesada *et al.*,

2009; Miguel Chaves *et al*., 2014). Por último, restos craneales incompletos del yacimiento de Alcover (Tarragona) fueron clasificados como Pistosauria indet. (Alafont y Sanz, 1996; Rieppel y Hagdorn, 1998).

Sin embargo, el grupo más abundante en el registro ibérico es Nothosauria, generalmente representado por elementos aislados y fragmentarios. Este registro de notosaurios incluye varios taxones diferentes, encontrados en niveles del Triásico Medio y Superior de varias provincias de Andalucía, Aragón, Baleares, Castilla-La Mancha, Castilla y León y Cataluña (ver, por ejemplo, Bauza Rullán, 1955; Sanz, 1976, 1983, 1991; Alafont, 1992, 1999; Niemeyer, 2002; Quesada y Aguera González, 2005; Reolid *et al*., 2013; Miguel Chaves *et al*., 2016). En el presente trabajo se lleva a cabo una puesta al día de la información disponible sobre este clado en la península ibérica.

EL REGISTRO IBÉRICO DE NOTOSAURIOS

El primer resto de un notosaurio que fue notificado en el registro ibérico fue encontrado a principios del siglo XX en Estada (Huesca), en facies Muschelkalk. Consistía en un esqueleto articulado perteneciente al sauropterigio de pequeño tamaño *Lariosaurus balsami* (Ferrando, 1912). Aunque este fósil fue citado varias veces durante los siguientes años (Lozano, 1922a; Lozano, 1922b; Sos, 1933; Hernández-Pacheco, 1937; Barreiro, 1944), no fue estudiado en detalle hasta los años 70, confirmándose la asignación taxonómica inicial (Sanz, 1976). Este primer espécimen supone, de hecho, el esqueleto más completo e informativo de notosaurio de la península ibérica, pues otros yacimientos solo han aportado elementos aislados y, en el caso de las canteras de Alcover (Tarragona), impresiones en roca de restos esqueléticos.

Desde el hallazgo de Estada y hasta los años 60, solo algunos elementos aislados fueron recuperados, aportando escasa información. Así, Almela y Llopis (1947) citaron restos de notosaurios en niveles no precisados del Triásico de Olesa (Barcelona), y Bauza Rullán (1955) describió una vértebra de notosaurio hallada en el Muschelkalk de Sóller (Mallorca). Esta última asignación fue posteriormente puesta en duda (Sanz, 1980, 1983). Una vértebra sacra, varios dientes y costillas encontrados en el Muschelkalk de Royuela (Teruel) fueron clasificados como *Nothosaurus* sp. (Kuhn-Schnyder, 1966).

El descubrimiento en los años 60 de importantes niveles fosilíferos en las canteras de Alcover permitió el hallazgo de nuevos fósiles de notosaurios. Así pues, se describieron 9 ejemplares más de *Lariosaurus balsami* provenientes de estas canteras (Sanz, 1980, 1983). Posteriormente, a tres de estos ejemplares se les dio una nueva clasificación, siendo reasignados a Pachypleurosauridae indet. (Rieppel y Hagdorn, 1998), quedando, por lo tanto, fuera del clado Nothosauria. Además, la atribución de los otros ejemplares a la especie *L. balsami* fue también puesta en duda (Rieppel y Hagdorn, 1998), debido a la limitada disponibilidad de caracteres dado su estado de preservación. Una nueva especie de *Nothosaurus* en 1983, '*N. cymatosauroides*', fue descrita a partir de un cráneo en vista dorsal y varios restos postcraneales del mismo individuo (vértebras, elementos gastrales y costillas), también provenientes de Alcover (Sanz, 1983). La limitada información aportada por ese ejemplar, debido a su estado de preservación, motivó a Rieppel (2000) a considerar a esta especie como dudosa, argumentando que no podía ser correctamente diagnosticada. Finalmente, un nuevo fósil de notosáurido de Alcover fue citado por primera vez por Martínez-Delclós (1995), y descrito en detalle por Quesada y Aguera Gozález (2005), quienes lo asignaron a *Ceresiosaurus* sp. No obstante, este género es reconocido por algunos autores como un sinónimo de *Lariosaurus* (ver Rieppel, 1998), por lo que la atribución sistemática de ese ejemplar es actualmente polémica. Aun así, *Ceresiosaurus* correspondería a la especie *L. calcagnii* (Rieppel, 1998), por lo que sería un taxón diferente al *L. balsami* de Estada, y probablemente también a los otros ejemplares de *Lariosaurus* de Alcover. Durante los 90 se descubrieron también restos aislados de notosaurios en otros yacimientos de la península ibérica, principalmente en Castilla-La Mancha. Una vértebra cervical del Muschelkalk de Henarejos (Cuenca), fue atribuida a Nothosauridae indet. (Sanz, 1980, 1983), y varios dientes, costillas, elementos vertebrales y apendiculares del Muschelkalk de Canales de Molina (Guadalajara) fueron clasificados como cf. *Nothosaurus* sp. (Alférez *et al*., 1983). Un diente aislado, un dentario de tamaño reducido y numerosos elementos vertebrales de distintos morfotipos del Triásico Medio del área de Bienservida y Villarodrigo (Albacete y Jaén, respectivamente) se clasificaron como notosaurios indeterminados, haciéndose hincapié en la semejanza de los restos craneales con aquellos de *Nothosaurus* (Sanz, 1991). Posteriormente, abundantes restos desarticulados procedentes de la misma región fosilífera, incluyendo numerosos elementos vertebrales, mandibulares, apendiculares y de las cinturas pectoral y pélvica, fueron clasificados como Nothosauria indet. y Nothosauridae indet. (Alafont, 1992). De las localidades de Riba de Santiuste, Rillo de Gallo (ambas en Guadalajara) y Valdemeca (Cuenca)

se recuperaron nuevos restos vertebrales atribuibles a tres morfotipos distintos, costillas, elementos apendiculares, mandibulares y pélvicos, todos ellos también identificados como pertenecientes a Nothosauria indet. y Nothosauridae indet. (Alafont, 1999). También en Andalucía se recuperaron fósiles de notosaurios en abundancia similar a aquellos de Castilla-La Mancha. Así, Niemeyer (2002) clasificó algunas vértebras y costillas del Muschelkalk de Siles (Jaén) como Nothosauridae indet. y atribuyó varios elementos esqueléticos a *Nothosaurus* sp., incluyendo una clavícula, una escápula, varios húmeros, un coracoides, un ilion, un fémur, una tibia, una posible mandíbula, vértebras, costillas y dientes. Restos fósiles encontrados en el Muschelkalk de la región de Puente Génave-Villarodrigo (Jaén), incluyendo restos vertebrales, mandibulares, apendiculares y de las cinturas, fueron clasificados como notosaurios indeterminados, aunque algunos elementos se atribuyeron a *Nothosaurus* sp. (un arco neural descrito podría pertenecer a una especie estrechamente emparentada con *Nothosaurus mirabilis*; Reolid *et al.*, 2013).

Recientemente se han presentado algunos nuevos restos aislados de notosaurios. Así pues, cuatro centros vertebrales y un diente provenientes del yacimiento del Triásico Superior de El Atance (facies Keuper), en Guadalajara, han sido atribuidos a miembros indeterminados de Nothosauria de pequeño tamaño (Miguel Chaves *et al*., 2015b). Varias vértebras completas y centros vertebrales, recuperados de la previamente citada localidad de Riba de Santiuste (Guadalajara), también se han atribuido a Nothosauria indet. (Berrocal-Casero y Castanhinha, 2015). Finalmente, se han publicado varios elementos vertebrales, correspondientes a un único individuo, recuperados de la localidad de Fuencaliente de Medinaceli (Soria). Estas vértebras provienen de facies Muschelkalk, en niveles del Ladiniense (Triásico Medio). Su reciente estudio ha permitido su asignación a *Nothosaurus* cf. *giganteus*, siendo su morfología incompatible con la de otras vértebras de *Nothosaurus* del registro ibérico hasta ahora analizadas (Miguel Chaves *et al*., 2016).

CONCLUSIONES

A pesar de la naturaleza generalmente fragmentaria y aislada de la mayoría de los restos de sauropterigios de la península ibérica, estos proporcionan importante información sobre el registro ibérico de Nothosauria. La atribución del ejemplar de Tarragona a *Ceresiosaurus* (sea *Ceresiosaurus* un género válido o una especie dentro de *Lariosaurus*) implica la presencia de un taxón morfológicamente diferente al de los otros especímenes ibéricos de *Lariosaurus*, aun cuando la clasificación de algunos de estos como *L. balsami* no esté clara. Esto supone la presencia de dos taxones distintos de notosaurios del clado Lariosaurinae en la península ibérica. Por otro lado, el estudio de elementos vertebrales aislados de distintos yacimientos ibéricos confirma la presencia de dos especies diferentes de *Nothosaurus,* una más cercana a *N. mirabilis* y otra a *N. giganteus*. La identificación de varios morfotipos vertebrales en varios yacimientos puede indicar la presencia de más formas, o bien una variabilidad relativa a la posición anatómica de las vértebras en la serie. El registro fósil, por lo tanto, aporta evidencia de, al menos, cuatro taxones diferentes de notosaurios en el Triásico ibérico, con '*N. cymatosauroides*' como un posible quinto taxón de confirmarse su validez.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación y los trabajos derivados de ella están financiados por una Ayuda FPI de la UNED (ref. 0271864713 Y0SC001170), y por el proyecto de la Consejería de Educación, Cultura y Deportes de Castilla – La Mancha "Nuevo reptil marino (Sauropterygia) del Triásico Superior de El Atance (Guadalajara)" (Nº. Exp.: SBPLY/15/180601/000044).

REFERENCIAS

Alafont, L.S. 1992. *Notosaurios y Placodontos (Reptilia) del Triásico Medio de Bienservida – Villarrodrigo.* Instituto de Estudios albacetenses de la Excma. Diputación de Albacete, España, 131 pp.

Alafont, L.S. 1999. Reptiles del Triásico. En: Aguirre, E. y Rábano, I. (ed.), *La huella del pasado: Fósiles de Castilla–La Mancha*. Junta de Comunidades de Castilla–La Mancha, 143-159.

Alafont, L.S. y Sanz, J.L. 1996. Un nuevo Sauropterigio (Reptilia) en el Triásico de la Sierra de Prades (Tarragona). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 20, 313-329.

Alférez, F., Molero, G. y Maldonado, E. 1983. Un nuevo yacimiento con vertebrados fósiles (Peces y Reptiles) en el Trías de la Cordillera Ibérica (Canales de Molina, Guadalajara). *Real Sociedad Española de Historia Natural. VI Reunión Bienal, S*antiago, 44.

Almela, A. y Llopis Lladó, N. 1947. Hoja geológica num. 392 (Sabadell). *Mapa Geológico de España E. 1:50.000*. Segunda serie, I.G.M.E., Madrid.

Barreiro, A. J. 1944. *El Museo Nacional de Ciencias Naturales (1771-1935)*. Reedición 1992. Ediciones Doce Calles (col. Theatrum Naturae), Aranjuez, 509 pp.

Bauzá Rullán, J. 1955. Notas paleontológicas de Mallorca: sobre el hallazgo del *Nothosaurus* en el Trias. *Boletín de la Sociedad de Historia Natural de Baleares*, 1, 87.

Berrocal-Casero, M. y Castanhinha, R. 2015. Nuevos hallazgos de vertebrados triásicos en el anticlinal de Riba de Santiuste (Guadalajara, España). En: Laura Domingo, M. Soledad Domingo, Omid Fesharaki, Blanca García Yelo, Ana Rosa Gómez Cano, Verónica Hernández-Ballarín, Daniel Hontecillas, Juan L. Cantalapiedra, Paloma López Guerrero, Adriana Oliver, Jonathan Pelegrín, Miriam Pérez de los Ríos, María Ríos, Óscar Sanisidro & Alberto Valenciano (Ed.), *Current Trends in Paleontology and Evolution* (pp. 58-59).

Ferrando, P. 1912. Sobre el reptil fósil sauropterigido notosaurido, encontrado en Estada (Huesca). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 12, 188.

Fortuny, J., Bolet, A., Sellés, A.G., Cartanyà, J. & Galobart, À. 2011. New insights on the Permian and Triassic vertebrates from the Iberian Peninsula with emphasis on the Pyrenean and Catalonian basins. *Journal of Iberian Geology*, 37, 65-86.

Hernández-Pacheco, E. 1937. *Geología histórica. Paleontología.* Historia natural del Instituto Gallach de Librería y Ediciones, t. 4º, Geología (2ª ed.), Barcelona.

Kuhn-Schnyder, E. 1966. Über Wirbeltier–Reste ausdem Muschelkalk der Provinz Teruel (Spanien). Oberrhein. *Geol. Abh.*, 15, 99-106.

Lapparent A.F. 1966. Noveaux gisements de reptiles mesozoiques en Espagne. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 84, 103-110.

Lozano, L. 1922a. Sobre el *Blennius rouxi* Cocco, y un reptil fósil de Tortosa. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 21, 396-397.

Lozano, L. 1922a. Sobre el *Blennius rouxi* Cocco, y un reptil fósil de Tortosa. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 21, 396-397.

Martínez-Delclòs, X. 1995. Plants. Invertebrates. Systematic Paleontology. En: Martínez-Delclòs, X. (Ed.), *II International Symposium on Lithographic Limestones. Montsec & Montral-Alcover. Two Konservat-Lagerstätten, Field trip guide book* (pp. 81-87).

Miguel Chaves, C. de, Pérez-García, A., Ortega, F., Sánchez-Chillón, B., Quesada, J. & Sanz, J.L. 2014. Systematic implications of a sauropterygian skull from the Upper Triassic of Guadalajara (Spain). *Program and Abstracts, 74th Annual Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology in Berlin, Germany*, 118.

Miguel Chaves, C. de, Pérez-García, A., Cobos, A., Royo-Torres, R., Ortega, F. & Alcalá, L. 2015a. A diverse Late Triassic tetrapod fauna from Manzanera (Teruel, Spain). *Geobios*, 48, 479-490.

Miguel Chaves, C. de, Pérez-García, A., Quesada, J. y Ortega, F. 2015. Restos de notosaurios (Sauropterygia, Nothosauria) del yacimiento del Triásico Superior de El Atance (Guadalajara, España). En: Laura Domingo, M. Soledad Domingo, Omid Fesharaki, Blanca García Yelo, Ana Rosa Gómez Cano, Verónica Hernández-Ballarín, Daniel Hontecillas, Juan L. Cantalapiedra, Paloma López Guerrero, Adriana Oliver, Jonathan Pelegrín, Miriam Pérez de los Ríos, María Ríos, Óscar Sanisidro & Alberto Valenciano (Ed.), *Current Trends in Paleontology and Evolution* (pp. 80-81).

Miguel Chaves, C. de, García-Gil, S., Ortega, F., Sanz, J.L. & Pérez-García, A. 2016. First Triassic tetrapod (Sauropterygia, Nothosauridae) from Castilla y León: evidence of an unknown taxon for the Spanish record. *Journal of Iberian Geology*, 42 (1), 29-38.

Niemeyer, J. 2002. Invertebraten und Vertebraten aus dem Muschelkalk von Siles (Jaén), Spanien. *Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie*, 94, 1-98.

Pinna, G. 1990. I rettili placodonti dei terreni di Spagna. *Atti della Societa Italiana di Scienze Naturali e del Museo Civico di Storia Naturale di Milano*, 131, 137-143.

Quesada, J.M. y Aguera González, S. 2005. Descripción del primer ejemplar de *Ceresiosaurus* (Reptilia: Sauropterygia), hallado en la Península Ibérica en el Ladiniense (Triásico Medio) de Mont-ral - Alcover (Tarragona). *Estudios Geológicos*, 61, 247-269.

Quesada, J., Pérez–García, A., Ortega, F., Escaso, F. & Sánchez–Chillón, B. 2009. *Simosaurus* (Nothosauria) fossil site: a new Spanish window to the Upper Triassic. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 29 (3), 168A.

Reolid, M., Pérez-Valera, F., Benton, M.J. and Reolid, J. 2013. Marine flooding in continental Triassic facies identified by a nothosaur and placodont bonebed (South Iberia Paleomargin). *Facies*, 60, 277-293.

Rieppel, O. 1998. The status of the sauropterygian reptile genera *Ceresiosaurus*, *Lariosaurus*, and *Silvestrosaurus* from the Middle Triassic of Europe. *Fieldiana: Geology*, 38, 1-46.

Rieppel, O. 2000. Part 12A. Sauropterygia I. In: Wellnhofer, P. (Ed.), *Handbuch der Paläoherpetologie*. Verlag Friedrich Pfeil, München, pp. 1-134.

Rieppel, O. & Hagdorn, H. 1998. Fossil reptiles from the Spanish Muschelkalk (Mont–ral and Alcover, Province Tarragona). *Historical Biology*, 13, 77-97.

Sanz, J.L. 1976. *Lariosaurus balsami* (Sauropterygia, Reptilia) de Estada (Huesca). *Estudios Geológicos*, 32, 547-567.

Sanz, J.L. 1980. *Los notosaurios españoles. Análisis filogenético y sistemático de los sauropterigios triásicos*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Sanz, J.L. 1983. Los notosaurios (Reptilia, Sauropterygia) españoles. *Estudios Geológicos*, 39, 193-215.

Sanz, J.L. 1991. Notosaurios y placodontos (Reptilia). Su registro en el yacimiento de Bienservida–Villarodrigo. *Actas de las Jornadas sobre el Medio Natural Albacetense*, Albacete, 17-32.

Sos, V. 1933. Los fósiles triásicos españoles del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid. *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 33, 287-302.

Westphal, F. 1975. Bauprinzipien im Panzer der Placodonten (Reptilia triadica). *Paläontologische Zeitschrift*, 49, 97-125.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

RECONSTRUCCIÓN PALEOAMBIENTAL CON MICROMAMÍFEROS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE GRAN DOLINA (BURGOS, ESPAÑA)

R. Moya-Costa y G. Cuenca-Bescós

Aragosaurus-IUCA, Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009, Zaragoza, España. raquelmc@unizar.es, cuencag@unizar.es

RESUMEN

Los yacimientos de la Sierra de Atapuerca se caracterizan por su alto contenido en restos fósiles de vertebrados. La especie de hominino *Homo antecessor* se definió en TD6, uno de los niveles de edad Pleistoceno Inferior de Gran Dolina. El análisis de las asociaciones de micromamíferos de estos niveles permite obtener información ambiental de los alrededores de los yacimientos durante el depósito de los rellenos de las cuevas y distinguir cambios a lo largo de la secuencia estratigráfica. Los tres niveles que se estudian se caracterizan por estar influenciados en las bases por las altas proporciones de roedores de hábitats acuáticos y por aumentar progresivamente hasta el final de los niveles los hábitats de prados secos.

Palabras clave: Paleoambiente, hábitat, micromamífero, roedor, Pleistoceno Inferior.

ABSTRACT

The Atapuerca sites (Burgos, Spain) are characterised by their high content in vertebrate fossils. The species *Homo antecessor* was defined in TD6 level of Gran Dolina, Early Pleistocene age. Environmental information of the surroundings of the sites during the deposit of the infill can be obtained by the analysis of the micromammal associations. Also we can distinguish changes along the stratigraphic sequence. The three levels that we study are characterised by having in the lower part high proportions of aquatic rodents and by increasing progressively to the top of the levels the species of dry meadows.

Key words: Paleoenvironment, habitat, micromammal, rodent, Early Pleistocene.

INTRODUCCIÓN

El conjunto de yacimientos paleontológicos y arqueológicos de la Sierra de Atapuerca presenta una de las secuencias más completas con microvertebrados del final del Pleistoceno Inferior y de gran Parte del Pleistoceno Medio, lo que la convierte en una secuencia de referencia de la evolución de los medios continentales de Europa occidental. Uno de los yacimientos que forman parte de este conjunto es el de Gran Dolina, en cuyo nivel TD6 de edad Pleistoceno Inferior (Carbonell *et al.*, 1995; Bermúdez de Castro *et al.*, 1997) se definió la especie *Homo antecessor.*

La Sierra de Atapuerca se localiza en el corredor de la Bureba, entre las cuencas del Duero y del Ebro, a 14 km al Este de la ciudad de Burgos (Figura 1A). Gran Dolina es uno de los yacimientos del sistema de cuevas de la Trinchera del Ferrocarril.

Gran Dolina es una cavidad kárstica desarrollada durante el Mioceno en las calizas del Cenomaniense que forman la sierra, que está rellena por materiales del Pleistoceno-Holoceno. Los materiales de los niveles del Pleistoceno Inferior (Figura 1B) corresponden con facies de canales: arcillas, arenas y gravas (Campaña *et al*., 2015).

Los micromamíferos de los niveles del Pleistoceno Inferior de Gran Dolina han sido estudiados en diferentes trabajos como los de Cuenca-Bescós *et al*., (1995, 2011, 2015). Se pretende obtener una reconstrucción de más detalle ya que las muestras estudiadas están recogidas a intervalos menores, por lo que el muestreo está realizado con más detalle.

Los restos de micromamíferos de estos niveles, según los estudios de las marcas de digestión y las fracturas de Bennàsar-Serra (2010) son acumulados principalmente por la acción de aves rapaces que depositarían los restos en forma de egragópilas en las entradas de la cueva. Estas aves serían *Asio otus*, *Bubo bubo*, *Strix aluco* y *Falco tinnunculus* con distintas incidencias de cada uno en cada nivel.

La acción de estas rapaces con distintos comportamientos produce sesgos tafonómicos que cambian según sus influencias en cada nivel. Por lo tanto para comparar los distintos niveles en este trabajo se utilizan únicamente los contajes de los arvicolinos, que son un grupo sobre el que todas las aves que predan son oportunistas, por lo que el sesgo disminuye.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material estudiado consiste en restos de microvertebrados obtenidos por el método del lavado y tamizado del sedimento de los niveles inferiores del yacimiento de Gran Dolina durante las campañas de excavación desarrolladas entre los años 2006 y 2013.

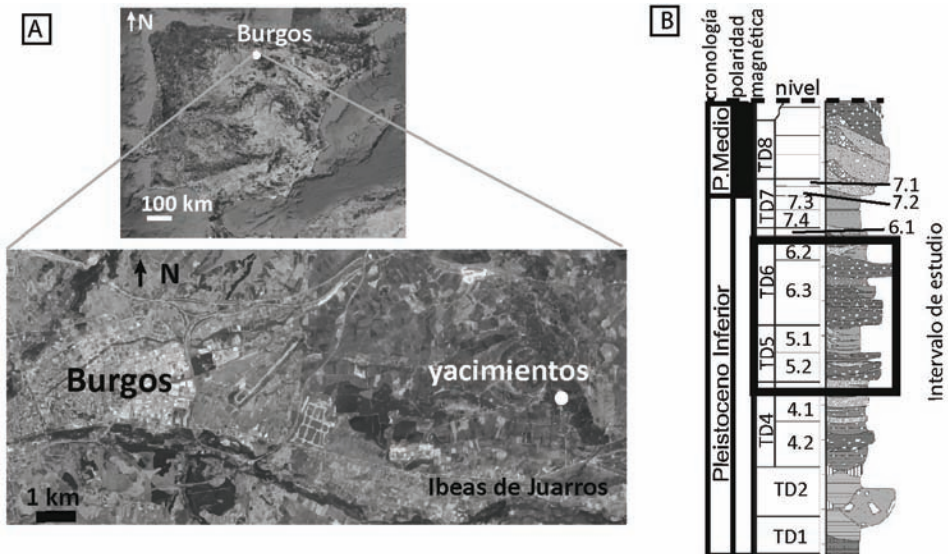


Figura 1. A) Situación geográfica de los yacimientos de la Sierra de Atapuerca. B) Parte inferior de la columna estratigráfica del yacimiento de Gran Dolina donde se señala la sección estudiada. Modificado de Campaña *et al.* (2015).

El material pertenece a 48 muestras comprendidas entre las profundidades 660 y 1130 cm de la excavación, abarcan 4,7 m y corresponden a niveles de distintas cuadrículas y de 10 cm de espesor en su mayoría, salvo algunos que son de 20. Van desde el nivel TD4.1-2 hasta el TD6.1. Se ha utilizado el material disponible para niveles contiguos de forma que la serie es lo más continua posible.

Cada muestra tiene unas siglas que especifican: año de la campaña, lugar de la excavación (ATA= Atapuerca), yacimiento (TD= Trinchera Dolina=Gran Dolina), nivel y subnivel desde la base hacia el techo, cuadrícula y el intervalo de la serie en el que se han recogido en centímetros (z) medido desde el punto más alto de la excavación.

El material se trió y se separaron los dientes y los húmeros de topo y desmán. También se determinó la presencia de otros vertebrados: anfibios, peces, reptiles o aves. Se identificaron todas las especies de micromamíferos de cada nivel excepto los quirópteros, 18 taxones, utilizando bibliografía de Cuenca-Bescós *et al*. (1995 y 2010).

En cada muestra se contaron los elementos identificados para cada especie y con ellos se calculó el número mínimo de individuos (NMI). Se sumaron los individuos de muestras de la misma z y distintas cuadrículas, ya que los niveles son horizontales en la zona de estudio. Así se pueden observar los cambios a lo largo de la serie estratigráfica.

Para hacer la reconstrucción paleoambiental se utilizan los arvicolinos porque son al mismo tiempo la subfamilia con más representantes, dentro de su grupo no hay apenas sesgos tafonómicos y además son buenos indicadores paleoambientales.

Se calcularon los porcentajes de cada especie y se asignaron a los hábitats a los que corresponden según Cuenca-Bescós *et al*., (2005):

Terricola: Prado abierto seco. Afectados por las estaciones.

Iberomys, Stenocranius y Microtus: Prado abierto húmedo. Pastos altos y suelos blandos.

Pliomys: Rocoso. Áreas con sustrato rocoso que se suelen asociar con condiciones frías.

Mimomys: Acuático. Corrientes de agua como ríos y arroyos o lagos y charcas.

Además hay que tener en cuenta las presencias de otras especies indicadoras ya que con los porcentajes de los topillos se ven cambios relativos en los ambientes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los grupos de vertebrados que se identifican en las muestras son: peces, anfibios, reptiles escamosos, aves, pequeños carnívoros, insectívoros, quirópteros, lagomorfos y roedores.

Insectívoros: *Erinaceus* sp., Crocidurinae sp. Indet., *Dolinasorex glyphodon*, *Sorex* sp., Desmaninae sp. Indet y *Talpa* sp.

Lagomorfos: Lagomorpha indet.

Roedores: *Marmota* sp., *Iberomys huescarensis*, *Stenocranius gregaloides*, *Terricola arvalidens*, *Microtus seseae*, *Mimomys savini*, *Pliomys episcopalis*, *Victoriamys* (=*Allophaiomys*) *chalinei*, *Allocricetus bursae* y *Apodemus sylvaticus*.

En total hay un NMI de 614 micromamíferos en las 48 muestras. Los resultados se muestran en la tabla 1.

Los porcentajes de individuos pertenecientes a cada tipo de ambiente se representan en la figura 2. Los puntos y las líneas que indican los datos se sitúan en los puntos medios de cada nivel y se ocultan los niveles en los que no hay datos de micromamíferos o los que hay son inferiores 10 individuos.

En el tramo estudiado de TD4, la parte alta, los ambientes dominantes son los prados abiertos secos, que aumentan hacia techo. En TD5 pasa de haber en la base exclusivamente representación de hábitats de prado abierto seco, acuático y rocoso, en proporciones similares, a en la parte media aumenta mucho los prados abiertos en general y surgir los prados abiertos húmedos, que aumentan hacia el techo, disminuyendo considerablemente la influencia del ambiente acuático. En la base de TD6 vuelve a aumentar la proporción de ambientes acuáticos progresivamente y en el nivel de z: 840-850 alcanza su valor máximo y disminuye hacia techo, haciéndose más abierto. Los hábitats rocosos empiezan a disminuir desde la base de TD6 hasta dejar de tener representantes.

Estos resultados aumentan el tramo de serie estudiada por Cuenca-Bescós *et al*. (2005, 2011), que aunque muestra unas abundancias diferentes de los hábitats al tener en cuenta más especies y distintos tramos, presenta unos cambios relativos similares.

	Erinaceus sp.	Crocidurinae	*Dolimasorex glyphodon*	*Sorex sp.*	*Talpa sp.*	Desmaninae	Chiroptera	Lagomorpha indet.	*Marmota* sp.	*Terricola arvalidens*	*Microtus seseae*	*Iberomys huescarensis*	*Stenocranius gregaloides*	*Victoriomys chalinei*	*Mimomys savini*	*Pliomys episcopalis*	*Allocricetus bursae*	*Apodemus sylvaticus*	Aves	Anfibios	Peces	Squamata	Carnivora
ATA'06 TD6.1 G11 z:660-670										1	6												
ATA'06 TD6-2 G11-G12 z:670-680										1	8	1							x				
ATA'09 TD6-2 4 G12 z:710-720			1								1	2					1		x	x			
ATA'09 TD6-3 T1 G10 z:730-740			1		2					2	2	1			1		1		x	x			
ATA'09 G13 TD6.2 z:730-740	1																		x				
ATA'09 TD6.3.1 G10 z:740-750					1																		
ATA'09 TD6,3 T1 G12 z:750-760		1	2				1	1		2	1	1			1		1		x	x	x	x	
ATA'09 TD6.3 T.1 G13 z:760-770	1	1																					
ATA'10 TD6-3.3 G12 Z:780-790		1	2	2	1		x			1	3	4			3			3	x	x			
ATA'08 F12 TD6.3.3 z:780-790	1		1							1		1			1								
ATA'09 TD6.3 T2 G13 z:780-790					2					1					1					x			
ATA'10 TD6-3.3 G13 z:790-800																							
ATA'10 TD6 3/4 G12 z:800-810	1		1	2	1		1	1		3		4	2				1	1	x	x			
ATA'10 TD6-3.6 G10 z: 820-830														1			1		x				
ATA'10 TD6.3-6 G12 z:830-840																			x				
ATA'10 TD6.3.6 G09 z:830-840	1						x												x				
ATA'10 TD6-3 T.6 G10 z:840-850	1														1								
ATA'10 TD6.3.6 G10 : 840-850				3						1		2		5			1			x			
ATA'10 TD6.3.6 G10 z:850-860				1			1							2									
ATA'10 TD6.3-6 G10 z:850-870				1								1		1				1	x				
ATA'10 TD6.3.6 F14 z: 860-870			1	1			x					3	1	5	3		1		x	x	x		
ATA'10 TD6.3.6 G14 z:860-870		1					1					1		2			2	1	x		x		
ATA'11 TD6.3 G12 T7 z:900-910				1																x			
ATA'11 TD6-3 F13 T7 z:900-910				1	1		x	1				4		2	2	3	4	2			x		
ATA'11 TD6.3 E12 T7 z:910-920										5	2	1			1	2	1		x	x	x		
ATA11 TD5.1 T1 F13 Z:920-930					1		1		1	1		1		1	2	6	3						
ATA'11 TD5.1-1 G13 z:920-930								1		5	9	1							x	x			
ATA'11 TD5-1 T.3/1 G9 z:930-950															2				x	x			
ATA'11 TD5-1 T.2 G12 z:940-950					1					1		3			3	2	1		x	x			
ATA'11 TD5-2 T.1 F13 z:950-960				2	2			1		1	2	2			1	1	1		x	x	x		
ATA 11 TD5 T5 F14 z:950-960	1		1	4	4	1	x			6	25	8				2	4	2	x	x	x		
ATA'11 TD5.1 T5 H09 z:950-960										14	32	1			2	1			x	x	x		
ATA'11 TD5.1 T.5 F14 z:950-960										3	5				1		1		x		x		
ATA'11 TD5-1 T.3/4 F12 z:960-980		1	1							3	6	2			1	3	4		x	x	x		
ATA'11 TD5.1 T.5 G11 z:970-980	1			1	1					9	15	1		2	1		1		x	x	x		
ATA'11 TD5-1 T.5 F12 z:980-990				1	2	1		1		6	12	2	1	1	2		1			x	x		
ATA'12 TD5.2.2 E11 z:990-1000			2	1	6		1			5	7	3			2	2	1		x	x		x	
ATA'11 TD5.2 T.1 G12 z:1000-1010			5		8		2			2	2	1		1	4	1	4	1	x	x	x		
ATA'11 TD5.2 T1 F12 z.1000-1010			1		1		1			2	2	1			1	1	1		x	x	x		
ATA'12 TD5-2/3 G14 z:1010-1020	1		1		1					5	3				1							1	
ATA'12 TD4-1-1 G10 z:1040-1050	1			1				1		1		1			6	3				x	x		
ATA'12 TD5 2-4 F11 z:1050-1060							1	1			3				1	1	1		x	x	x		
ATA'12 TD4.1-1 G12 z:1050-1060								1	1		1				1	3	4		x	x	x		
ATA'13 TD4-1 G12 z:1050-1060											2												
ATA'12 TD4 1.1 G10 z:1070-1080												6			2	3	2						1
ATA'13 TD4.1-2 E11 z: 1080-1090			1								10								x				
ATA'13 TD4-1-2 F12 z: 1090-1100					3			1									1		x	x			
ATA'13 TD4 1-2 G10 z: 1110-1120			1		2		2	1				4		1	2	3	2	1	x	x	x	1	1
ATA'13 TD4.1-2G10 z:1120-1130				1	1		2	1				4		1			1	1	x	x		1	

Tabla 1. Número mínimo de individuos de cada taxón en cada muestra. "X" para los taxones presentes pero no cuantificados.

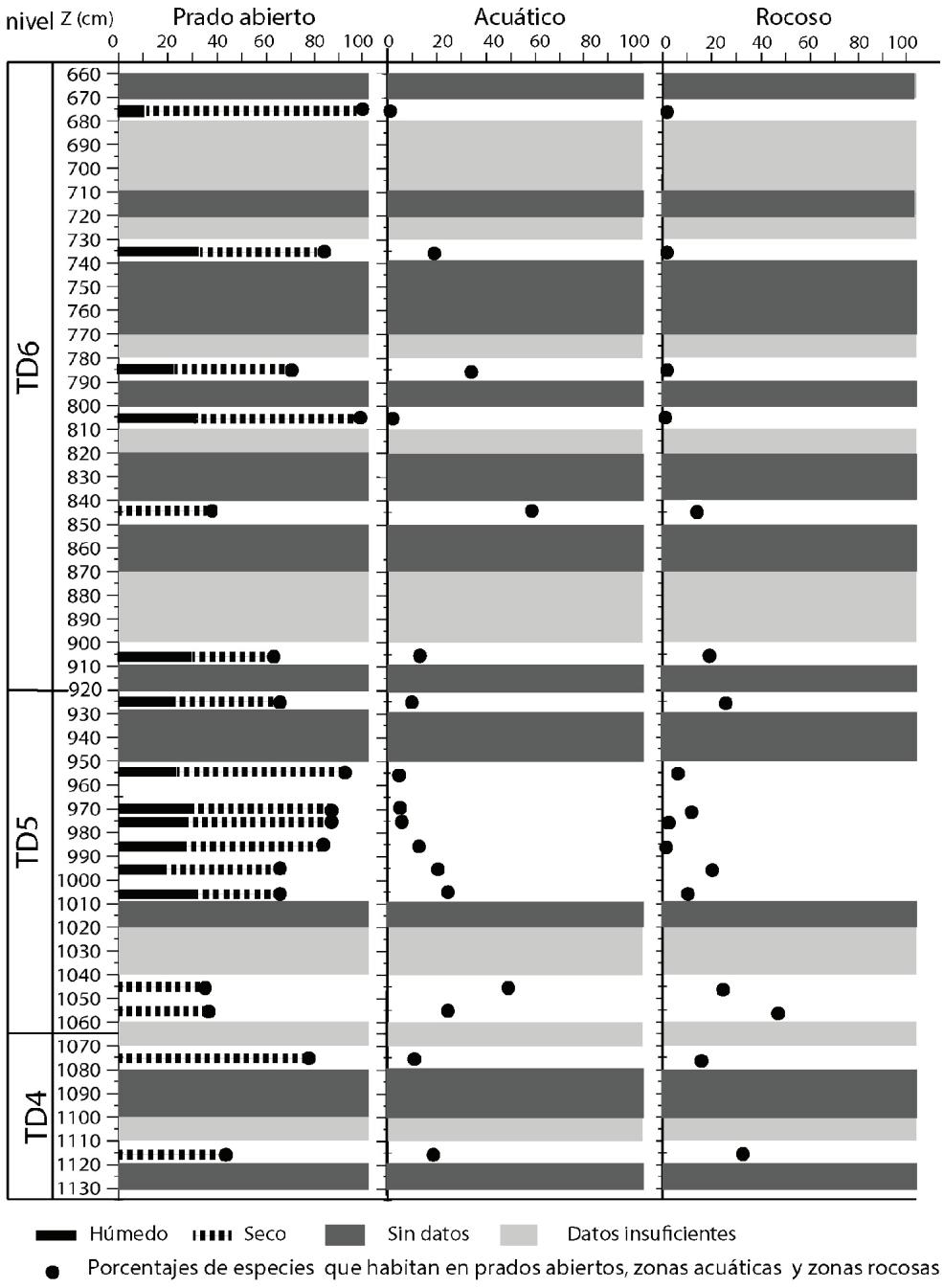


Figura 2. Representación de los distintos hábitats en función de los arvicolinos de cada nivel. No se presentan los resultados para menos de 10 individuos.

CONCLUSIONES

El estudio detallado de las asociaciones de arvicolinos junto con el resto de micromamíferos de los niveles inferiores de Gran Dolina, permite apreciar cambios ambientales. Hay dos picos de dominancia de los ambientes acuáticos en la parte baja de TD5 y la de TD6, los ambientes rocosos tienen más importancia en TD4 y TD5 y los prados abiertos son casi siempre dominantes, especialmente los secos, que aumentan hacia el techo de los niveles.

AGRADECIMIENTOS

Gracias al equipo de Atapuerca que excava y lava los sedimentos de los yacimientos y a la Asociación Aspanias que ayuda en el triado. Este trabajo ha sido financiado por el proyecto del MINECO CGL2012-38434-C03-01. R. Moya-Costa es beneficiaria de una ayuda para la formación de profesorado universitario (FPU14/05528) del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

REFERENCIAS

Bennàsar-Serra, M. (2010): *Tafonomía de micromamíferos del Pleistoceno inferior de la Sierra de Atapuerca (Burgos): la Sima del Elefante y la Gran Dolina*. Tesis doctoral, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona.

Bermúdez de Castro, J.M., Arsuaga, J.L., Carbonell, E., Rosas, A., Martínez,I. y Mosquera, M. 1997. A Hominid from the Lower Pleistocene of Atapuerca, Spain: Possible Ancestor to Neandertals and Modern Humans. *Science,* 276, 1392-1395

Campaña. I., Benito-Calvo, A., Pérez-González, A., Ortega, A.I, Bermúdez de Castro, J.M. y Carbonell, E. 2015. Pleistocene sedimentary facies of the Gran Dolina archeo-paleoanthropological site (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain). *Quaternary International*, 1-17. doi:10.1016/j.quaint.2015.04.023.

Carbonell, E., Bermúdez de Castro, J. M., Arsuaga, J. L., Díez, J. C., Rosas, A., Cuenca-Bescós, G., Sala, R., Mosquera, M. y Rodríguez, X. P. 1995. Lower Pleistocene hominids and artefacts from Atapuerca–TD6 (Spain). *Science*, 269, 826-832.

Cuenca-Bescós, G., Blain, H-A., Rofes, J., Lozano-Fernáncez, I, López García, J.M., Duval, M., Galán, J. y Núñez-Lahuerta, C. 2015. Comparing two different Early Pleistocene microfaunal sequences from the caves of Atapuerca, Sima del Elefante and Gran Dolina (Spain): Biochronological implications and significance of the Jaramillo subchron. *Quaternary International*. 1-11. http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2014.12.059

Cuenca-Bescós, G., Canudo, J.I. y Laplana, C. 1995. Los Arvicólidos (Rodentia, Mammalia) de los niveles inferiores de Gran Dolina (Pleistoceno Inferior, Atapuerca, Burgos, España). *Revista Española de Paleontología*, 10, 202-218.

Cuenca-Bescós, G., Rofes, J. y García-Pimienta, J. 2005. Environmental change across the Early-Middle Pleistocene transition: small mammalian evidence. In Head, M. J. y Gibbard., P.L. (Ed.), *Early-Middle Pleistocene transitions: The Land-Ocean Evidence*. Geological Society, London, Special Publications, 277-286.

Cuenca-Bescós, G., Melero-Rubio, M., Martínez, I., Blain, H.-A., López-García, J.M., Rofes, J., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M. y Carbonell, E. 2011. The Early- Middle Pleistocene environmental and climatic change and the human expansion in western Europe: a case study with small vertebrates (Gran Dolina, Atapuerca, Spain). *Journal of Human Evolution*, 60, 481-491.

Cuenca-Bescós, G., Rofes, J.,López-García, J.M., Blain, H-A., De Marfá, R.J., Galindo-Pellicena, M.A., Bennàsar-Serra, M.L., Melereo-Rudio, M., Arsuaga, J.L., Bermúdez de Castro, J.M. y Carbonell, E. 2010). Biochronology of Spanish Quaternary small vertebrate faunas. *Quaternary International*, 212, 109-119.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

EL ESTATUS FILOGENÉTICO DE LOS ALODAPOSÚQUIDOS DEL CRETÁCICO SUPERIOR EUROPEO

I. Narváez[1], C.A. Brochu[2], F. Escaso[1], A. Pérez-García[1] y F. Ortega[1]

[1] Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Paseo Senda del Rey, 9, 28040, Madrid (España).
inarvaez@ccia.uned.es, fescaso@ccia.uned.es, paleontologo@gmail.com, fortega@ccia.uned.es
[2] Department of Earth and Environmental Sciences, University of Iowa, 52242, Iowa City, IA (Estados Unidos).
chris-brochu@uiowa.edu

RESUMEN

El clado Allodaposuchidae, recientemente descrito, incluye crocodiliformes eusuquios europeos restringidos al Cretácico terminal (Campaniense y Maastrichtiense). El estatus filogenético de las formas que han sido relacionadas con el clado se evalúa aquí. Allodaposuchidae muestra un patrón de distribución vicariante en el archipiélago finicretácico europeo, con varias formas ibero-armoricanas más estrechamente relacionadas entre ellas que con la especie rumana *Allodaposuchus precedens*. Varios ejemplares asignados tradicionalmente a *Allodaposuchus precedens* son confirmados como integrantes del clado Allodaposuchidae, sin pertenecer a esta especie y, en algunos casos, pudiendo representar nuevas formas.

Palabras clave: Crocodyliformes, Eusuchia, Allodaposuchidae, Cretácico Superior, Europa.

ABSTRACT

The recently described clade Allodaposuchidae includes European eusuchian crocodyliforms restricted to the uppermost Cretaceous (Campanian and Maastrichtian). The phylogenetic status of the forms so far related to this clade is evaluated here. Allodaposuchidae shows a vicariant distribution pattern in the European Upper Cretaceous archipelago, with several Ibero-Armorican forms more closely related to each other than with the Romanian species *Allodaposuchus precedens*. Several specimens traditionally assigned to *Allodaposuchus precedens* are recognized as representatives of Allodaposuchidae not belonging to this species and, in some cases, probably corresponding to new forms.

Key words: Crocodyliformes, Eusuchia, Allodaposuchidae, Upper Cretaceous, Europe.

INTRODUCCIÓN

Allodaposuchidae es un clado de crocodiliformes eusuquios recientemente descrito que incluye formas restringidas a los últimos dos pisos (Campaniense y Maastrichtiense) del Cretácico Superior europeo (Narváez *et al*., 2015, 2016). Tradicionalmente se ha considerado a estas formas como estrechamente relacionadas con Hylaeochampsidae, situándose en la base de Eusuchia (Delfino *et al*., 2008; Puértolas-Pascual et al., 2014; Narváez *et al*., 2015). Sin

embargo, recientes análisis filogenéticos sitúan a Allodaposuchidae como el grupo hermano de Crocodylia (Narváez *et al*., 2016). La especie tipo del clado, *Allodaposuchus precedens*, fue descrita por primera vez por Nopcsa (1928), a partir de material craneal y postcraneal fragmentario procedente del Maastrichtiense inferior de V lioara (Rumanía). Durante las últimas dos décadas se ha recuperado un importante número de ejemplares en la península ibérica, el sur de Francia y Rumanía que se habían relacionado con la especie rumana (Buscalioni *et al*., 2001; Martin y Buffetaut, 2005; Delfino *et al*., 2008; Martin, 2010; Puértolas-Pascual *et al*., 2014; Blanco *et al*., 2014, 2015).

En la península Ibérica se han descrito las especies *Arenysuchus gascabadiolorum* Puértolas, Canudo, Cruzado-Caballero, 2011, *Lohuecosuchus megadontos* Narváez, Brochu, Escaso, Pérez-García, Ortega, 2015, *Agaresuchus subjuniperus* (Puértolas-Pascual, Canudo, Moreno-Azanza, 2014) y *Agaresuchus fontisensis* Narváez, Brochu, Escaso, Pérez-García, Ortega, 2016, mientras que en sur de Francia se ha descrito la especie *Lohuecosuchus mechinorum* Narváez, Brochu, Escaso, Pérez-García, Ortega, 2015. Además se han incluido en el clado Allodaposuchidae varios taxones cuya validez taxonómica ha sido discutida en publicaciones recientes (ver Martin *et al*., 2015; Narváez *et al*., 2014, 2015, 2016): *Musturzabalsuchus buffetauti* Buscalioni, Ortega, Vasse, 1997, "*Allodaposuchus palustris*" Blanco, Puértolas-Pascual, Vila, Marmi, Sellés, 2014 y "*Allodaposuchus hulki*" Blanco, Fortuny, Vicente, Luján, García-Marca, Sellés, 2015, procedentes de la península Ibérica, y "*Massaliasuchus affuvelensis*" (Matheron, 1869), del sur de Francia. Otros restos procedentes de Armuña, Vilamitjana y Laño, en la península Ibérica, y Bellevue, en el sur de Francia, fueron incluidos, junto al material clásico de V lioara, en *Allodaposuchus precedens* por Buscalioni *et al*. (2001), proponiéndose una diagnosis para ese taxón considerando todos esos ejemplares, que no puede ser actualmente sustentada (Delfino *et al*., 2008). Por otro lado, material procedente de Cruzy y Velaux-La Bastide

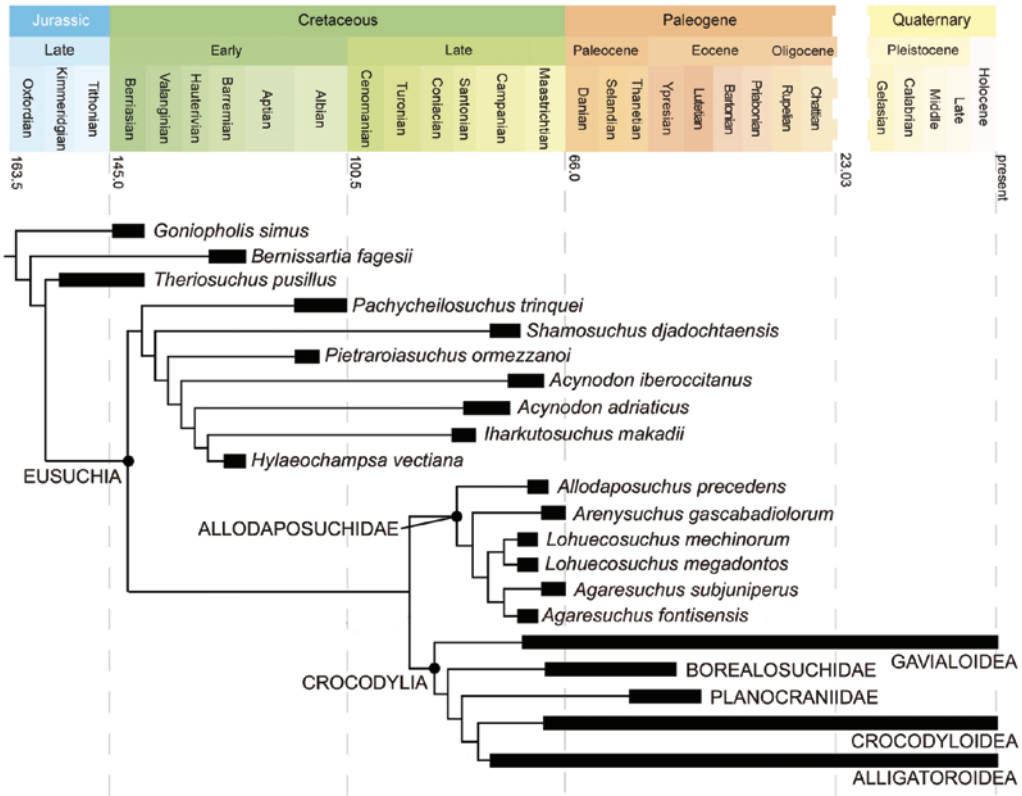


Figura 1. Hipótesis filogenética de Eusuchia basada en *Narváez et al.* (2016). Los rectángulos negros corresponden a la distribución cronológica de cada taxón.

Neuve, en Francia, y Oarda de Jos, en Rumania, han sido asignados a *Allodaposuchus precedens* (Martin y Buffetaut, 2005; Delfino *et al*., 2008; Martin *et al*., 2015).

Las últimas hipótesis biogeográficas publicadas proponen una distribución de Allodaposuchidae que muestra un patrón vicariante, probablemente debido a las barreras generadas entre las islas que conformaban el archipiélago europeo a finales del Cretácico (Narváez *et al*., 2015, 2016). De esta forma, se distingue la especie *Allodaposuchus precedens*, localizada en el este de Europa y constituida por el material procedente de V lioara y Oarda de Jos (Rumanía), y un grupo monofilético en el oeste de Europa, que incluye las formas de la península ibérica y del sur de Francia (Fig. 1).

DISCUSIÓN

El estudio del material asignado a crocodiliformes eusuquios procedente de Lo Hueco (Fuentes, Cuenca) ha confirmado la presencia en este yacimiento campano-maastrichtiense de dos especies de alodaposúquidos: *Lohuecosuchus megadontos* y *Agaresuchus fontisensis*, que han permitido definir el clado Allodaposuchidae e identificar y caracterizar a los potenciales miembros del grupo cuya posición filogenética resultaba dudosa hasta el momento (Narváez *et al*., 2015, 2016).

El material disponible del Cretácico Superior del Este de Europa asignado a alodaposúquidos incluye el holotipo de *Allodaposuchus precedens*, procedente de V lioara (Rumanía) y un cráneo casi completo procedente de Oarda de Jos (Rumanía) (Nopcsa, 1928;Delfino *et al*., 2008). En la diagnosis de *Allodaposuchus precedens* (sensu Delfino *et al*., 2008) se consideraban una serie de supuestas autapomorfías, que tras los últimos descubrimientos dentro del grupo, han sido consideradas como sinapomorfías del clado Allodaposuchidae. Por tanto, resulta necesaria una evaluación en profundidad de la validez de la especie rumana, y un estudio detallado del ejemplar de Oarda de Jos, un cráneo mucho más completo que el holotipo de V lioara, y que puede aportar mayor información.

En cuanto a las formas del Cretácico Superior del Oeste de Europa, el género *Lohuecosuchus* incluye dos especies (Narváez *et al*., 2015), *Lohuecosuchus megadontos* y *Lohuecosuchus mechinorum. Lohuecosuchus* es el taxón hermano de otro grupo monofilético, constituido por las especies *Agaresuchus fontisensis* y *Agaresuchus subjuniperus* (Puértolas-Pascual *et al.,* 2014; Narváez *et al*., 2016). *Arenysuchus gascabadiolorum* representa a la forma más basal de los alodaposúquidos iberoarmoricanos (Narváez *et al*., 2015, 2016). El ejemplar tipo de esta especie, y único espécimen conocido, muestra algunas peculiaridades posiblemente relacionadas con su estado ontogenético, ya que, aunque presenta las suturas craneales ya cerradas, el pequeño tamaño que presenta el ejemplar, junto a su aspecto grácil y las proporciones generales del cráneo, podrían indicar que se trata de un individuo juvenil (Narváez, 2015).

Musturzabalsuchus buffetauti fue descrito como un aligatoroideo basal (Buscalioni *et al*., 1997), aunque su estatus filogenético resultaba dudoso y su relación con las formas afines a *Allodaposuchus precedens* permanecían sin clarificarse. Sin embargo, la comparación de los ejemplares craneales y mandibulares procedentes de su localidad tipo (Laño) y asignados a *Musturzabalsuchus buffetauti* con formas de alodaposúquidos recientemente descritas ha permitido reconocer caracteres que inequívocamente sitúan a esta especie dentro del clado Allodaposuchidae (Narváez *et al*., 2014, 2015, 2016).

Los restos procedentes de Vilamitjana, Laño, Cruzy y Bellevue son poco informativos debido a su naturaleza fragmentaria. En todos ellos se observan algunas de las sinapomorfías actualmente reconocidas para Allodaposuchidae (sensu Narváez *et al*., 2015). Por tanto, es posible considerar a estos ejemplares como miembros del grupo, aunque como formas indeterminadas.

El material craneal procedente de Armuña fue incluido en la reevaluación de *Allodaposuchus precedens* (Buscalioni *et al*., 2001), mientras que el mandibular fue asignado a *Musturzabalsuchus buffetauti* (Buscalioni *et al*., 1997). En un reciente estudio detallado de estos ejemplares (Pérez-García *et al*., 2016) se concluyó que todo este material pertenecía al mismo taxón, que podría representar una nueva forma de alodaposúquido, actualmente en estudio.

En el caso del material atribuido a "*Massaliasuchus affuvelensis*", "*Allodaposuchus palustris*" y "*Allodaposuchus hulki*" existen importantes problemas para su asignación taxonómica debido a su pobre preservación. En las series tipo de estos taxones no es posible identificar caracteres diagnósticos evidentes que permitan establecer especies válidas,

por lo que su estatus filogenético debe tratarse con cautela. No obstante, esos ejemplares pueden considerarse como miembros de Allodaposuchidae ya que comparten algunas de las sinapomorfías del clado (Narváez *et al*., 2015, 2016).

Finalmente, el material procedente de Velaux-La Bastide Neuve presenta importantes diferencias con respecto a *Allodaposuchus precedens*, que nos permiten excluir su asignación a ese taxón. Es necesario un análisis detallado de los ejemplares para dilucidar si corresponden a una nueva forma o a alguno de los taxones reconocidos en el Cretácico Superior del Oeste de Europa.

CONCLUSIONES

Allodaposuchidae es un clado monofilético que constituye el grupo hermano de Crocodylia y que incluye formas del Maastrichtiense inferior de Rumanía (*Allodaposuchus precedens*), un grupo monofilético compuesto por formas campano-maastrichtienses del Sur de Francia (*Lohuecosuchus mechinorum*) y de la península ibérica (*Lohuecosuchus megadontos, Agaresuchus fontisensis* y *Agaresuchus subjuniperus*), y por de una serie de formas problemáticas o carentes de asignación sistemática precisa. Entre estas últimas se incluyen ejemplares probablemente juveniles (el taxón español *Arenysuchus gascabadiolorum*), formas que podrían representar nuevos taxones pero que necesitan un estudio más detallado (los ejemplares de Armuña, en España, y de Velaux-La Bastide Neuve, en Francia); y ejemplares cuya disponibilidad de caracteres es demasiado limitada para facilitar una atribución precisa más allá de Allodaposuchidae indet. (los ejemplares españoles procedentes de Vilamitjana y de Laño, y los franceses de Cruzy y de Bellevue), o para confirmar la validez genérica o específica de varias formas previamente propuestas (los taxones españoles *Musturzabalsuchus buffetauti*, "*Allodaposuchus palustris*" y "*Allodaposuchus hulki*", y la forma francesa "*Massaliasuchus affuvelensis*".

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por los proyectos CGL2012-35199 y CGL2015-68363-P (MINECO); el proyecto SYNTHESYS (http://www.synthesys.info), de la European Community Research Infrastructure Action bajo el FP7 Integrating Activities Programme (FR-TAF 3521); y la US National Science Foundation DEB 1257786-125748.

REFERENCIAS

Blanco, A., Puértolas-Pascual, E., Marmi, J., Vila, B. and Sellés, A. G. 2014. *Allodaposuchus palustris* sp. nov. from the Upper Cretaceous of Fumanya (South-Eastern Pyrenees, Iberian Peninsula): Systematics, Palaeoecology and Palaeobiogeography of the Enigmatic Allodaposuchian Crocodylians. *PLoS ONE* 9 (12), e115837.

Blanco, A., Fortuny, J., Vicente, A., Luján, A. H., García-Marçà, J. A. and Sellés, A. G. 2015. A new species of *Allodaposuchus* (Eusuchia, Crocodylia) from the Maastrichtian (Late Cretaceous) of Spain: phylogenetic and paleobiological implications. *PeerJ* 3, e1171.

Buscalioni, A.D., Ortega, F. and Vasse, D. 1997. New crocodiles (Eusuchia: Alligatoridea) from the Upper Cretaceous of Southern Europe. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* 325, 525-530.

Buscalioni, A.D., Ortega, F., Weishampel, D.B. and Jianu, C.M. 2001. A revision of the crocodyliform *Allodaposuchus precedens* from the Upper Cretaceous of the Ha eg Basin, Romania. Its relevance in the phylogeny of Eusuchia. *Journal of Vertebrate Paleontology,* 21 (1), 74-86.

Delfino, M., Codrea, V., Folie, A., Dica, P., Godefroit, P. and Smith, T. 2008. A complete skull of *Allodaposuchus precedens* Nopcsa, 1928 (Eusuchia) and a reassessment of the morphology of the taxon based on the romanian remains. *Journal of Vertebrate Paleontology*,28 (1), 111-122.

Martin, J.E. and Buffetaut, E. 2005. An overview of the Late Cretaceous crocodilian assemblage from Cruzy, southern France. *Kaupia,* 14, 33–40.

Martin, J. E., Delfino, M., Garcia, G., Godefroit, P., Berton, S. and Valentin, X. 2015. New specimens of *Allodaposuchus precedens* from France: intraspecific variability and the diversity of European Late Cretaceous eusuchians. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 176 (3), 607-631.

Narváez, I. 2015. *Eusuchia (Crocodyliformes) basales del Cretácico Superior ibérico. Análisis de la radiación de los cocodrilos modernos en Europa.* Tesis Doctoral, Universidad Autónoma de Madrid.

Narváez, I., Ortega, F., Brochu, C. and Escaso, F. 2014. Reevaluation of the phylogenetic status of the eusuchian crocodile *Musturzabalsuchus* from the Late Cretaceous of Spain. *74th Annual Meeting of the Society of Vertebrate Paleontology, Program and Abstracts*, 194.

Narváez, I., Brochu, C.A., Escaso, F., Pérez-García, A. and Ortega, F. 2015. New crocodyliforms from southwestern Europe and definition of a diverse clade of European uppermost Cretaceous basal eusuchians. *PLoS ONE,* 10 (11), e0140679.

Narváez, I., Brochu, C.A., Escaso, F., Pérez-García, A. and Ortega, F. 2016. New Spanish Late Cretaceous eusuchian reveals the synchronic and sympatric presence of two allodaposuchids. *Cretaceous Research,* 65, 112-125.

Nopcsa, F.B. 1928. Palaeontological notes on Reptilia. 7. Classification of the Crocodilia. *Geologica Hungarica, Series Palaeontologica,* 1, 75-84.

Pereda-Suberbiola, X. 2009. Biogeographical affinities of Late Cretaceous continental tetrapods of Europe: a review. *Bulletin de la Société géologique de France*, 180 (1), 55-71.

Pérez-García, A., Ortega, F., Bolet, A., Escaso, F., Houssaye, A., Martínez-Salanova, J., Miguel Chaves, C. de, Mocho, P., Narváez, I., Segura, M., Torices, A., Vidal, D. y Sanz, J.L. 2016. A review of the upper Campanian vertebrate site of Armuña (Segovia Province, Spain). *Cretaceous Research,* 57, 591-623.

Puértolas, E.; Canudo, J.I. and Cruzado-Caballero, P. 2011. A new crocodilian from the Late Maastrichtian of Spain: implications for the initial radiation of crocodyloids. *PLoS ONE,* 6 (6), e20011.

Puértolas-Pascual, E., Canudo, J.I. and Moreno-Azanza, M. 2014. The eusuchian crocodylomorph *Allodaposuchus subjuniperus* sp. nov., a new species from the latest Cretaceous (upper Maastrichtian) of Spain. *Historical Biology,* 26 (1), 91-109.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LOS YACIMIENTOS DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE LA CUENCA DE BAZA Y EL PRIMER POBLAMIENTO HUMANO DE EUROPA (I): DISPONIBILIDAD DE RECURSOS E INTENSIDAD DE LA COMPETENCIA ENTRE LOS CARNÍVOROS

P. Palmqvist[1], G. Rodríguez-Gómez[2], M.P. Espigares[1], S. Ros-Montoya[1], A. Guerra-Merchán[1], J.M. García-Aguilar[1], J.M. Jiménez-Arenas[3], B. Figueirido[1], J.A. Pérez-Claros[1] y B. Martínez-Navarro[4]

[1] Departamento de Ecología y Geología, Universidad de Málaga. Campus de Teatinos. 29071 Málaga, España. ppb@uma.es, antguerra@uma.es, mpespigares@uma.es, sergiorosm@gmail.com, chemacyanos@msn.com, borja.figueirido@uma.es, johnny@uma.es
[2] Centro Nacional de Investigación sobre la Evolución Humana (CENIEH), Paseo Sierra de Atapuerca 3, 09002 Burgos, España. guillerwilson@gmail.com
[3] Departamento de Prehistoria y Arqueología, Universidad de Granada. Campus de Cartuja. 18071 Granada, España. jumajia@ugr.es
[4] IPHES, Institut Català de Paleoecologia Humana i Evolució Social, C/ Marcel.lí Domingo s/n, Campus Sescelades, Edifici W3. 43007 Tarragona, España. bienvenido.martinez@icrea.cat

RESUMEN

Con una edad estimada en ~1,4 Ma, los yacimientos del Pleistoceno inferior de Barranco León-D y Fuente Nueva-3 (cuenca de Baza, sureste de España) suministran las evidencias más tempranas de presencia humana en Europa occidental. En este trabajo usamos un enfoque matemático basado en matrices de Leslie para cuantificar, en las tafocenosis de grandes mamíferos conservadas en los yacimientos, la biomasa de consumidores primarios disponible, su distribución entre los consumidores secundarios y la intensidad de la competencia en la asociación de carnívoros. Los resultados obtenidos muestran una paleocomunidad con una alta diversidad de consumidores secundarios, los cuales satisfarían algo menos de sus requerimientos bajo condiciones ecológicas óptimas. En lo relativo a *Homo* sp., y considerando que esta especie obtendría los recursos cárnicos del carroñeo de cadáveres de ungulados, el modelo indica que los ecosistemas de la cuenca podrían soportar entre 10 y 14 individuos cada 100 km^2 durante un año, valores que resultan próximos a la densidad poblacional media de los cazadores-recolectores modernos.

Palabras clave: Matrices de Leslie, paleoecología, grandes mamíferos, Pleistoceno inferior, Orce.

ABSTRACT

With an age of ~1.4 Ma, the Early Pleistocene sites of Barranco León-D and Fuente Nueva-3 (Baza Basin, SE Spain) provide the oldest evidence on human presence in Western Europe. Here we use a mathematical approach based on Leslie matrices to quantify, for the large mammal species preserved at these sites, the biomass of primary consumers available, the distribution of meat resources among the secondary consumers and the competition intensity within the carnivore guild. The results obtained show a community of large mammals with a high diversity of secondary consumers that would satisfy slightly less than half of their dietary requirements under optimal ecological conditions. In the case of *Homo* sp., and considering that flesh resources were obtained through the scavenging of ungulate carcasses, the model

indicates that the ecosystems of the basin could hold 10-14 individuals per 100 km^2 during a year, a value that is close to the mean population density of recent hunter-gatherers.

Key words: Leslie matrices, paleoecology, large mammals, Early Pleistocene, Orce.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

Los yacimientos del Pleistoceno inferior de Barranco León-D (BL-D) y Fuente Nueva-3 (FN-3), con una cronología en torno a 1,4 Ma, se sitúan en la cuenca de Baza (Granada), en las cercanías de la villa de Orce, y han suministrado las evidencias de presencia humana más tempranas en el margen occidental de Eurasia. Tales evidencias incluyen, en ambos yacimientos, importantes asociaciones líticas de tipología olduvayense y marcas antrópicas sobre los restos óseos de grandes mamíferos, así como un molar deciduo humano en el caso de BL-D (Toro-Moyano *et al*., 2013) y un esqueleto parcial de elefante rodeado de coprolitos de hiena y lascas de sílex en FN-3 (Espigares *et al*., 2013).

Por otra parte, el yacimiento de Venta Micena, de cronología algo anterior (~1.6-1.5 Ma), ha suministrado numerosas evidencias sobre la paleoautoecología de las especies de grandes mamíferos (>10 kg) del Calabriense, a partir del uso combinado de enfoques ecomorfológicos e isotópicos (Palmqvist *et al*., 2003, 2008), lo que ha permitido obtener inferencias sobre su tipo de alimentación y preferencias de hábitat, así como respecto a las relaciones depredador-presa en el seno de la paleocomunidad. No obstante, pese a que durante las últimas décadas se ha discutido reiteradamente sobre la presencia de *Homo* sp. en VM (ver revisión en Jiménez-Arenas *et al*., 2011), las evidencias al respecto no son concluyentes, siendo hoy por hoy BL-D y FN-3 los yacimientos más antiguos que documentan asentamientos humanos en la región. Ahora bien, todavía se desconocen aspectos importantes, como la distribución de los recursos y el desplazamiento competitivo entre las especies de grandes carnívoros en los ecosistemas del Pleistoceno inferior y, más específicamente, cómo afectaría dicha segregación ecológica a las poblaciones humanas de la época.

METODOLOGÍA DE ESTUDIO

En este trabajo usamos el modelo de Rodríguez-Gómez *et al.* (2013) para estimar, en la asociación de grandes mamíferos de BL-D y FN-3, la biomasa disponible de consumidores primarios (ungulados) y su distribución entre los consumidores secundarios (carnívoros). Este modelo se ha aplicado al análisis de la tafocenosis del nivel TD6-2 del yacimiento de Gran Dolina (~0.9 Ma), mostrando la existencia de un ecosistema diversificado, capaz de proporcionar los recursos necesarios para la población humana que habitaba en la sierra de Atapuerca a finales del Pleistoceno inferior. Nuestro objetivo ahora es comprobar si tales condiciones se daban también en BL-D y FN-3 durante el Villafranquiense superior (Rodríguez-Gómez *et al*., en prensa), cuando los sistemas lacustres de la cuenca de Baza estaban sujetos a una importante alimentación por fuentes geotermales, ligadas a un escenario de actividad tectónica distensiva en la cuenca similar al del valle del Rift en África oriental, cuna de la humanidad, lo que probablemente se tradujo en la existencia de un entorno sumamente productivo para las poblaciones humanas (García-Aguilar *et al*., 2014, 2015).

En BL-D y FN-3 se han identificado diez especies de ungulados cuyas masas oscilan entre 75 y 6000 kg: un proboscídeo (*Mammuthus meridionalis,* 6000 kg), tres perisodáctilos (*Equus altidens,* 350 kg; *Equus suessenbornensis,* 565 kg; *Stephanorhinus hundsheimensis,* 1000 kg) y seis artiodáctilos (un hipopótamo: *Hippopotamus antiquus,* 3200 kg; tres bóvidos: *Bison* sp., 450 kg; *Hemitragus* cf. *albus,* 75 kg; *Ammotragus europaeus,* 135 kg; y dos cérvidos: *Praemegaceros verticornis,* 385 kg; *Metacervocerus rhenanus,* 95 kg). Los consumidores secundarios se encuentran representados por ocho especies, que ocupan también un amplio rango de tamaños (12-300 kg): un úrsido (*Ursus etruscus,* 300 kg), dos cánidos (*Canis mosbachensis,* 12 kg; *Lycaon lycaonoides,* 30 kg), tres félidos (*Homotherium latidens,* 200 kg; *Megantereon whitei,* 100 kg; *Lynx* cf. *pardinus,* 18 kg), un hiénido (*Pachycrocuta brevirostris,* 110 kg) y un primate (*Homo* sp., 53 kg).

La fracción que representaría la carne de ungulados en la alimentación de las especies de consumidores secundarios sería la siguiente: el 100% de su dieta en el caso de los hipercarnívoros de mayor porte (*H. latidens, M.*

whitei y *L. lycaonoides,* a los que se sumaría *P. brevirostris,* especie de hábitos carroñeros en la que la médula ósea alcanzaría un 2% de su dieta), un 30% en el caso de *Homo* sp. (a partir del carroñero de cadáveres de ungulados; ver discusión en Espigares *et al*., 2013), un 20% para *C. mosbachensis* y un 10% para *U. etruscus,* especie de dieta omnívora, y *L. pardinus,* especie hipercarnívora que sólo cazaría ungulados de pequeño porte.

El modelo (Rodríguez-Gómez *et al*., 2013) permite estimar la biomasa total disponible para los carnívoros (*Total Available Biomass,* TAB) y los requerimientos de estas especies en condiciones ideales (esto es, cuando alcanzan su máxima densidad ecológica), designables como biomasa total demandada (*Total Demanded Biomass,* TDB). A estos efectos, el modelo determina la estructura de edades que resulta en una población estable para cada especie de ungulado y la biomasa que pueden extraer de dichas poblaciones los carnívoros a largo plazo, lo que permite calcular el grado en que satisfarían sus requerimientos. El modelo usa un enfoque basado en matrices de Leslie para calcular, a partir de una serie de variables ecofisiológicas estimadas en las especies (masa del adulto y del neonato, tamaño de camada, intervalo entre los partos, edad a la que se alcanza la madurez reproductiva, tasa de crecimiento y longevidad potencial), perfiles poblacionales estacionarios para las especies. A partir de aquí se obtienen los perfiles de mortandad según clases de edad y los cadáveres se distribuyen en seis clases de tamaño (10-45 kg, 45-90 kg, 90-180 kg, 180-360 kg, 360-1000 kg y >1000 kg). En esta aproximación se usaron las estimaciones de biomasa disponible correspondientes a las tasas mínima y máxima de mortandad para los ejemplares jóvenes, lo que se traduce en valores máximos y mínimos de dicha biomasa (TAB-M y TAB-m, respectivamente). Las densidades de población de las especies de ungulados se calcularon en función de su masa corporal (M, en g) con la siguiente ecuación, ajustada para los ecosistemas de bosque mixto europeos (Damuth, 1981):

$$\log (D) = -0{,}79 * \log (M) + 4{,}33 \ (r^2 = 0{,}94).$$

La cantidad de biomasa demandada (TDB) por cada especie de carnívoro (I, en kilocalorías por individuo y día) se estimó con la siguiente ecuación (Farlow, 1976):

$$\log (I) = 0{,}70962 * \log(M) + 0{,}27747 \ (r^2 = 0{,}97).$$

Los requerimientos anuales de cada población de carnívoro por km^2 se obtuvieron multiplicando el consumo individual por la densidad de población (D, en individuos/km^2), estimable a partir de la siguiente ecuación, ajustada para carnívoros africanos (Damuth, 1993):

$$\log (D) = -0{,}64 * \log (M) + 2{,}23 \ (r^2 = 0{,}36).$$

La densidad de población de *Homo* sp. se estimó como la que presentan los Hadza en Tanzania (0,24), el valor más alto de los mostrados por las poblaciones modernas de cazadores-recolectores (Rodríguez-Gómez *et al*., 2013: Tabla 1). TDB se distribuyó entre las seis categorías de tamaño indicadas anteriormente, en función de la estimaciones de presión cinegética para cada especie de carnívoro sobre cada clase corporal, inferibles a partir de las preferencias de presas de sus análogos modernos y de los datos isotópicos de VM (Palmqvist *et al*., 2008). Asimismo, se calculó para cada especie "j" de carnívoro un índice que mide la intensidad de la competencia, basado en la comparación entre las densidades de población esperables (Dx_j) y las calculadas con el modelo (Ds_j), lo que permite estimar el grado de insatisfacción en la consecución de los recursos:

$$SCI_j = 1 - (Ds_j/Dx_j).$$

A su vez, en función de estos valores se calculó un índice de competencia global para el conjunto de los carnívoros, según:

$$GCI = 1 - (\Sigma_{j=1}^{n} Ds_j)/(\Sigma_{j=1}^{n} Dx_j),$$

y en términos de biomasa conforme a:

$$GCIB = 1 - (\Sigma_{j=1}^{n} Ds_j * W_j)/(\Sigma_{j=1}^{n} Dx_j * W_j),$$

donde W_j es la masa de la especie "j". Tales índices suministran información sobre la intensidad de la competencia entre las especies en relación a las condiciones ideales que les permitirían alcanzar a todas ellas sus densidades óptimas (conforme más próximo sea el valor de un índice a 1, mayor será la competencia entre los carnívoros).

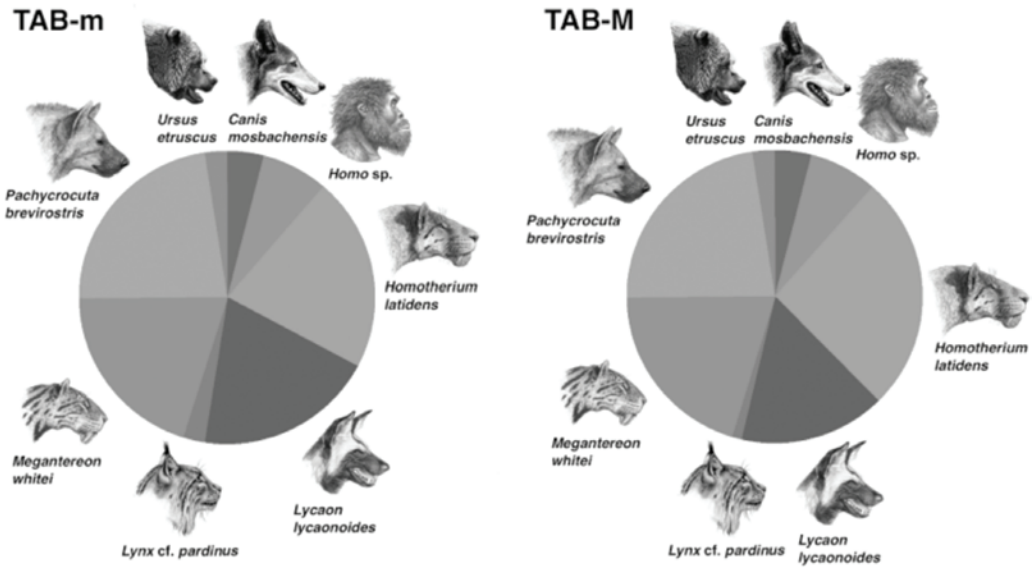


Figura 1. Distribución (en porcentajes) de la carne de ungulados entre las especies de consumidores secundarios identificadas en las tafocenosis de Barranco León-D y Fuente Nueva-3, conforme a las estimaciones de biomasa mínima (TAB-m) y máxima (TAB-M) obtenidas para la asociación faunística de ambos yacimientos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El valor mínimo de biomasa disponible (TAB-m) para la paleocomunidad de BL-D y FN-3 corresponde a la tasa máxima de mortandad en los subadultos y es de 410.904 kcal/km^2 por año, mientras que el máximo (TAB-M), que resulta de la tasa mínima, es de 575.454 kcal/km^2 por año, lo que implica que TAB-m es un 29% menor que TAB-M. Tales valores son claramente inferiores al de biomasa demandada bajo condiciones óptimas (TDB), 1,051.606 kcal/km^2 por año. A partir de la comparación de los valores de TAB y TDB se puede estimar el rango (en función de TAB-m y TAB-M) de individuos de cada especie de consumidor secundario que podrían mantener los ecosistemas de BL-D y FN-3 a lo largo de un año en un área de 100 km^2: 17-25 individuos de *C. mosbachensis*, 10-14 de *Homo* sp., 9-16 de *L. pardinus,* 9-10 de *L. lycaonoides*, 4-6 de *P. brevirostris*, 4-5 de *M. whitei*, 3-4 de *H. latidens* y 2-3 de *U. etruscus.* Los índices que miden la intensidad de la competencia entre las especies de carnívoros muestran valores superiores a 0,50 en casi todos los casos, lo que indica que menos de la mitad de los requerimientos cárnicos demandados por estas especies serían satisfechos. El índice de competencia global muestra valores de 0,58 para GCI-m y 0,50 para GCI-M, mientras que el de competencia ponderada a la biomasa oscila entre 0,59 para GCIB-m y 0,45 para GCIB-M.

La Figura 1 presenta los porcentajes de TAB consumidos por las especies de consumidores secundarios, los cuales resultan similares para TAB-m y TAB-M. Tales porcentajes muestran que las dos especies que consumirían una mayor fracción de los recursos disponibles son el gran félido con dientes de sable *H. latidens* (23-26%), para el que los datos isotópicos y ecomorfológicos indican que abatiría presas a la carrera en ambientes despejados de árboles (Palmqvist *et al.*, 2003, 2008), y la hiena gigante *P. brevirostris* (21-23%), de hábitos exclusivamente carroñeros, la cual presumiblemente prospectaba a la búsqueda de cadáveres de ungulados en medios abiertos (Palmqvist *et al.*, 2011). Las dos especies que les siguen son el félido con dientes de sable *M. whitei,* un cazador por emboscada de porte similar a un jaguar, y el cánido *L. lycaonoides,* depredador a la carrera como los licaones modernos, con un 20% en ambos casos. El resto de las especies desempeñarían un papel relativamente menor, con un 7% para *Homo* sp., un 4% para *C. mosbachensis,* un 2% para *U. etruscus* y un 1-2% para *L. pardinus.*

Finalmente, los resultados obtenidos para *Homo* sp. se compararon con los deducibles asumiendo otras dos estrategias de subsistencia, un comportamiento mixto carroñero-cazador y una estrategia basada exclusivamente en la caza. Las densidades poblacionales inferibles a partir de ambas modalidades descienden respecto a la estimada aquí considerando un acceso secundario a los cadáveres, lo que tiende a confirmar que estos homininos tempranos, portadores de la tecnología olduvayense, no ejercían todavía un papel relevante como depredadores en el seno de la paleocomunidad, algo que cambiaría entrado el Pleistoceno medio con la irrupción del achelense (Arribas y Palmqvist, 1999; Jiménez-Arenas *et al*., 2011).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se inscribe dentro del marco Campus de Excelencia Internacional Andalucía Tech de la Universidad de Málaga y del Grupo de Investigación RNM-146 de Junta de Andalucía.

REFERENCIAS

Arribas, A. y Palmqvist, P. 1999. On the ecological connection between sabre-tooths and hominids: faunal dispersal events in the lower Pleistocene and a review of the evidence for the first human arrival in Europe. *Journal of Archaeological Science,* 26, 571-585.

Damuth, J. 1981. Population density and body size in mammals. *Nature,* 290, 699-700.

Damuth, J. 1993. Cope´s rule, the island rule and the scaling of mammalian population density. *Nature,* 365, 748-750.

Espigares, M.P., Martínez-Navarro, B., Palmqvist, P., Ros-Montoya, S., Toro, I., Agustí, J. y Sala, R. 2013. *Homo* vs. *Pachycrocuta:* Earliest evidence of competition for an elephant carcass between scavengers at Fuente Nueva-3 (Orce, Spain). *Quaternary International,* 295, 113-125.

Farlow, J.O. 1976. A consideration of the trophic dynamics of a Late Cretaceous large-dinosaur community (Oldman Formation). Ecology, 57, 841-857.

García-Aguilar, J.M., Guerra-Merchán, A., Serrano, F., Palmqvist, P., Flores-Moya, A. y Martínez-Navarro, B. 2014. Hydrothermal activity and its paleoecological implications in the latest Miocene to Middle Pleistocene lacustrine environments of the Baza Basin (Betic Cordillera, SE Spain), *Quaternary Science Reviews,* 96, 204-221.

García-Aguilar, J.M., Guerra-Merchán, A., Serrano, F., Flores-Moya, A., Delgado-Huertas, A., Espigares, M.P., Ros-Montoya, S., Martínez-Navarro B. y Palmqvist, P. 2015. A reassessment of the evidence for hydrothermal activity in the Neogene-Quaternary lacustrine environments of the Baza basin (Betic Cordillera, SE Spain) and its paleoecological implications. *Quaternary Science Reviews,* 112, 226-235.

Jiménez-Arenas, J.M., Santonja, M., Botella, M. y Palmqvist, P. 2011. The oldest handaxes in Europe: fact or artefact? *Journal of Archaeological Science,* 38, 3340-3349.

Palmqvist, P., Gröcke, D.R., Arribas, A. y Fariña, R. 2003. Paleoecological reconstruction of a lower Pleistocene large mammals community using biogeochemical (^{13}C, ^{15}N, ^{18}O, Sr:Zn) and ecomorphological approaches, *Paleobiology,* 29, 205-229.

Palmqvist, P., Pérez-Claros, J.A., Janis, C.M., Figueirido, B., Torregrosa, V. y Gröcke, D.R. 2008b. Biogeochemical and ecomorphological inferences on prey selection and resource partitioning among mammalian carnivores in an early Pleistocene community. *Palaios,* 23, 724-737.

Palmqvist, P., Martínez-Navarro, B., Pérez-Claros, J.A., Torregrosa, V., Figueirido, B., Jiménez-Arenas, J.M., Patrocinio-Espigares, M., Ros-Montoya, S. y De Renzi, M. 2011. The giant hyena *Pachycrocuta brevirostris:* modelling the bone-cracking behavior of an extinct carnivore. *Quaternary International,* 243, 61-79.

Rodríguez-Gómez, G., Rodríguez, J., Martín-González, J. A., Goikoetxea, I., Mateos, A. 2013. Modeling trophic resource availability for the first human settlers of Europe: The case of Atapuerca-TD6. *Journal of Human Evolution,* 64, 645-657.

Rodríguez-Gómez, G., Palmqvist, P., Rodríguez, J., Mateos, A., Martín-González, J.A., Espigares, M.P., Ros-Montoya, S. y Martínez-Navarro, B. (en prensa). On the ecological context of the earliest human settlements in Europe: Resource

availability and competition intensity in the carnivore guild of Barranco León-D and Fuente Nueva-3 (Orce, Baza Basin, SE Spain). *Quaternary Science Reviews.*

Toro-Moyano, I., Martínez-Navarro, B., Agustí, J., Souday, C., Bermúdez de Castro, J.M., Martinón-Torres, M., Fajardo, B., Duval, M., Falgueres, C., Oms, O., Parés, J.M., Anadón, P., Julià, R., García-Aguilar, J.M., Moigne, A.M., Espigares, M.P., Ros-Montoya, S. y Palmqvist, P. 2013. The oldest human remain in Europe, from Orce (Spain). *Journal of Human Evolution,* 65, 1-9.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

DIVERSIDAD Y DISTRIBUCIÓN DEL '*ERYMNOCHELYS* GROUP' (PLEURODIRA, PODOCNEMIDIDAE) EN EL REGISTRO AFRICANO

A. Pérez-García

Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Paseo Senda del Rey, 9, 28040 Madrid, España. paleontologo@gmail.com

RESUMEN

El '*Erymnochelys* group' es un linaje de tortugas mal conocido, correspondiente a Podocnemididae (Pleurodira). Este grupo es identificado en África desde el Cretácico Superior. Actualmente está representado por una única forma: la tortuga malgache *Erymnochelys madagascariensis*. La revisión del material fósil hasta ahora reconocido de este grupo en África es aquí efectuada, unida al estudio de relativamente abundante y bien preservado material inédito, procedente del registro cretácico y cenozoico de varios países africanos.

Palabras clave: Tortugas, Pleurodira, '*Erymnochelys* group', registro africano.

ABSTRACT

The *Erymnochelys* group of turtles is a poorly-known lineage of Podocnemididae (Pleurodira). It is a group identified in Africa from the Late Cretaceous. A single form is currently represented: the Malagasy extant *Erymnochelys madagascariensis*. The revision of the African fossil remains so far known of this group is performed here. In addition, relatively abundant and well-preserved unpublished material, from the Cretaceous and Cenozoic records of several African countries, is presented here.

Key words: Turtles, Pleurodira, *Erymnochelys* group, African record.

INTRODUCCIÓN

Erymnochelyinae (sensu Lapparent de Broin, 2000a, 2000b; Pérez-García y Lapparent de Broin, 2015) es un linaje de Podocnemididae (tortugas pleurodiras) conocido desde el Mesozoico hasta la actualidad. Sin embargo, únicamente existe un representante actual. Se trata de *Erymnochelys madascariensis* (Grandidier, 1867), una tortuga exclusiva de Madagascar (Fig. 1). Se reconocen varios clados dentro de Erymnochelyinae. Concretamente *Erymnochelys madascariensis* pertenece al denominado '*Erymnochelys* group', en el que se agrupan los miembros de Erymnochelyinae en los cuales, entre otros caracteres, los escudos gulares están medialmente en contacto debido a la existencia de un escudo intergular marcadamente reducido (ver Broin, 1988; Lapparent de Broin, 2000a, 2000b; Lapparent de Broin en Merle, 2008; Pérez-García y Lapparent de Broin, 2015). El origen tanto de Erymnochelyinae como del '*Erymnochelys* group' es gondwánico y, más concretamente, africano. De hecho, las primeras evidencias sobre el '*Erymnochelys* group' son conocidas en el Cretácico Superior de ese continente (Broin *et al*., 1974; Gaffney y Forster, 2003; Lapparent de Broin, 2000b, 2003). A

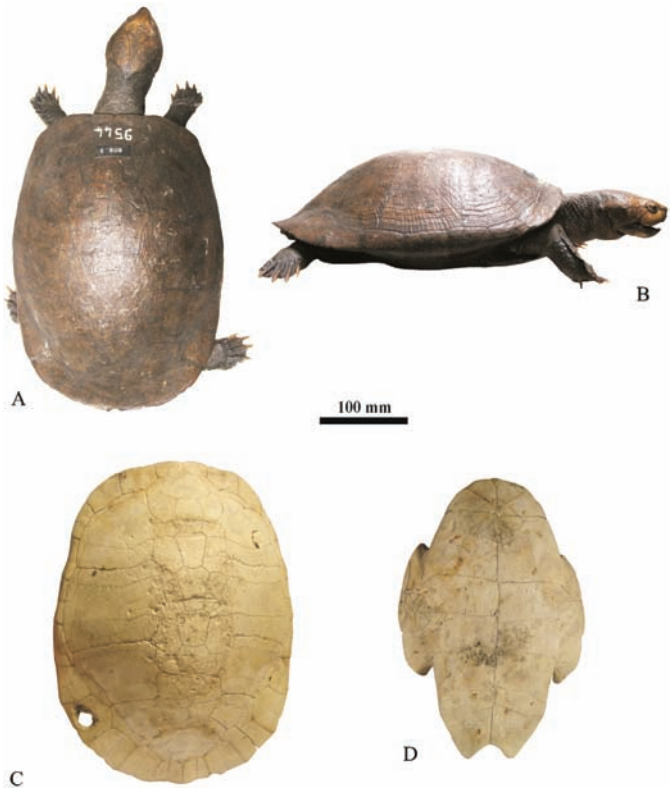


Figura 1. Dos ejemplares del único miembro de Erymnochelyinae que forma parte de la biodiversidad actual: *Erymnochelys madagascariensis*. A-B, MNHN ZR T0609-3, holotipo del taxón, en vista dorsal (A) y lateral derecha (B). C-D, MNHN ZA AC 1897-80, elementos óseos del espaldar, en vista dorsal (C), y elementos óseos del plastrón, en vista ventral (D).

pesar de su relativa amplia distribución temporal, ningún taxón del '*Erymnochelys* group' ha sido definido, a nivel genérico, en niveles más antiguos que aquellos depositados durante el Mioceno terminal. Esto se debe al generalmente escaso y fragmentario registro, así como a la falta de estudios comparativos entre todos los miembros de este grupo. El registro hasta ahora conocido del '*Erymnochelys* group' es aquí revisado, de manera que la información sobre sus representantes es puesta al día, no sólo gracias a la comparación detallada del material hasta ahora referido, sino también al estudio de material inédito, en algunos casos muy relevante, procedente de varios países africanos y de distintas edades.

REGISTRO AFRICANO DEL *'ERYMNOCHELYS* GROUP'

Aunque el '*Erymnochelys* group' está actualmente representado por un único taxón, la forma malgache *Erymnochelys madascariensis*, el registro conocido de este grupo en África se remonta hasta el Cretácico Superior. Así pues, formas de este grupo de atribución sistemática precisa indeterminadas, generalmente representadas mediante elementos desarticulados, dispersos y fragmentarios, han sido referidos en países como Níger, Sudán y Madagascar (Broin *et al*., 1974; Gaffney y Forster, 2003; Klein *et al*., en prensa; Lapparent de Broin, 2000b).

Material del '*Erymnochelys* group', de atribución sistemática precisa incierta, ha sido también referido en el registro cenozoico de varios países africanos como Congo, Namibia, Uganda y Kenia (ver Thomas *et al*., 1991; Lapparent de Broin, 2000b). Sin embargo, varios taxones cenozoicos han sido definidos. Así, en niveles del Oligoceno inferior de la Formación Jebel el-Quatrani, en Fayum (Egipto), se definió '*Podocnemis*' *fajumensis* Andrews, 1903. Su asignación al género actual sudamericano *Podocnemis* no es actualmente apoyada por ningún autor. Gaffney *et al.* (2011) propusieron

su atribución al género *Neochelys.* Pérez-García y Lapparent de Broin (2015) demostraron que *Neochelys* corresponde a un taxón exclusivo del registro del Eoceno de Europa. Estos autores indicaron la necesidad de un estudio detallado para '*Podocnemis*' *fajumensis*, mediante el cual un nuevo género deberá ser propuesto. De hecho, ese taxón está representado por relativamente abundante material, incluyendo tanto cráneos como varios caparazones relativamente completos o parciales. '*Podocnemis*' *aegyptiaca* Andrews, 1900 es conocido a partir de caparazones parciales provenientes del Mioceno inferior (Burdigaliense) de la Formación Moghara, también en Egipto, y, más concretamente, en la depresión de Qattara. Como ocurre con el taxón anterior, su atribución a *Podocnemis* no puede será actualmente apoyada. Ningún trabajo actual ha efectuado la revisión de esta forma, debido a que el material clásico se había considerado perdido (ver Gaffney *et al*., 2011). Sin embargo, se presenta aquí el redescubrimiento de un ejemplar clásico, que permite efectuar su estudio. Los más antiguos taxones del '*Erymnochelys* group' reconocidos a nivel genérico corresponden a *Turkanemys pattersoni* Wood, 2003 y a *Kenyemys williamsi* Wood, 1983, identificados entre el Mioceno terminal y el Plioceno de Kenia. Hasta ahora se dispone de muy limitada información sobre estas formas. Sin embargo, el estudio detallado de varios ejemplares inéditos y bien conservados, procedentes de este periodo, y también de Kenia, permite analizar la variabilidad de al menos uno de estos taxones, así como aportar nuevos datos para enmendar su diagnosis.

CONCLUSIONES

Como queda patente, hasta ahora existía información limitada sobre muchos de los representantes africanos del '*Erymnochelys* group'. Se propone aquí la caracterización detallada de muchas de las formas que integran este linaje. Así pues, las formas fósiles previamente descritas son revisadas, y una nueva diagnosis es propuesta para cada una de ellas. Algunos de esos taxones se asignan a nuevos géneros. Además, ejemplares de otras localidades africanas del Cretácico Superior y del Cenozoico son también analizados, a partir del estudio de material inédito. Esto permite, incluso, el reconocimiento de un nuevo taxón a partir del estudio de relativamente abundante y bien preservado material craneal. De esta manera, nuevos y relevantes datos son aportados sobre el origen, diversidad y distribución de este grupo, representado desde el Mesozoico hasta la actualidad. De hecho, un estudio realizado de manera paralela permite confirmar que este linaje alcanzó Europa, siendo allí relativamente abundante y diverso durante el Eoceno, donde estaba representado no por una forma dulceacuícola como todas las africanas hasta ahora reconocidas, sino de hábitos costeros.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación es financiada mediante un contrato Juan de la Cierva-Formación (FPDI-2013-18986), así como mediante el proyecto (CGL2015-68363-P), ambos del Ministerio de Economía y Competitividad. Varios proyectos Synthesys (http://synthesys3.myspecies.info/) (BE-TAF-5271, FR-TAF-4237 and GB-TAF-4187) posibilitaron algunos de los estudios comparativos efectuados. El autor agradece a numerosos conservadores e investigadores el acceso a las colecciones paleontológicas que están a su cargo.

REFERENCIAS

Andrews, C.W. 1900. On a new species of chelonian (Podocnemis aegyptica) from the Lower Miocene of Egypt. *Geological Magazine*, 7, 1-2.

Andrews, C.W. 1903. On some pleurodiran chelonians from the Eocene of the Fayum, Egypt. *Annals and Magazine of Natural History,* 11, 115-122.

Broin, F. de 1988. Les tortues et le Gondwana. Examen des rapports entre le fractionnement du Gondwana au Crétacé et la dispersion géographique des tortues pleurodires à partir du Crétacé. *Studia Salmanticensia, Studia Palaeocheloniologica*, 2, 103-142.

Broin, F. de, Buffetaut, E., Koeniguer, J.-C., Rage, J.-C., Russell, D., Taquet, P., Vergnaud-Grazzini, C. y Wenz, S. 1974. La faune de vertébrés continentaux du gisement d'In Beceten (Sénonien du Niger). *Compte-rendu sommaire et bulletin de la Société Géologique de France*, 279, 469-472.

Gaffney, E.S. y Forster, C.A. 2003. Side-necked turtle lower jaws (Podocnemididae, Bothremydidae) from the Late Cretaceous Maevarano Formation of Madagascar. *American Museum Novitates*, 3397, 1-13.

Gaffney, E.S., Meylan, P.A., Wood, R.G., Simons, E. y Almeida Campos, D. de 2011. Evolution of the side-necked turtles: the family Podocnemididae. *Bulletin of the American Museum of Natural History,* 350, 1-237.

Grandidier, A. 1867. Liste des reptiles nouveaux découverts, en 1866, sur la côte sud-ouest de Madagascar. *Revue et Magasin de Zoologie Pure et Appliquée*, 19, 232-234.

Klein, N., Bussert, R., Evans, D., Salih, K.A.O., Eisawi, A.A.M., Nafi, M. y Müller, J. en prensa. Turtle remains from the Wadi Milk Formation (Upper Cretaceous) of Northern Sudan. *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments*. DOI: 10.1007/s12549-015-0225-9.

Lapparent de Broin, F. de 2000a. The oldest pre-Podocnemidid turtle (Chelonii, Pleurodira), from the early Cretaceous, Ceará state, Brasil, and its environment. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona*, 9, 43-95.

Lapparent de Broin, F. de 2000b. African chelonians from the Jurassic to the present: phases of development and preliminary catalogue of the fossil record. *Palaeontologia Africana*, 36, 43-82.

Lapparent de Broin, F. de 2003. Miocene Chelonians from southern Namibia. *Memoir of the Geological Survey of Namibia*, 19, 67-102.

Merle, D. (coord.) 2008. *Stratotype Lutétien*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 288 pp.

Pérez-García, A. y Lapparent de Broin, F. de 2015. New insights into the anatomy and systematic of '*Papoulemys*' *laurenti*, a representative of *Neochelys* (Chelonii, Podocnemididae) from the early Eocene of the south of France. *Paläontologische Zeitschrift*, 89, 901-923.

Thomas, H., Roger, J., Sen, S., Dejax, J., Schuler, M., Al-Sulaimani, Z., Bourdillon de Grissac, C., Breton, G., Broin, F. de, Camoin, G., Cappetta, H., Carriol, R.-P., Cavelier, C., Chaix, C., Crochet, J.-Y., Farjanel, G., Gayet, M., Gheerbrant, E., Lauriat-Rage, A., Noel, D., Pickford, M., Poignant, A.F., Rage, J.-C., Roman, J., Rouchy, J.-M., Secretan, S., Sige, B., Tassy, P. y Wenz, S. 1991. Essai de reconstitution des milieux de sédimentation et de vie des primates anthropoïdes de l'Oligocène de Taqah (Dhofar, Sultanat d'Oman). *Bulletin de la Société Géologique de France*, 162, 713-724.

Wood, R.C. 1983. *Kenyemys williamsi*, a fossil pelomedusid turtle from the Pliocene of Kenya. In G.J. Rhodin y K. Miyata (Eds.), *Advances in herpetology and evolutionary biology* (pp. 74-85). Museum of Comparative Zoology, Cambridge.

Wood, R.C. 2003. Fossil turtles from Lothagam. In M.G. Leakey y J.M. Harris (Eds.), *Lothagam: the dawn of humanity in eastern Africa*. Columbia University Press, New York, 115-136.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

EL REGISTRO EUROPEO DE PLEURODIRA (TESTUDINES, PAN-PLEURODIRA): NOVEDADES Y PUESTA AL DÍA

A. Pérez-García

Grupo de Biología Evolutiva, Facultad de Ciencias, UNED, Paseo Senda del Rey, 9, 28040 Madrid, España. paleontologo@gmail.com

RESUMEN

Pleurodira (el grupo corona de Pan-Pleurodira) es un linaje actualmente restringido a zonas intertropicales, es decir, a condiciones climáticas cálidas. Este linaje migró a Europa en varios momentos del pasado en los cuales las temperaturas globales fueron relativamente elevadas, tales como el Cretácico Superior y el Eoceno. De hecho, Pleurodira llegó a ser relativamente abundante y diverso en varios periodos del registro europeo. El registro hasta ahora descrito de este grupo en Europa es aquí revisado, y nuevos ejemplares son presentados. De esta manera, nuevas hipótesis sobre la distribución temporal en este continente de varios grupos de Pleurodira son propuestas, y nuevos taxones son reconocidos.

Palabras clave: Tortugas, Pleurodira, diversidad, sistemática, migraciones.

ABSTRACT

Pleurodira (the crown group of Pan-Pleurodira) is a lineage currently restricted to intertropical zones, characterized by their warm weather conditions. This lineage migrated to Europe at several times of the past in which the global temperatures were relatively high, such as the Late Cretaceous and the Eocene. In fact, Pleurodira became relatively abundant and diverse in several periods of the European record. The so far described European record of this group is revised here, and new specimens are presented. Thus, new hypotheses about the temporal distribution of several groups of Pleurodira in Europe are proposed, and new taxa are recognized.

Key words: Turtles, Pleurodira, diversity, systematic, migrations.

INTRODUCCIÓN

Las tortugas son un grupo de reptiles diápsidos muy exitoso, actualmente representado por formas terrestres, anfibias, dulceacuícolas y marinas. Todas las tortugas que constituyen parte de la biodiversidad actual forman parte de dos grupos: Pan-Pleurodira y Pan-Cryptodira. Pan-Pleurodira y Pan-Cryptodira representan los dos linajes de tortugas modernas, es decir, los representantes de Testudines, cuya divergencia se produjo en el Jurásico. Los representantes de Pan-Pleurodira están caracterizados, entre otras cosas, por la presencia de un contacto suturado entre la pelvis y el caparazón dorsal (espaldar), así como de ésta y el caparazón ventral (plastrón), además de por la adquisición de la retracción del cuello en el plano horizontal. El origen de su grupo corona, Pleurodira, se produjo en Gondwana, mostrando

un registro conocido desde el Barremiense (Cretácico Inferior) hasta la actualidad (Broin, 1988; Lapparent de Broin, 2000; Romano *et al*., 2014). Los miembros de Pleurodira muestran una distribución geográfica mucho más restringida que aquella de los miembros de Cryptodira, puesto que requieren de unas condiciones climáticas más específicas (Lapparent de Broin 2000; Pérez-García y Lapparent de Broin, 2014). Por este motivo, estas tortugas actualmente habitan en ambientes dulceacuícolas de regiones intertropicales y, más concretamente, en regiones que formaban parte de Gondwana, estando distribuidas por África, Sudamérica y Oceanía. La posición relativa de las masas continentales, y las variaciones en las temperaturas globales, generaron cambios en las distribuciones de varios linajes de este clado. Así, un limitado número de linajes de Pleurodira alcanzaron regiones que habían formado parte de Laurasia. Esto se produjo mediante varias migraciones diacrónicas. La más antigua de ellas había sido notificada en el Santoniense (Rabi *et al*., 2012). La llegada de estos taxones a Laurasia fue especialmente relevante tanto durante el Cretácico más Superior como durante el Eoceno, momentos en los cuales se registran varios linajes exitosos en esta región (Gaffney *et al*., 2006; Pérez-García y Lapparent de Broin, 2014). Todos los taxones de Pleurodira que alcanzaron Laurasia corresponden a Pelomedusoides, un grupo originario del norte de Gondwana, y conocido desde el Barremiense (Romano *et al*., 2014). Los dos clados más abundantes y diversos de Pelomedusoides fueron Bothremydidae y Podocnemididae. Ambos han sido identificados en el registro europeo, Bothremydidae siendo especialmente abundante al final del Cretácico y Podocnemididae en el Paleógeno (Lapparent de Broin 2001; Pérez-García y Lapparent de Broin, 2014).

REGISTRO EUROPEO

La fauna de tortugas dulceacuícolas del Cretácico Inferior de Europa estaba principalmente compuesta por miembros laurasiáticos de Pan-Cryptodira. Sin embargo, Pleurodira experimentó un desarrollo muy notable en el Cretácico Superior de este continente, gracias a la dispersión, desde África, de linajes costeros que se adaptaron a ambientes dulceacuícolas o de transición en Europa (Pérez-García y Lapparent de Broin, 2014). Así, Bothremydidae es identificado como el grupo de tortugas de agua dulce más abundante y diverso de la parte final del Cretácico de este continente. La mayoría de esos taxones pertenecen a formas de Bothremydini (sensu Gaffney *et al*., 2006; Pérez-García *et al*., 2012). Dentro de este grupo, el único representante de Bothremydina previamente identificado en Europa correspondía a *Rosasia soutoi*, un taxón del Campaniense superior-Maastrichtiense inferior de Portugal, conocido tanto por material craneal como por varios caparazones relativamente completos (Antunes y Broin, 1988). El grupo hermano de Bothremydina, Foxemydina, es conocido en el Cretácico Superior de Europa por varios taxones. Varios de ellos forman parte del registro ibérico. Así pues, *Polysternon atlanticum* fue definido a partir de material proveniente del yacimiento español del Campaniense superior de Laño (Condado de Treviño) (Lapparent de Broin y Murelaga, 1996, 1999). En el yacimiento campano-maastrichtiense de Lo Hueco (Fuentes, Cuenca) se ha identificado, por primera vez en este continente, la presencia sincrónica y simpátrica de dos miembros de Bothremydidae (Pérez-García et al., 2013). Entre ellos destaca, por su relativo abundante registro y su buena preservación, *Iberoccitanemys convenarum* (Pérez-García *et al*., 2012) (Fig. 1A-B). El registro más antiguo de Pleurodira hasta ahora definido en Europa correspondía a un miembro de Bothremydidae: *Foxemys trabanti*, conocido mediante material craneal y postcraneal del Santoniense de Hungría (Rabi *et al*., 2012). Un nuevo miembro de Pleurodira, también correspondiente a un representante de Bothremydidae, es identificado en niveles pre-santonienses de Europa. Se trata del género más antiguo de Bothremydodda (Taphrosphyini + Bothremydini) hasta ahora reconocido. Este taxón, proveniente del Cenomaniense del registro castellano-manchego, es identificado mediante abundantes restos, entre los que destaca un cráneo, varios caparazones relativamente completos y parciales, numerosas placas y elementos apendiculares. Se trata de un miembro de Bothremydina. Este hallazgo permite conocer que la primera migración de Pleurodira de Gondwana a Laurasia ocurrió mucho antes de los hasta ahora notificado, adelantándose la fecha conocida para este evento desde el Santoniense hasta el Cenomaniense. Otro linaje de Bothremydidae estaba también representado en el Cretácico Superior de Europa. Se trata de Taphrosphyini, es decir, del grupo hermano de Bothremydini. Un único ejemplar es conocido: el holotipo de *Tahrosphys ambiguus*, descrito a partir de un plastrón parcial proveniente de Mont-Aimé (Champagnes, Francia). A pesar de que fue preliminarmente reconocido como proveniente del Daniense (Paleoceno inferior) (Broin, 1977), la fauna de vertebrados de esa localidad es actualmente identificada como maastrichtiense (Martin y Delfino, 2010).

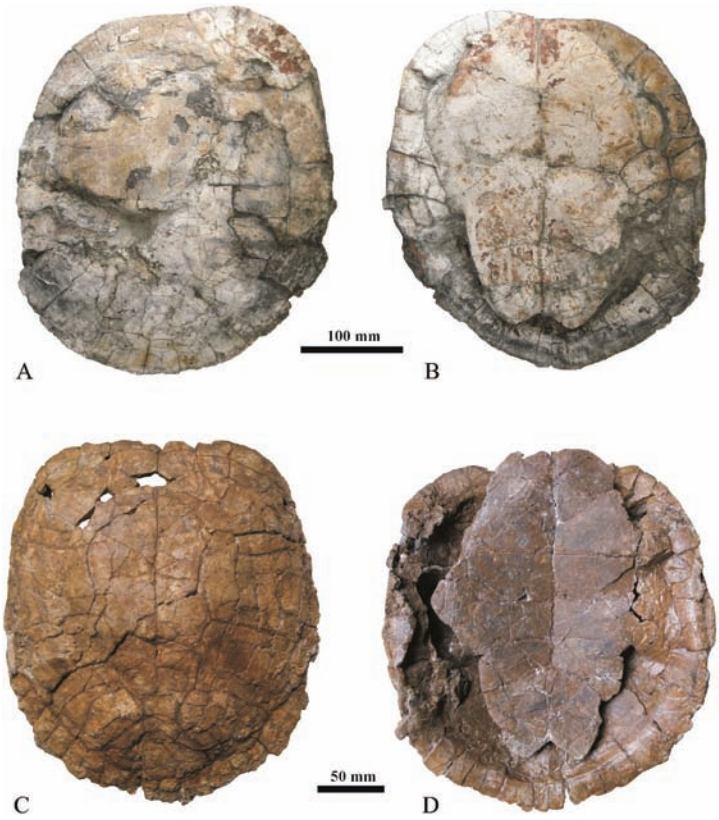


Figura 1. Dos taxones de Pelomedusoides del registro Europeo. A-B, HUE-4913, caparazón del miembro de Bothremydidae *Iberoccitanemys convenarum*, procedente del Campaniense superior-Maastrichtiense inferior de Lo Hueco (Cuenca, España). A, vista dorsal. B, ista ventral. C-D, MNHN.F.EBA515, holotipo del podocnemídido *Neochelys liriae*, procedente del Ypresiense superior (Eoceno inferior) de Soleillades (Hérault, Francia). C, vista dorsal. D, vista ventral.

Aunque varios autores citaron la posible presencia de miembros de Bothremydidae en el Cenozoico de Europa (ver, por ejemplo, Lapparent de Broin y Werner, 1998; Lapparent de Broin, 2001), esas alusiones fueron posteriormente reconocidas como dudosas (Gaffney *et al*., 2006). Por una parte, material inédito, correspondiente a algunas de esas formas de posición sistemática incierta, es aquí presentado. Por otra, dos cráneos bien preservados, atribuibles a un mismo taxón, son analizados. Estos ejemplares provienen del Eoceno inferior de Saint-Papoul (Aude, Francia). Se trata de un nuevo taxón, que permite confirmar la presencia de Bothremydidae en el Cenozoico de Europa. Esta forma representa a uno de los miembros de Bothremydini más recientes hasta ahora conocidos, formando parte de Foxemydina, un clado reinterpretado como exclusivamente europeo.

En el registro del Eoceno de Europa son muy abundantes los miembros de Podocnemididae. Se reconocen dos linajes de Erymnochelyinae, un clado también de origen africano. Por una parte, el género endémico de Europa *Neochelys* es muy abundante y diverso (Fig. 1C-D). *Neochelys* es el representante de Erymnochelyinae más antiguo hasta ahora definido. *Neochelys* es identificado tanto en el Eoceno inferior como en el Eoceno medio y superior, estando representado por una decena de especies (Pérez-García y Lapparent de Broin, 2013, 2015). Todas ellas están representadas por caparazones relativamente completos. Además, los cráneos de varias especies son también conocidos. El otro linaje forma parte del '*Erymnochelys* group' (sensu Pérez-García y Lapparent de Broin, 2015). Únicamente un ejemplar ha sido hasta ahora preliminarmente estudiado, habiendo sido atribuido a *Erymnochelys* (ver Broin, 1977), pero actualmente reconocido como no atribuible a este taxón, sino referido como 'aff. *Erymnochelys' eremberti* (Lapparent de Broin en Merle, 2008; Pérez-García y Lapparent de Broin, 2015). Este ejemplar conserva el cráneo, relativamente completo, así como la mandíbula inferior, gran parte de su caparazón y algunas vértebras y elementos apendiculares. Procede

del Eoceno medio (Luteciense) de la localidad francesa de Saint-Germain-en-Laye (Yvelines). Su estudio detallado, actualmente en proceso, permite su asignación a un nuevo género, correspondiente a la determinación más antigua de un miembro del '*Erymnochelys* group' hasta ahora propuesta, y al único género de este grupo definido fuera de África. De hecho, este género es el único de ese linaje no correspondiente a una forma de agua dulce, sino a un taxón litoral. El nuevo género está además representado por nuevas especies. Así pues, una nueva especie es identificada en el Eoceno inferior de Francia, y otra en el Eoceno superior de España.

Otras formas mal conocidas, cuyo registro es generalmente muy limitado, son también analizadas.

CONCLUSIONES

El registro europeo de Pleurodira es identificado como el resultado de migraciones diacrónicas de varios linajes africanos a Europa. La adaptación de varios de estos linajes de originariamente continentales a litorales facilitó esta dispersión. Algunas de estas formas volvieron a poblar ambientes dulceacuícolas en Europa. Varias de estas migraciones fueron muy exitosas, especialmente las que dieron origen a los taxones registrados en los últimos pisos del Cretácico, así como a lo largo del Eoceno. Una revisión de los taxones implicados, y el estudio de abundante material inédito (incluyendo ejemplares correspondientes a varios taxones nuevos), permiten mejorar notablemente el conocimiento sobre la sistemática y paleobiogeografía de estas formas.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación está financiada mediante un contrato Juan de la Cierva-Formación (FPDI-2013-18986), así como mediante el proyecto (CGL2015-68363-P), ambos del Ministerio de Economía y Competitividad. Varios proyectos Synthesys (http://synthesys3.myspecies.info/) (BE-TAF-5271, FR-TAF-4237 and GB-TAF-4187) posibilitaron algunos de los estudios comparativos efectuados. El autor agradece a numerosos conservadores e investigadores el acceso a las colecciones paleontológicas que están a su cargo.

REFERENCIAS

Antunes, M.T. y Broin, F. de 1988. Le Crétacé terminal de Beira Litoral, Portugal: remarques stratigraphiques et écologiques; étude complémentaire de *Rosasia soutoi* (Chelonii, Bothremydidae). *Ciências da Terra,* 9, 153-200.

Broin, F. de 1977. Contribution à l'étude des Chéloniens. Chéloniens continentaux du Crétacé et du Tertiaire de France. *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle*, 38, 1-366.

Broin, F. de 1988. Les tortues et le Gondwana. Examen des rapports entre le fractionnement du Gondwana au Crétacé et la dispersion géographique des tortues pleurodires à partir du Crétacé. *Studia Salmanticensia, Studia Palaeocheloniologica*, 2, 103-142.

Gaffney, E.S., Tong, H. y Meylan, P.A. 2006. Evolution of the side-necked turtles: the families Bothremydidae, Euraxemydidae, and Araripemydidae. *Bulletin of the American Museum of Natural History*, 300, 1-700.

Lapparent de Broin, F. de 2000. African chelonians from the Jurassic to the present: phases of development and preliminary catalogue of the fossil record. *Palaeontologia Africana*, 36, 43-82.

Lapparent de Broin, F. de 2001. The European turtle fauna from the Triassic to the Present. *Dumerilia*, 4, 155-216

Lapparent de Broin, F. de y Murelaga, X. 1996. Une nouvelle faune de chéloniens dans le Crétacé supérieur européen. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, 323, 729-735.

Lapparent de Broin, F. de y Murelaga, X. 1999. Turtles from the Upper Cretaceous of Laño (Iberian Peninsula). *Estudios del Museo de Ciencias Naturales de Álava*, 14, 135-211.

Lapparent de Broin, F. de y Werner, C. 1998. New Late Cretaceous turtles from the Western Desert, Egypt. *Annales De Paleontologie*, 84, 131-214.

Martin, J.E. y Delfino, M. 2010. Recent advances in the comprehension of the biogeography of Cretaceous European eusuchians. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 293, 406-418.

Merle, D. (coord.) 2008. *Stratotype Lutétien*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 288 pp.

Pérez-García, A. y Lapparent de Broin, F. de 2013. A new species of *Neochelys* (Chelonii, Podocnemididae) from the Ypresian (early Eocene) of the south of France. *Comptes Rendus Palevol,* 12, 269-277.

Pérez-García, A. y Lapparent de Broin, F. de 2014. An update on the diachronous migration to Europe of several Gondwanan lineages of pleurodiran turtles. In R.J. Pankhurst, P. Castiñeiras y S. Sánchez Martínez (Eds.), *Abstract Book of Gondwana 15, North meets South*. Superior Technical School of Mines, Madrid, 137.

Pérez-García, A. y Lapparent de Broin, F. de 2015. New insights into the anatomy and systematic of '*Papoulemys' laurenti*, a representative of *Neochelys* (Chelonii, Podocnemididae) from the early Eocene of the south of France. *Paläontologische Zeitschrift*, 89, 901-923.

Pérez-García, A., Ortega, F. y Murelaga, X. 2012. A new genus of Bothremydidae (Chelonii, Pleurodira) in the Cretaceous of Southwestern Europe. *Geobios*, 45, 219-229.

Pérez-García, A., Ortega, F. y Murelaga, X. 2013. Two synchronic and sympatric Bothremydidae taxa (Chelonii, Panpleurodira) in the Late Cretaceous site of "Lo Hueco" (Cuenca, Spain). In D. Brinkman, P. Holroyd y J. Gardner (Eds.), *Morphology and Evolution of Turtles*. Vertebrate Paleobiology and Paleoanthropology, Springer, 251-259.

Rabi, M., Tong, H. y Botfalvai, G. 2012. A new species of the side-necked turtle *Foxemys* (Pelomedusoides: Bothremydidae) from the Late Cretaceous of Hungary and the historical biogeography of the Bothremydini. *Geological Magazine*, 149, 662-674.

Romano, P.S.R., Gallo, V., Ramos, R.R.C. y Antonioli, L. 2014. *Atolchelys lepida*, a new side-necked turtle from the Early Cretaceous of Brazil and the age of crown Pleurodira. *Biology Letters*, 10, 20140290.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

FUENTE NUEVA 1: EL REGISTRO MÁS ANTIGUO DEL PLEISTOCENO INFERIOR DE ORCE

S. Ros-Montoya[1], B. Martínez-Navarro[2,3,4], M.P. Espigares[1], J.M. Jiménez-Arenas[5], J. Madurell-Malapeira[6] y P. Palmqvist[1]

[1] Departamento de Ecología y Geología, Universidad de Málaga. Campus de Teatinos. 29071 Málaga, España. sergiorosm@gmail.com, mpespigares@uma.es, ppb@uma.es
[2] ICREA, Institució Catalana de Recerca i EstudisAvançats, Barcelona, España. bienvenido.martinez@icrea.cat
[3] IPHES, InstitutCatalà de Paleoecologia Humana i Evolució Social, Tarragona, España.
[4] Area de Prehistoria, Universitat Rovira i Virgili, Tarragona, España.
[5] Departamento de Prehistoria y Arqueología, Facultad de Filosofía y Letras, Campus de Cartuja S/N, 18071 Granada, España. jumajia@ugr.es
[6] InstitutCatalà de Paleontologia Miquel Crusafont, Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici ICTA-ICP, Carrer de les Columnes s/n, Campus de la UAB, Cerdanyola del Vallès, 08193 Barcelona, España. joan.madurell@icp.cat

RESUMEN

Fuente Nueva 1 es un yacimiento paleontológico conocido desde los años 80, en el que se han realizado muy pocas intervenciones. Durante la última campaña de excavación, llevada a cabo en el verano de 2015, se extrajeron más de 250 restos óseos de grandes mamíferos, entre los que destaca la aparición de más de 30 núcleos óseos, en su mayoría completos, pertenecientes al bóvido de talla media pequeña *Gazella borbónica.* El otro bóvido identificado en el yacimiento, *Gacellospira torticornis,* está representado por un único fragmento de un núcleo óseo. Otra de las especies más abundantes es el équido *Equus stenonis*, a la que se suma el registro de *Mammuthus meridionalis,* documentado por un fragmento laminar, *Stephanorhinus etruscus* representado por varios restos dentales, y dos carnívoros, *Pliocrocuta perrieri* y un cánido indeterminado. El registro se completa con elementos que sólo se han podido identificar a nivel de familia, entre los que se incluyenun caprino, un cérvido y un quelonio. La fauna recuperada en el yacimiento permite afirmar que nos encontramos ante la localidadmás antigua del Pleistoceno inferior de Orce, lo que resulta muy interesante desde el punto de vista del estudio de las asociaciones paleomastológicas del Villafanquiense medio.

Palabras clave: Cuenca de Guadix-Baza, Orce, Fuente Nueva 1, Villafranquiense Medio.

ABSTRACT

Fuente Nueva 1 is a paleontological site known since the 1980's, but few excavations have taken place in this locality during the time elapsed from its discovery. The last excavation season, in the summer of 2015, has unearthed more than 250 bone remains of large mammals. It should be notedthe appearance of more than 30 horn cores, mostly complete, from the small-to-medium sized bovid *Gazella borbonica*. The other bovid present in the site, *Gacellospira torticornisis* only recorded by a horn core fragment. The second species most abundantly preserved is the equid *Equus stenonis*. In addition, *Mammuthus meridionalis, Stephanorhinus etruscus* and two carnivorous, *Pliocrocuta perrieri* and Canidae indet., are recorded by several dental remains. The rest of the record is composed of elements that were only

classified by the moment to family level, belonging to a Caprine, a Cervid and a Chelonid. This faunal record allows us to affirm that Fuente Nueva 1 is the oldest site of the Orce area with an Early Pleistocene age, with a chronology very interesting for the study of the Middle Villafranchian mammalian assemblages.

Key words: Guadix-Baza Basin, Orce, Fuente Nueva 1, Middle Villafranchian.

INTRODUCCIÓN Y ANTECEDENTES

El yacimiento de Fuente Nueva-1 se encuentra en la ladera del camino que une Orce con la pedanía de Fuente Nueva (Orce, Granada, España), localizándose el afloramiento en las coordenadas: X 550550 e Y 4175298 (Fig. 1). Esta localidad se menciona por primera vez en Peña (1979) y su primera lista faunística, compuesta por escasas especies de mamíferos del Villafranquiense medio (*Gazella borbonica, Equus stenonis* y otras), se publicó en los años ochenta del siglo pasado (Moyà-Solà *et al.,* 1987).

En 1999 se realizó una pequeña cata de 2x2 m a cargo del equipo dirigido por G. Martínez e I. Toro Moyano, con escasos resultados, aunque sí aparecieron restos de bovinos, probablemente correspondientes al búfalo *Leptobos* sp., ancestro de los bisontes modernos.

Por último, en el año 2002 un equipo dirigido por J. Gibert realizó otro sondeo longitudinal junto al camino, en el cual se localizaron restos interesantes, especialmente los correspondientes a un caballo de gran talla, probablemente una forma gigante de *E. stenonis* denominada como *Equus livenzovensis*, típica del Villafranquiense medio europeo en cronologías comprendidas entre 2,0 y 2,5 Ma, es decir, en la base del Pleistoceno inferior, según la nueva cronología del Pleistoceno.

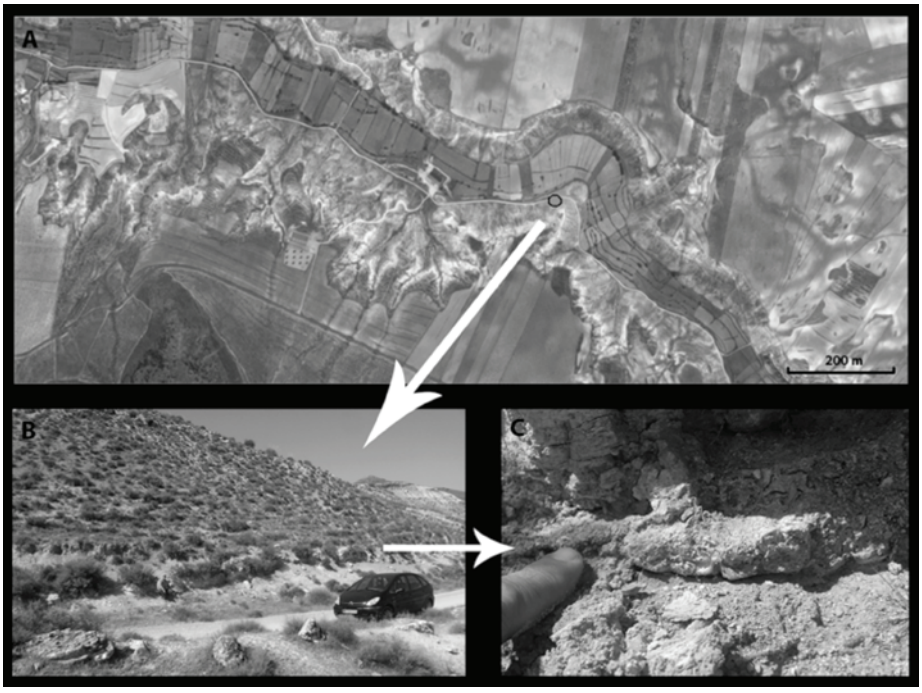


Figura 1. Localización geográfica del yacimiento de Fuente Nueva 1 (A y B) y detalle de un fragmento mandibular de *Equus* encontrado en el talud (C).

La lista faunística publicada de este yacimiento por Gibert y colaboradores a posteriori es incoherente con estas cronologías, ya que en ella se cita, por ejemplo, la presencia del ovibovino *Soergelia* (Scott *et al*., 2007), dato incongruente con la cronología mencionada anteriormente.

Durante el año 2015 y dentro del proyecto general de investigación de la cuenca de Guadix-Baza "*Presencia Humana y Contexto Paleoecológico en la Cuenca Continental de Guadix-Baza. Estudio e Interpretación a partir de los depósitos Plio-Pleistocenos de Orce (Granada)*", se realizó un pequeño sondeo de poco más de 4 m^2 en dirección E-W. Este sondeo se ha realizado a más de 40 m de distancia de donde se realizó el último en el año 2002 (Gibert *et al*., 2002) y la ubicación elegida se debe a la presencia en el talud que da al camino de una mandíbula de caballo casi completa (Fig. 1C).

LA EXCAVACIÓN DE 2015: RESULTADOS

Durante los trabajos realizados en 2015 se extrajeron 253 restos óseos de grandes mamíferos, correspondientes a diez especies diferentes. Los carnívoros están representados por un hiénido, *Pliocrocuta perrieri*, y por un fragmento dental de un cánido aún por determinar específicamente. Entre los herbívoros destaca la elevada presencia de *Gazella borbonica,* con 16 individuos adultos identificados a partir de 31 núcleos óseos, la mayor parte de ellos completos. El registro de bóvidos se completa con un núcleo óseo perteneciente a la especie *Gacellospira torticornis.* También se han hallado restos de un proboscídeo, *Mammuthus meridionalis,* que corresponden a varios fragmentos de láminas de un

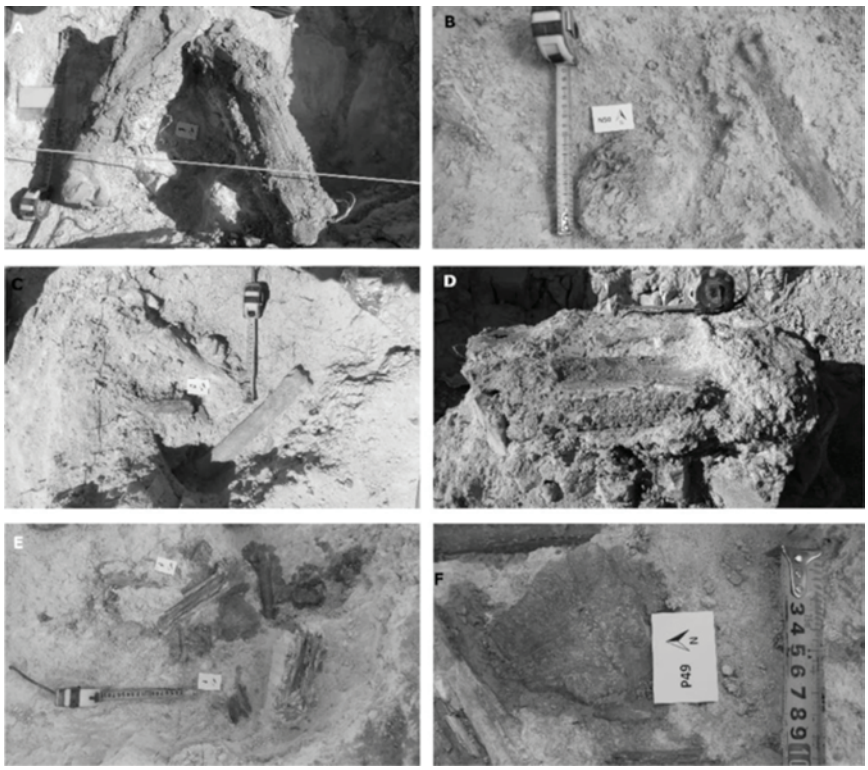


Figura 2. A: Dos fragmentos de hueso largo. B: Metápodo de *Equus stenonis.* C: Acumulación ósea en la que se puede observar un núcleo óseo de *Gazella borbónica* junto a un metacarpiano de *Equus stenonis.* D: Mandíbula de *Equus stenonis.* E: Acumulación ósea. F: Fragmento de placa de tortuga de grandes dimensiones.

premolar deciduo, así como varias piezas dentales de un rinoceronte, *Stephanorhinus etruscus*, y otros restos dentales de un caprino y de un cérvido, estos dos últimos aún por determinar. Por último, cabe mencionar el hallazgo de varios fragmentos de caparazón de tortuga (Fig. 2).

Del total de restos recuperados, 37 corresponden a dientes aislados o fragmentos de éstos y 216 a elementos óseos. De estos últimos restos, el 46,6% (NR=118) se han podido clasificar a nivel anatómico, un 28,9% (NR=73) se han atribuido a categorías más generales, como Huesos Largos, Huesos Planos o Hueso articulares, y el 24,5% (NR=62) restante corresponden a elementos indeterminables o a elementos que aún no se han podido clasificar. Desde el punto de vista taxonómico, el 38,7% (NR=98) se han podido atribuir a un taxón concreto, un 4,3% (NR=11) se han clasificado a nivel de orden o familia, y un 57% (NR=144) permanecen indeterminados.

Los herbívoros representan el 42,4% de la asociación y los carnívoros constituyen el 0,8%, por lo que el 56,8% restante corresponde a elementos óseos que no se han podido adscribir taxonómicamente (56,0%) y a restos de quelonios (0,8%).

Entre el material recuperado se ha identificado la presencia de seis elementos con modificaciones producidas por carnívoros, los cuales incluyen cinco fragmentos de huesos largos de las extremidades y un fragmento indeterminado, todos ellos fracturados por la actividad de carnívoros. Estos elementos muestran bordes de fractura con depresiones producidas por la presión de la dentición durante el proceso de fractura.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los trabajos llevados a cabo durante la campaña de excavación del 2015 en el yacimiento han sido muy fructíferos, con un registro de 253 elementos en sólo 4 m^2. Entre el material recuperado se han identificado restos pertenecientes a siete familias y diez especies de macromamíferos, entre las que destaca el abundante registro de équidos y bóvidos. Es especialmente interesante la abundancia de núcleos óseos de *G. borbonica*, que indican la presencia de al menos 16 individuos de esta especie. También es reseñable la presencia de dos carnívoros, un hiénido y un cánido, así como la identificación de elementos con modificaciones producidas por carnívoros.

Se trata de un yacimiento situado en el borde de un lago, al igual que ocurre en la localidad cercana de Venta Micena. No se conoce todavía con precisión la extensión que ocupa el nivel fosilífero, aunque se ha reconocido su presencia en varios puntos a lo largo de la Cañada de Vélez. Este dato, unido a la alta densidad de fósiles, con más de 60 elementos por metro cuadrado, nos sitúa ante una localidad con un elevado potencial, por lo que podría convertirse en un referente para el Villafranquiense medio, cuya información paleobiológica vendría a completar la del registro del Villafranquiense superior, intervalo temporal que se encuentra muy bien documentado en la región a través de las asociaciones faunísticas identificadas en los yacimientos de Venta Micena, Barranco León y Fuente Nueva-3.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se enmarca en el Proyecto General de Investigación "Presencia Humana y Contexto Paleoecológico en la Cuenca Continental de Guadix-Baza. Estudio e Interpretación a partir de los depósitos Plio-Pleistocenos de Orce (Granada)" y ha sido subvencionado en su totalidad por la Consejería de Cultura de la Junta de Andalucía.

REFERENCIAS

Gibert, J., Gibert, L., Campos, O., García, E., Ferrández, C. y Iglesias, A. 2002. Excavación de urgencia en el yacimiento paleontológico Fuentenueva-1, (Orce, Granada). Anuario Arqueológico de Andalucía 2002, III. *Actividades de Urgencia Informes y Memorias,*1, 488-499.

Moyà-Solà, S., Agustí, J. y Marín, M. 1987. Fuentesnuevas-1: nueva localidad con mamíferos del Plioceno superior de Guadix-Baza (Granada, España). *Paleontologia i Evolució, Mem. Esp.,* 1, 87-93.

Peña, J.A. 1975. Estratigrafía del Plio-Pleistoceno del sector del sector Occidental de la Depresión de Guadix. *Cuadernos de Geología de la Universidad de Granada,* 6, 31-54.

Scott, G.R., Gibert, Ll. y Gibert, J. 2007. Magnetostratigraphy of the Orce region (Baza Basin), SE Spain: New chronologies for Early Pleistocene faunas and hominid occupation sites. *Quaternary Science Reviews,* 26, 415-435.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

PTEROSAUR FLIGHT ADAPTATIONS: A PALEOARTISTICAL REVIEW

H. Salais López

Departamento de Biología Funcional y Antropología Física, Universitat de València, Dr. Moliner s/n, 46100 Burjassot, Valencia, Spain. salohu@uv.es

ABSTRACT

Pterosaurs were the vertebrates that developed powered flight for the first time. Since their appearance during the Late Triassic, these flying archosauromorphs ruled the skies of the Mesozoic Era before their extinction at the end of the Cretaceous. During the early evolutionary history of the clade, pterosaur anatomy and physiology became highly modified and specialized to meet the structural and high metabolic demands of powered flight. Hereby, I present an infographical illustration that aims to review some of the most remarkable adaptations in pterosaur anatomy and physiology to support flight. These include: osteological and inferred myological modifications (featuring the *os pteroideus* or the *notarium*, among others; Peters 2009); the structure of the wing and the anatomy and histology of the patagium (featuring actinofibrils; Bennett, 2000); the development of skeletal pneumaticity and an aerial sac system (Claessens et al., 2009), or the neuroanatomical development that accompanied the evolution of flight, granting the fine-tuned motor coordination needed to perform flight. The aforementioned adaptations are depicted in the pterosaur species of the Cretaceous *Pteranodon sternbergi*, an outstanding example of the degree of specialization acquired by pterosaurs.

REFERENCES

Bennett, S.C. 2000. Pterosaur Flight: The Role of Actinofibrils in Wing Function. *Historical Biology*, 14 (4), 255–84.

Claessens, L.P.A.M., O'Connor, P.M. and Unwin, D.M. 2009. Respiratory Evolution Facilitated the Origin of Pterosaur Flight and Aerial Gigantism. *PloS One,* 4 (2), e4497.

Peters, D. 2009. A reinterpretation of pteroid articulation in pterosaurs. *Journal of Vertebrate Paleontology,* 29(4), 1327–1330.

Unwin, D.M. 2003. Palaeontology: Smart-winged pterosaurs. *Nature*, 425, 910-911.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

BREVE ESTUDIO PALEOBIOLÓGICO Y PALEOECOLÓGICO DEL *DEINONYCHUS ANTIRRHOPUS*

I. Segarra

Universidad de Zaragoza. Pedro Cerbuna s/n, 50009 Zaragoza. iriaseoli@hotmail.com

RESUMEN

La especulación sobre el comportamiento y las actividades vitales de cualquier tipo de animal extinto siempre han intrigado a los paleontólogos. Así, conforme van pasando las décadas y se realizan nuevos descubrimientos, los especialistas pueden responder a preguntas como: ¿existían grandes carnívoros con un comportamiento gregario, o sólo se daba en los de pequeño tamaño? o ¿es demostrable que algunos taxones estuvieran asociados a un tipo determinado de medio sedimentario, o su distribución fue aleatoria? Pero si hay un individuo que merezca la pena destacar entre los diferentes especímenes de dinosaurios carnívoros, es el *Deynonichus antirrhopus*, el cual ha conseguido la denominación de *'la última máquina de matar'*, debido principalmente a sus particulares garras en forma de hoz, pero también a otros atributos que se desarrollarán posteriormente.

Palabras clave: *Deinonychus*, Ostrom, paleobiología, paleogeografía, Yale.

ABSTRACT

Speculation about the behavior and vital activities of any extinct animal have always intrigued paleotologist. By this way, as the decades pass and new discoveries are made, specialist can answer questions like: There were great carnivorous with a gregarious behavior or it only occurred in the small ones? Or is it demonstrable that some taxa were associated with a particular environment or its distribution was random? But if there is an individual who deserve to be highlighted among the different specimens of carnivorous dinosaurs, is the *Deinonychus antirrhopus*, which has achieved the name of 'the last killing machine', mainly by his sickle-shaped claws, but also by other attributes that will be developed later.

Key words: *Deinonychus*, Ostrom, paleobiology, paleogeography, Yale.

OBJETIVOS

El propósito de este artículo es arrojar luz sobre la peculiar naturaleza del *Deinonychus antirrhopus*, estudiando sus características físicas y su hábitat a partir de los diferentes yacimientos descubiertos en Montana en 1964 por Grant E. Meyer y el Dr. John H. Ostrom.

Dentro de sus características físicas, se hará un especial hincapié en sus extremidades posteriores, poseedoras de las llamadas 'garras terribles', analizando su anatomía, biomecánica y comparándolas con las de otros carnívoros pertenecientes a los grupos de *carnosaurios* y *coelurosaurios*.

ANTECEDENTES

En el verano de 1962, la primera de seis expediciones de la universidad de Yale comenzó con la exploración de sedimentos pertenecientes al Cretácico Inferior en el norte de Wyoming, los cuales poseían esquistos de vivos colores y areniscas (Fm. Cloverly) (Fig. 1). Éstos rodeaban la cuenca de Bighorn y estaban expuestos a lo largo de los flancos de las laderas montañosas en el norte de Wyoming y Montana central (Fig. 2) (Ostrom, 1970).

DESCUBRIMIENTOS Y HALLAZGOS

Los primeros restos se encontraron en 1931 al sudeste de Montana, cerca de Bridger. Un grupo liderado por el paleontólogo B. Brown excavaron y prepararon los restos del ornitópodo *Tenontosaurus tilleti*, pero en su informe de campo sobre el lugar de excavación también habló del descubrimiento de un pequeño dinosaurio carnívoro cerca

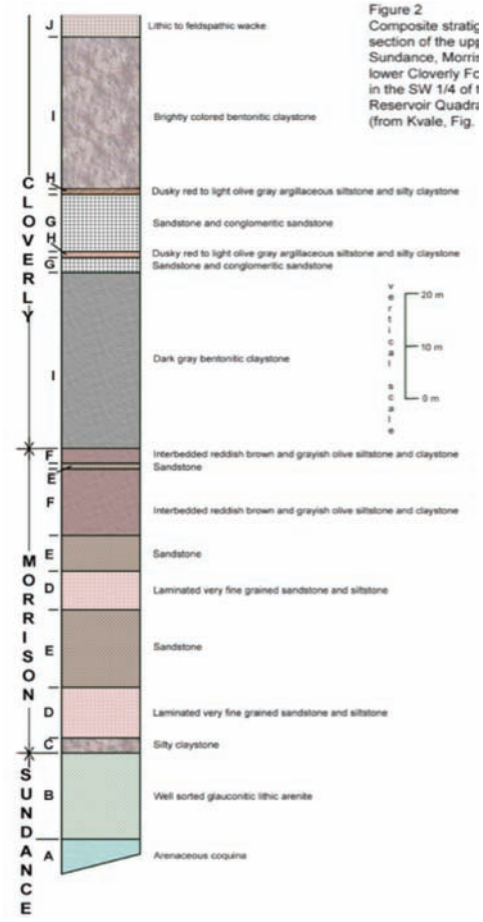


Figura 1. Sección de la columna estratigráfica de las Fms. Sundance superior, Morrison y Cloverly, al SW del Leavitt Reservoir Quadrangle (de Kvale, Fig. 3, 1986).

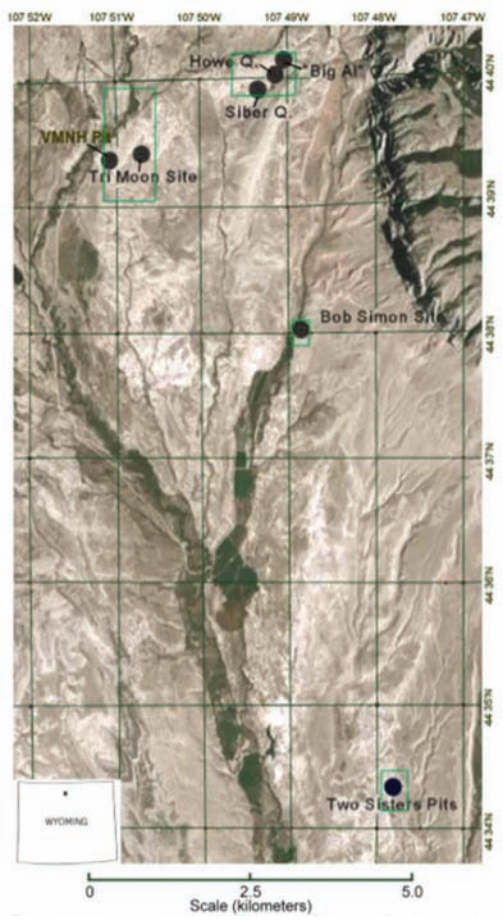


Figura 2. Mapa geográfico que muestra la ubicación de los lugares de excavación de dinosaurios fósiles al noreste de la Cuenca de Bighorn (de Noggle – Perrin, 1989).

del esqueleto del *Tenontosaurus* (Grellet-Tinner y Makovicky, 2006). Durante la excavación, observaron que la sección media del ornitópodo había desaparecido, pero había signos de marcas dentales.

En 1964, nuevos restos de *Deinonychus* fueron descubiertos en Montana, por Grant E. Meyer, y nombrados en 1969 por el Dr. John H. Ostrom, quien fue también el primero en describirlo. Tras haber estudiado los restos, estableció que el *Deinonychus* era muy diferente a los demás miembros de su clase (Ostrom, 1969).

A pesar de ser relativamente pequeño y ligero, poseía un número de caracteres anatómicos que hasta entonces sólo se habían encontrado en grandes y poderosos carnosaurios. Debido a esto, el *Deinonychus* parecía ser un híbrido entre *Carnosauria* y *Coelurosauria.* Esto llevó a E. H. Colbert y a D. A. Russell a proponer una nueva categoría de dinosaurios carnívoros llamada *'Deinonychosauria'*, donde agruparon tanto al *Deinonychus* como a otros individuos de similares características (Colbert y Russell, 1969).

La Cantera del *Deinonychus* de Yale

Situada aproximadamente a 1,5 millas al noreste del Rancho Edwards (Fig. 3), parecía contener sólo restos desarticulados de dinosaurios carnívoros (vértebras caudales, extremidades, elementos craneales…), los cuales se atribuyeron sólo a un tipo de depredador. Ninguno parecía estar desgastado, por lo que no habían sido transportados. Tras la aparición del *Deinonychus,* volvieron a estudiar los restos de *Tenontosaurus* hallados tres décadas antes, y comprobaron que las marcas dentales coincidían con las del carnívoro (Ostrom, 1994). Esto dio pie a la hipótesis de que el *Deinonychus* tenía la capacidad de cazar a sus presas en grupo, lo cual les proporcionaría ventaja incluso ante dinosaurios con el triple de su tamaño.

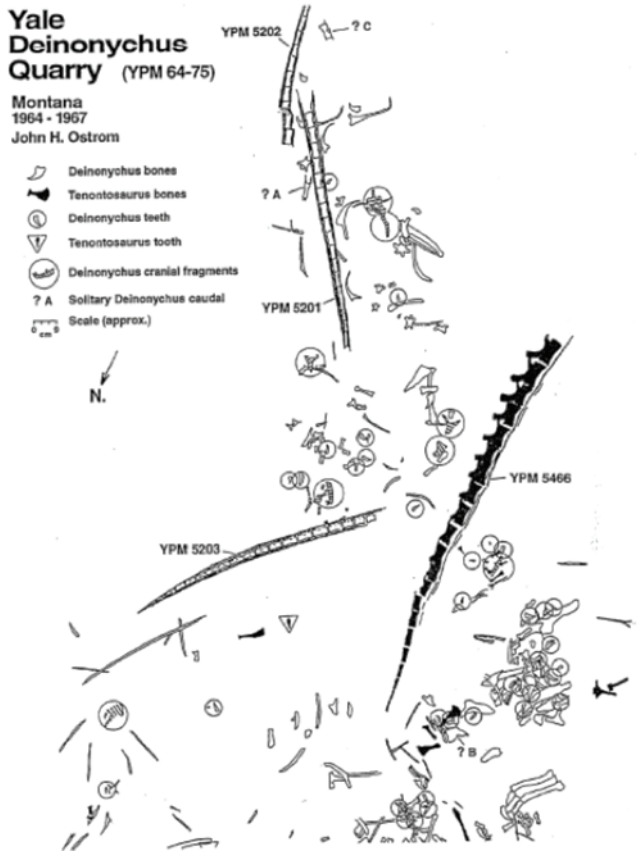


Figura 3. Representación cartográfica de los restos hallados en la Cantera del *Deinonychus* de Yale (Ostrom, 1994).

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La Garra Terrible

La característica más remarcable del Deinonychus son sus extremidades inferiores. En cualquier otro dinosaurio carnívoro, éstas son muy similares a las de un emú moderno o un casuario, con tres falanges principales y una más pequeña en la parte interna. La falange intermedia (III) es la más larga, y las falanges interior (II) y exterior (IV) son de igual longitud y divergen desde la falange III. Esta extremidad tridáctila simétrica es característica de terópodos y pájaros primitivos, diseñada para caminar y distribuir el peso, pero en el caso del Deinonychus, las extremidades inferiores están modificadas respecto al siguiente esquema (Fig. 4): la falange exterior (IV) tiene una longitud similar a la de la intermedia, mientras que la más modificada es la falange interior (II), ya que mantiene su largura, pero porta una garra larga, delgada, y muy curvada, similar a una hoz. Este tipo de garra podría esperarse de una mano diseñada para agarrar, pero no de una extremidad inferior en contacto con el suelo.

Esta idea se refuerza por el diseño único de las articulaciones de la falange interior. Al contrario que en un pie normal, donde la falange puede flexionarse o enroscarse, pero no doblarse hacia atrás más allá de una posición recta o una totalmente extendida, la falange II del *Deinonychus* fue diseñada para soportar una extensión o retracción hacia atrás extrema, pero con una capacidad de flexión limitada (Fig. 5) (Ostrom, 1969c).

Estudios recientes como los de Parsons y Parsons (2009) han sugerido que la curvatura de la garra sería mayor en individuos juveniles, pudiéndoles ayudar a subir a los árboles, y se volverían más rectas conforme el animal

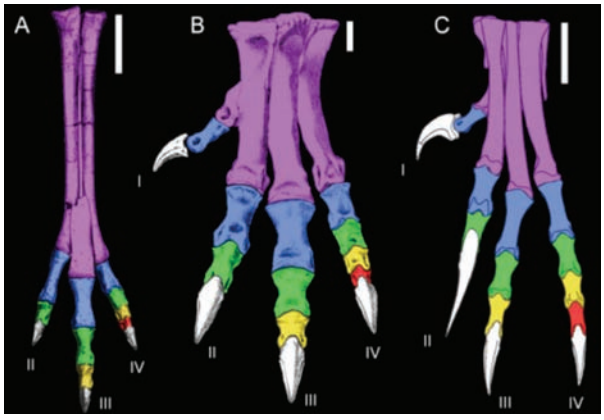


Figura 4. Comparación morfológica entre las falanges inferiores de *Gallimimus bullatus* (izda.) y *Allosaurus fragilis* (centro) con las de *Deinonychus antirrhopus* (dcha.). Image by Denver Fowler.

Figura 5. Izquierda, Representación de los huesos de la pata del *Deinonychus* en posición normal (izda.) (la línea punteada sobre la garra indica el tamaño probable y forma de la garra inicial); y de la falange con la garra falciforme en los grados extremos de flexión (línea continua) y extensión posibles (línea discontinua). Derecha, Reconstrucción en tres dimensiones de la garra del *Deinonychus antirrhopus*. Image by Didier Descouens.

aumentara de tamaño y viviera exclusivamente en el suelo. Esto se basó en la hipótesis de que algunos pequeños dromeosáuridos usaban sus garras de hoz para escalar (Manning *et al*., 2006). En 2015, tras un nuevo análisis de fósiles de individuos jóvenes, se informó que el carácter abierto y móvil de la articulación del hombro podría significar que los *Deinonychus* jóvenes eran capaces de realizar alguna forma de planeación a baja altura entre árboles (Parsons y Parsons, 2015).

La importancia de las vértebras caudales

La imagen del *Deinonychus* como un animal ágil y activo se vio reforzada cuando Ostrom estudió otra de las capacidades anatómicas del mismo: una cola vertebrada altamente especializada, endurecida por docenas de largas varillas osificadas, haciéndola prácticamente inflexible en ciertos momentos (Fig. 6). Actualmente se sabe que este tipo de anatomía caudal sólo está presente en los dinosaurios velociraptóridos. En aquel momento, Ostrom formuló la hipótesis de que este aparato caudal habría sido utilizado como una viga de equilibrio, ayudando al *Deinonychus* a la hora de correr y atacar. Por esta razón, Ostrom eligió el nombre de *'antirrhopus'*, que significa 'equilibrado' (Ostrom, 1994).

RECONSTRUCCIÓN PALEOECOLÓGICA

A principios del Cretácico (hace aprox. 110-115 Ma), cuando el *Deinonychus antirrhopus* habitaba Norteamérica, el mundo era distinto al que hoy se observa. Lo que actualmente es el estado de Montana, y casi toda la zona Oeste y central de EE.UU., estaban compuestas por planicies inmensas con algunas colinas, pero muy pocas montañas o picos. Estas planicies estaban ocupadas en su mayor parte por extensas pradera y sabanas, aunque no era raro encontrar algunos bosques de exuberante vegetación donde se encontraban los principales recursos de agua, tales como ríos y charcas.

Las evidencias geológicas sigueren que el *Deinonychus antirrhopus* habitaba en llanuras aluviales y zonas pantanosas (Norell y Makovicky, 2004). El paleoambiente de las formaciones Cloverly y Antlers, donde se han hallado los restos del *Deinonychus*, corresponde a bosques, deltas fluviales y lagos, similar a como es hoy el paisaje de Luisiana (Forster, 1984). Otros animales que habrían coexistido con el *Deinonychus antirrhopus* habrían sido el herbívoro armado *Sauropelta edwardsorum*; el más grande de los raptores, el *Utahraptor ostrommaysorum*; y los ornitópodos *Zephyrosaurus schaffi* y *Tenontosaurus tilleti*. En el estado de Oklahoma, el ecosistema habría estado conformado, además de por el *Deinonychus antirrhopus*, por el gran *Sauroposeidon próteles,* el terópodo *Acrocanthosaurus atokensis*, y peces Lepisosteiformes como el *Lepisosteus osseus* (Wedel y Cifelli, 2005).

Figura 6. Vertebras caudales de *Deinonychus antirrhopus*. En la imagen aumentada se observan las varillas óseas que conectan unas vértebras con otras. Image by Scott Persons.

CONCLUSIONES

Teniendo en cuenta los hallazgos y estudios realizados desde hace casi un siglo, es posible determinar que, mientras que sus congéneres asiáticos estaban más habituados a un clima seco y árido, el *Deinonychus antirrhopus* se acostumbró a zonas más húmedas y con fácil acceso a cauces de agua dulce.

Por otro lado, gracias a los avances tecnológicos y a recientes estudios anatómicos y biomecánicos, se han podido comprobar nuevas hipótesis realizadas sobre la función de las garras falciformes en las extremidades anteriores.

Pero la Paleontología es una ciencia en continua evolución, por lo que no se debe descartar el hecho de que los descubrimientos que se hagan en el futuro cambien las ideas que se tienen hoy en día tanto de este, como de cualquier otro animal extinto.

AGRADECIMIENTOS:

Quiero agradecer a Alizia Núñez por animarme a participar en las XXXII Jornadas de Paleontología, y a Dani, por no dejar que se me llevaran los nervios mientras compaginaba la realización de este artículo con el proyecto de fin de carrera y mi trabajo como bailarina profesional.

BIBLIOGRAFÍA

Colbert, E.H. & Russell, D.A. 1969. The small Cretaceous dinosaur *Dromaeosaurus*. *American Museum Novitates,* 2380, 1-49.

Forster, C.A. 1984. The paleoecology of the ornithopod dinosaur *Tenontosaurus tilletti* from the Cloverly Formation, Big Horn Basin of Wyoming and Montana. *The Mosasaur,* 2, 151-163.

Grellet-Tinner, G. & Makovicky, P. 2006. A possible egg of the dromaeosaur *Deinonychus antirrhopus*: phylogenetic and biological implications. *Canadian Journal of Earth Sciences,* 43 (6), 705-719.

Kvale, E.P. 1986. Paleoenvironments and tectonic significance of the upper Jurassic Morrison/lower Cretaceous Cloverly formations, Bighorn Basin, Wyoming. *PhD Dissertation*, Iowa State University, Ames, Iowa, 191p.

Manning, P.L., Payne, D., Pennicott, J., Barrett, P.M. y Ennos, R.A. 2006. Dinosaur killer claws or climbing crampons? *Biology Letters,* 2 (1), 110-112.

Noggle–Perrin, K. 1989. *Geologic map of the Leavitt Reservoir Quadrangle, Wyoming Map Series 29.* The Geological Survey of Wyoming, Laramie, Wyoming.

Norell, M.A. & Makovicky, P.J. 2004. Dromaeosauridae. En: *The Dinosauria.* (Weishampel, D.B., Dodson, P. & Osmólska, H. eds.). University of California Press, Bekerley, 196-210.

Ostrom, J.H. 1969. Osteology of *Deinonychus antirrhopus*, an unusual theropod from the Lower Cretaceous of Montana. *Peabody Museum of Natural History Bulletin,* 30, 1-165.

Ostrom, J.H. 1969c. Terrible claw. *Discovery,* 5 (1), 1-9.

Ostrom, J.H. 1970. Stratigraphy and paleontology of the Cloverly Formation (Lower Cretaceous) of the Bighorn Basin area, Wyoming and Montana. *Bulletin of the Peabody Museum of Natural History,* 35, 1-234.

Ostrom, J.H. 1994. Deinonychus, the ultimate killing machine. *Dino Fest; Proceedings of a conference for the general public.* (G.D. Rosenberg & D.L. Wolberg, eds.). Special Publication - The Paleontological Society, 7, 127-137.

Parsons, W.L. & Parsons, K.M. 2009. Further descriptions of the osteology of *Deinonychus antirrhopus* (Saurischia, Theropoda). *Bulletin of the Buffalo Society of Natural Sciences,* 38, 43-54.

Parsons, W.L. & Parsons, K.M. 2015. Morphological Variations within the Ontogeny of *Deinonychus antirrhopus* (Theropoda, Dromaeosauridae). *PLOS ONE,* 10 (4).

Wedel, M.J. & Cifelli, R.L. 2005. *Sauroposeidon*: Oklahoma's Native Giant. *Oklahoma Geology Notes,* 65 (2), 40-57.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

THE MOSCHIDAE (MAMMALIA, RUMINANTIA, PECORA) FROM THE EXCEPTIONAL FOSSIL SITE OF BATALLONES-10 (MADRID BASIN, MN10, UPPER MIOCENE): PRELIMINARY OVERVIEW

A. Violero[1], I. M. Sánchez[2,3], M. Ríos[3] y J. Morales[3]

[1] Área de Paleontología, Departamento de Geología, Universidad de Valencia.
Doctor Moliner, 50, 46100 Burjassot, Valencia (Spain). amparoviolero@gmail.com
[2] Departamento de Faunas del Neógeno y Cuaternario, Institut Català de Paleontologia Miquel Crusafont. ICTA ICP, Edifici Z, c/de les columnes s/n, Universitat Autònoma de Barcelona. 08193 Cerdanyola del Vallès, Barcelona (Spain). micromeryx@gmail.com
[3] Departamento de Paleobiología, Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC.
José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid (Spain). maria.rios.iba@gmail.com, mcnm166@mncn.csic.es

RESUMEN

En este trabajo presentamos los restos fósiles de ciervos almizcleros (Moschidae) recuperados en la localidad de Batallones-10, descubierta en 2007 y perteneciente al sistema de yacimientos miocenos de Cerro de los Batallones (Madrid, MN10). Aunque los mósquidos eran conocidos en varios de los yacimientos del Cerro (por ejemplo Batallones-1 y Batallones-3), nunca sus restos habían sido encontrados en tan gran número ni sus fósiles habían aparecido con tanta calidad de preservación, incluyendo elementos apendiculares en conexión anatómica y restos craneales relativamente completos. Tanto *Hispanomeryx* como *Micromeryx*, los dos principales mósquidos euroasiáticos del Mioceno, están representados en Batallones-10, sin embargo la mayor parte de los restos fósiles parecen pertenecer a una sola especie de *Micromeryx* de la que se ha recuperado una buena parte del esqueleto, incluyendo el cráneo bastante completo de un macho juvenil y un par de fragmentos rostrales de cráneos de hembras. Aunque conocidos en otros yacimientos ibéricos, los cráneos de mósquido son todavía un hallazgo excepcional por su rareza y por su valor sistemático. La cantidad y calidad de los restos de ciervo almizclero de Batallones-10 convierten a este yacimiento en uno de los sitios excepcionales con mósquidos de la Península Ibérica, como Toril-3 (Zaragoza) o Abocador de Can Mata (Barcelona). Estos mósquidos de Batallones son los representantes de las comunidades de ciervos almizcleros que durante el Vallesiense sustituyeron a las comunidades previas dominadas por *Micromeryx azanzae* y nos permiten conocer cómo eran los miembros ibéricos de este clado de rumiantes en el momento en el que vivieron su última etapa de apogeo antes de su extinción definitiva en Europa durante el Turoliense.

Palabras clave: Cerro de los Batallones, Mioceno, Moschidae, Ruminantia, *Micromeryx*.

ABSTRACT

We present here the musk deer remains (Moschidae) from Batallones-10, locality discovered in 2007 that belongs to the fossil site complex of Cerro de los Batallones (Batallones Butte; Madrid, MN10). Although moschids were already known from several sites in the Butte (e.g. Batallones-1 and Batallones-3), their remains were never found in these high numbers and with the beautiful preservation of Batallones-10, including appendicular elements in anatomical connection and fairly complete cranial remains. Both *Hispanomeryx* and *Micromeryx*, the two best-known Miocene moschids, are represented in

Batallones-10. However, the major part of moschid fossils belong to a sole *Micromeryx* species the skeleton of which has been recovered in a good part, including an almost complete skull of a juvenile male individual and the rostral part of the cranium of two females. Moschids are known in other Iberian sites, but their cranial remains are still an exceptional discovery due to their scarcity and their systematic value. The quantity and quality of the moschid remains from Batallones-10 make this site into one of the exceptional fossil sites of moschids in the Iberian Peninsula, together with e.g. Toril-3 (Zaragoza) and Abocador de Can Mata (Barcelona). These Batallones-10 moschids are representatives of the Vallesian musk-deer communities that replaced the earlier guilds dominated by *Micromeryx azanzae*. They shed light on the last successful populations of moschids that roamed the Iberian Peninsula just before their final demise in Europe in the Turolian.

Key words: Batallones Butte, Miocene, Moschidae, Ruminantia, *Micromeryx*.

INTRODUCTION

Moschids (musk deer) are a group of bovoid pecorans of Miocene origin defined as the least inclusive clade containing *Moschus*, *Micromeryx* and *Hispanomeryx* (Sánchez *et al*., 2010, 2011; Fig. 1). They comprise small (6-18 kg) hornless pecoran ruminants whose only extant representatives are the seven species of the Asian musk deer (*Moschus* spp.). These agile and secretive creatures inhabit mountainous environments from Siberia to Afghanistan and Vietnam (Groves, 2011). Apart from the lack of cranial appendages, the two more conspicuous external features of moschids are the odd musk gland and the enlarged sabre-like upper canines, both present exclusively in males and devoted to territorial marking and intra-specific male-to-male combat, respectively. Musk deer are diagnosed on the basis of several dental and postcranial characters (Sánchez *et al*., 2010) and have been repeatedly recovered as the sister group to the Bovidae from either molecular as well as morphological and combined datasets (e.g. Hassanin and Douzery, 2003; Marcot, 2007; Sánchez *et al*., 2010, 2015). Despite their present rareness and restricted paleobiogeographic distribution musk deer were a common element of the Eurasian Middle to Upper Miocene mammalian continental faunas, ranging in Spain from MN5 to MN11 (Sánchez and Morales, 2006). The best-known Miocene genera are *Micromeryx* Lartet, 1851 and *Hispanomeryx* Morales *et al*., 1981, which have been recorded from the Iberian Peninsula to China (Gentry *et al*., 1999; Sánchez *et al*., 2011; Fig. 3.). Moschids flourished in the Iberian Peninsula during the final part of the Middle Miocene, experiencing a diversity peak that extended through local zones G-H during a 2,5 million-year period (Sánchez and Morales, 2006). These were the moschid guilds dominated by the ubiquitous *Micromeryx azanzae* (Sánchez and Morales, 2006). However, these moschid communities apparently suffered a crisis after the Aragonian-Vallesian transition, being replaced by a new community of moschids in the Upper Vallesian (local zone J; Sánchez and Morales, 2006; Fig. 2). Shortly after, in the

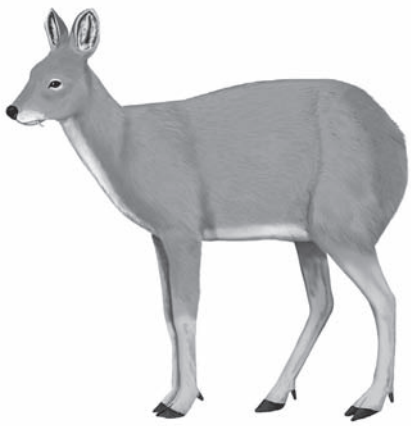


Figure 1. Anatomical reconstruction of *Micromeryx*, showing a male individual with its upper saber-like canines. Illustration by Marco Ansón.

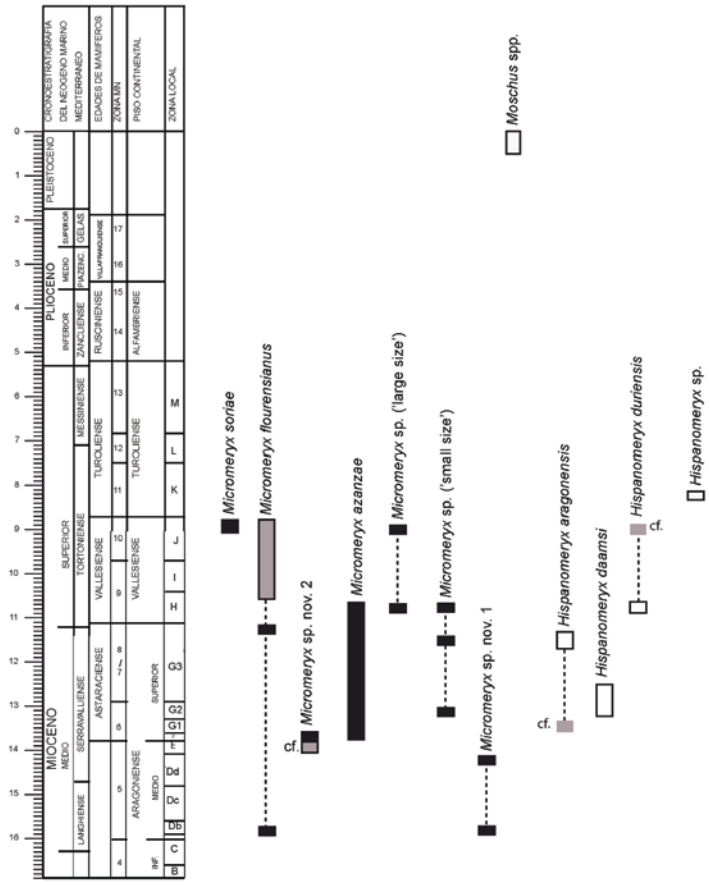


Figure 2. Biochronological distribution of the Iberian Miocene moschids and the extant *Moschus*. Modified from Sánchez and Morales (2006).

Turolian, moschids became extinct in the Iberian Peninsula and Europe (Sánchez *et al*., 2009). Due to the scarcity of their fossils, these Upper Vallesian moschids were poorly known compared to the previous, *M. azanzae*-dominated, moschid communities. However, the discoveries made in Batallones-10 have changed this fact.

Batallones-10 was discovered in 2007, and has been systematically excavated since then. This site is part of the Upper Vallesian site complex of Cerro de los Batallones (Batallones Butte; MN10, Madrid Basin, Spain; Fig. 3), located south of the city of Madrid (Calvo *et al*., 2013). Some of the sites in the Butte (e.g. Batallones-1 and Batallones-3) have become very notorious due to their spectacular and abundant carnivoran fossils (see among others Peigné *et al*., 2008; Salesa *et al*., 2006a, 2006b, 2008). The fossil sites in the Butte were produced through a piping process resulting in the formation of cavities that acted as faunal traps (Calvo *et al*., 2013). Batallones-10 is the first of these cavities to be excavated starting from the uppermost layer. This site has already yielded an astonishing Miocene faunal assemblage of vertebrates that includes chelonians, birds, squamates, micromammals, hipparionine horses, giraffes, rhinos, elephants, suids, moschids, medium-sized bovids and some carnivoran remains (basal hyenids, saber-toothed cats and mustelids). However, contrary to Batallones-1 and Batallones-3 (the 'carnivoran-traps'), the remains of herbivorous macromammals in Batallones-10 vastly outnumber the carnivoran fossils, being giraffes and horses the most abundant among the former. On the other hand, moschid fossils are also very well represented.

Here we present a preliminary overview of the Moschidae from Batallones-10, and discuss their significance and potential value in the study of this clade of ruminants.

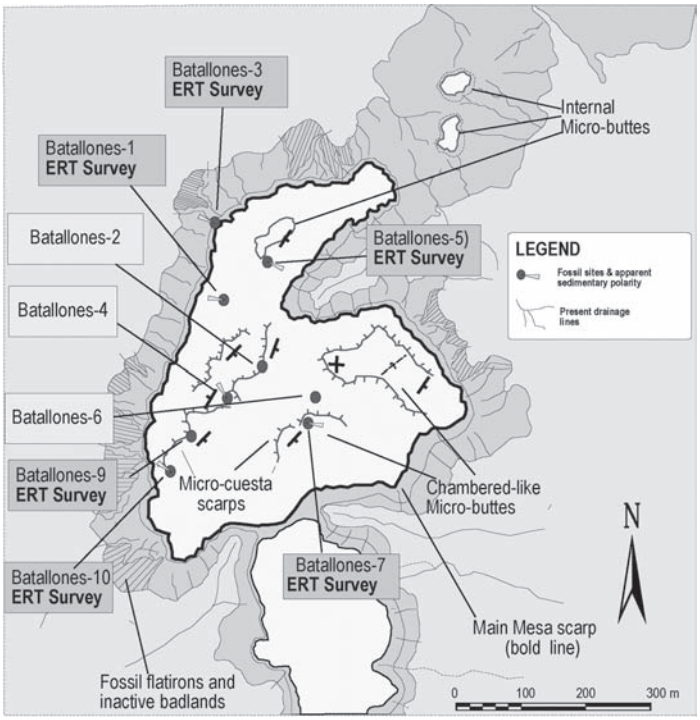


Figure 3. Geological sketch of Cerro de los Batallones showing the main structural and geomorphological features observed in the area and the location of the fossil mammal sites. ERT means Electric Resistivity Tomography. Modified from Calvo *et al.* (2013).

RESULTS AND DISCUSSION

The moschids from Batallones-10

The moschid fossils from Batallones-10 represent a 5% of the total fossils collected between 2009 and 2015 and correspond to the two Iberian Miocene genera, *Micromeryx* and *Hispanomeryx*. The presence of several moschid taxa in the same fossil site appears to be a common phenomenon recorded both from the Iberian Peninsula and China (see Sánchez and Morales, 2006; Sánchez *et al.*, 2011), with a maximum of two species of *Micromeryx* and one of *Hispanomeryx* found at the same site, as occurs in Batallones-1 or Los Valles de Fuentidueña (Sánchez and Morales, 2006). The majority of moschid fossils from Batallones-10 correspond to a *Micromeryx* sp. that features a derived high-crowned dentition, morphologically similar to that of *M. soriae* but lacking *Palaeomeryx*-fold (Fig. 4). The remains of *Hispanomeryx*, identifiable by features of its lower dentition and postcranial skeleton (see Sánchez *et al.*, 2010) are very scarce, however they are both systematically and anatomically significant. Both forms are still under study.

Several specimens stand out among this new moschid material due to their exceptionally good preservation, abundance and/or their completeness (Fig. 5). Here we briefly enumerate the most remarkable of them. BAT10'11.F1-15 is an almost complete skull that belongs to a juvenile *Micromeryx* male displaying both teeth rows, with dP2-M1 and M2 still erupting. The two upper canines are also erupting. This cranium and the juvenile left lower hemimandible BAT10'11. F1-14 probably belonged to the same individual as they were found close to each other and have matching ages. There are more cranial remains in the Batallones-10 moschid sample. BAT10'13.D5-07 and BAT10'15.D4-64 are rostral fragments of two different *Micromeryx* skulls with the anterior orbital edges. The latter shows a lateral compression with some degree of torsion. Both of them have similar development stage that BAT10'11.F1-15 and appear to be female individuals due to the lack of canines (although the gender is not clearly shown in BAT10'15.D4-64).

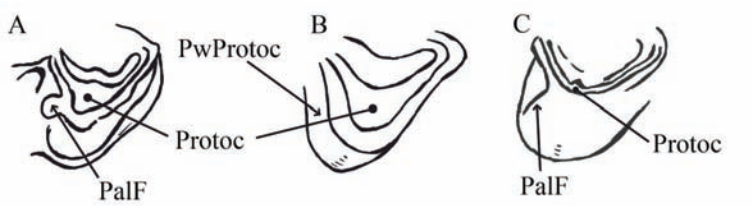


Figure 4. Comparative bucco-occlusal view of the posterior wall of the protoconid in several moschid species, with special remarks on the morphology of the *Palaeomeryx*-fold. A, m1 of *Micromeryx sp.* (O'Donnell, MN 5, Madrid) from the specimen OD-6, showing the typical *Palaeomeryx*-fold, narrow and with well-marked profile. B, m1 of *Hispanomeryx duriensis* from specimen EL-8 (El Lugarejo, MN 9, Ávila), showing the flat posterior wall with absent *Palaeomeryx*-fold (for ease of comparison, this illustration has been mirrored with respect to the original). C, m2 from *Micromeryx soriae* holotype (RO-9M), showing the morphology of the *Palaeomeryx*-fold present in this species; compare the narrow fold of A with the low-profiled and elongated structure present in the molars of *Micromeryx soriae*. Abbreviations: PalF, Palaeomeryx-fold; Protoc, protoconid; PwProtoc, posterior wall of the protoconid. Modified from Sánchez *et al.* (2009).

Ten lower hemimandibles of *Micromeryx* were recovered. However, only a single hemimandible fragment was clearly assigned to *Hispanomeryx* on the basis of dental features.

We also find a broad, diverse collection of postcranial remains most of them belonging to *Micromeryx*, with only a few belonging to *Hispanomeryx* (astragali, metatarsal III-IV, cubonavicular and calcaneum). However, the most impressive specimen is an almost complete (only lacking a third phalanx) articulated *Micromeryx* forelimb that appeared in anatomical connection in 2008. It is worth noting the relatively large size of this *Micromeryx* (compared with the majority of the earlier forms) together with its gracile, long limbs similar to that of extant *Moschus*. On the contrary, the similarly-sized *Hispanomeryx* from Batallones-10 appear to have comparatively shorter and more robust limbs.

We calculated the body mass of Batallones-10 *Micromeryx* following the linear regression from Scott (1990) and applying the bovid-specific curve as done in Sánchez (2006) for the known Iberian forms. *Micromeryx* and *Hispanomeryx* were both macrodont genera and the most accurate results are proportioned by using the transversal width of the distal epiphysis of the humerus (Sánchez, 2006). This linear measurement corresponds to H5 of Scott (1990) or humerus-number 7 of Sánchez & Morales (2008). Our calculations delivered a body mass around 6,10 kilograms for an adult

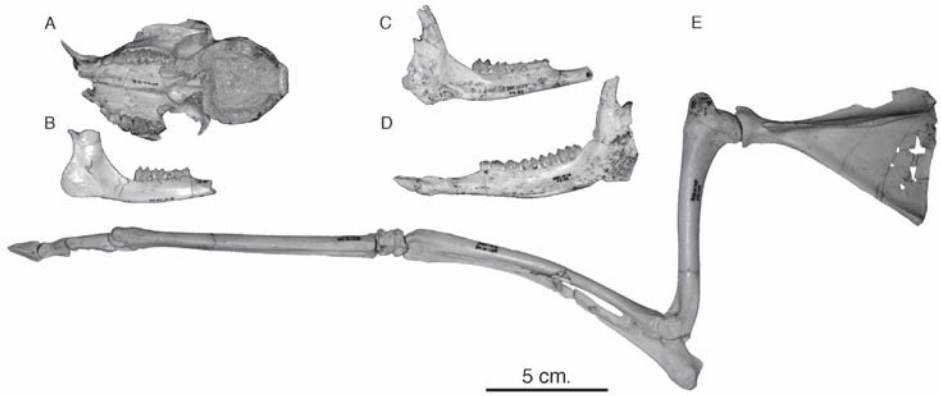


Figure 5. Some of the *Micromeryx* fossils from Batallones-10. A, BAT10'11.F1-15, skull of a juvenile male; B, BAT10'11.F1-14, left hemimandible corresponding to the same individual as the skull; C, BAT10'07.H4-47, left hemimandible of a juvenile individual; D, BAT10'12.F3-49, right hemimandible of an adult individual; E, complete left forelimb of an adult individual, composed (from proximal to distal) by BAT10'08.G4-104 (scapula), BAT10'08.G4-105 (humerus), BAT10'08.G4-106 (radius-ulna), BAT10'08.G4-107 to 110 (carpals), BAT10'08.G4-94 (metacarpal III-IV), BAT10'08.G4-90 (first phalanx), BAT10'08.G4-91 (second phalanx) and BAT10'08.G4-92 (third phalanx); the external phalanges are not showed here.

Batallones-10 *Micromeryx*, which lies within the lower weight range of extant *Moschus* (Groves, 2011). Thus this form was larger than the rest of *Micromeryx* species, that ranged between 4,5-5 Kg. (Sánchez, 2006), with the probable exception of *Micromeryx* sp. 'large size' the body mass of which has not been calculated yet. More fossil material is needed to calculate the body size of Batallones-10 *Hispanomeryx*. However, the remains we already have correspond to a slightly smaller animal than Batallones-10 *Micromeryx*, and also are smaller than the corresponding anatomical elements of the lower Vallesian *Hispanomeryx duriensis*.

Preservation, abundance of moschids and minimum number of individuals

More than 200 moschid fossils have been recovered in Batallones-10 since 2007, including cranial, dental and postcranial skeleton. A detailed visual check of the fossil mandibles available allowed us to identify a minimum number of 6 different *Micromeryx* individuals. We used mandibles as an indicative of the number of individuals because they are abundant and distinctive bones in Batallones-10. According to this, there is only one adult individual, from whom both hemimandibles were preserved, belonging the remaining mandibles to five juvenile individuals in different ontogenetic stages. We also have at least two *Hispanomeryx* individuals (calculated on the basis of the astragali), with both adult (hemimandibular fragment and postcranial) and sub-adult (postcranial) remains. As is typical for the majority of fossils in the Cerro de los Batallones complex, these moschid remains are exceptionally well preserved. As several works pointed out (Sánchez *et al*., 2009; Domingo *et al*., 2011) the moschid fossils from Batallones-1 correspond to partial remains that entered the trap after being consumed by carnivorans. Batallones-1 moschid fossils have signals (both macro- and microscopic) of having been broken, consumed and digested by mammalian predators. However, in Batallones-10 moschid fossils appear well preserved, whole and in some cases articulated, thus the accumulation process of moschids in Batallones-10 was apparently different from that of Batallones-1, most likely implying living individuals entering the 'trap'. However, a complete taphonomic study must be carried out to confirm this hypothesis.

CONCLUSIONS

The musk deer fossils from Batallones-10 shed light on the hitherto poorly known Upper Vallesian moschid communities that replaced the Aragonian-Vallesian guilds dominated by *M. azanzae* in the Iberian Peninsula. Since the discovery of the site in 2007 we recovered more than 200 moschid fossils, the major part of which belonged to a still unnamed large (around 6 Kg) and derived species of *Micromeryx*, with a similar dentition to that of *M. soriae*. The genus *Hispanomeryx* is also present with one (also unnamed) species, albeit represented by far less fossils than *Micromeryx*. Most of the moschid specimens from Batallones-10 are beautifully preserved, including cranial remains of three juvenile *Micromeryx* and a complete articulated forelimb of an adult individual that is one of a kind. This specimen represents the first worldwide chance to reconstruct a complete anatomical element from the same individual of a fossil moschid, and will allow us to perform studies of functional and comparative morphology, phylogeny and paleoecology. The body proportions of these *Micromeryx* and *Hispanomeryx* from Batallones-10 were apparently quite different: whereas both of them had roughly similar body mass *Micromeryx* was longer-legged and probably more similar in external aspect to the extant, very gracile, *Moschus*. It will take further study to verify that this *Micromeryx* sp. from Batallones-10 corresponds to *M. soriae,* as it was suggested in Sánchez *et al.* (2009) on the basis of the few remains available back then, and also to assess the systematics of *Hispanomeryx* from Batallones-10.

ACKNOWLEDGEMENTS

We would like to thank Marco Ansón for kindly allow us to use his reconstruction of *Micromeryx*. This study is part of the research projects CGL2011–25754 and CGL2015-68333 (Spanish Government, MINECO), and it is included in the Research Group CAM–UCM 910607.

REFERENCES

Calvo, J.P., Pozo, M., Silva, P.G. & Morales, J. 2013. Pattern of sedimentary infilling of fossil mammal traps formed in pseudokarst at Cerro de los Batallones, Madrid Basin, central Spain. *Sedimentology,* 60, 7, 1681-1708.

Domingo, M.S., Sanchez, I., Morales, J. & Alberdi, M.T. 2007. Miocene prey and predators: Diversity of the Moschidae (Ruminantia, Pecora) from the carnivore-trap site of Batallones-1 (Late Vallesian; MN 10; Madrid Basin; Spain) and evidence of carnivore trophic activity on Moschids. *Journal of Vertebrate Paleontology,* 27, 3, 69A-69A.

Domingo, M.S. 2009. *Estudio tafonómico del yacimiento de vertebrados vallesienses (Mioceno Superior) de Batallones 1, Torrejón de Velasco, Madrid*. Unpublished doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Domingo, M.S., Sanchez, I.M., Alberdi, M. T., Azanza, B. & Morales, J. 2012. Evidence of predation/scavenging on Moschidae (Mammalia, Ruminantia) from the Late Miocene of Spain. *Lethaia,* 45, 3, 386-400.

Gentry, A.W., Rössner, G.E. and Heizmann, E.P.J. 1999. Suborder Ruminantia. In: Rössner, G.E. and Heisig, K. (eds.), *The Miocene land mammals of Europe*. Verlag Dr. Friedrich Pfeil, München, 225-253.

Groves, C.P. 2011. Family Moschidae (Musk Deer). In: Wilson, D.E. and Mittermeier, R.A., (eds.), *Handbook of the Mammals of the World. Vol. 2. Hoofed Mammals*. Lyns Edicions, Barcelona, 336-348

Hassanin, A. & Douzery, E.J.P. 2003. Molecular and morphological phylogenies of Ruminantia and the alternative position of the Moschidae. *Systematic Biology,* 52, 2, 206-228.

Lartet, E. 1851. *Notice sur la Colline de Sansan, suvie d'une récapitulation des diverses espèces d'animaux dertébrés fossiles trouvés soit a Sansan, soit d'autres gisements du terraine tertiaire Miocène dans le Bassin Sous-Pyrénéen.* Imprimeur de la Préfecture et Libraire, Portes, 45 pp.

Marcot, J.D. & McShea, D.W. 2007. Increasing hierarchical complexity throughout the history of life: phylogenetic tests of trend mechanisms. *Paleobiology,* 33, 2, 182-200.

Morales, J., Moyà-Solà, S. and Soria, D. 1981. Presencia de la familia Moschidae (Artiodactyla, Mammalia) en el Vallesiense de España: *Hyspanomeryx duriensis* novo gen. nova sp. *Estudios Geológicos*, 37, 467-475.

Peignè, S., Salesa, M.J., Anton, M. & Morales, J. 2008. A new amphicyonine (Carnivora : Amphicyonidae) from the Upper Miocene of Batallones-1, Madrid, Spain. *Palaeontology,* vol. 51, 943-965.

Salesa, M.J., Anton, M., Peigne, S. & Morales, J. 2006. Evidence of a false thumb in a fossil carnivore clarifies the evolution of pandas. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,* 103, 2, 379-382.

Salesa, M.J., Anton, M., Turner, A. & Morales, J. 2006. Inferred behaviour and ecology of the primitive sabre-toothed cat Paramachairodus ogygia (Felidae, Machairodontinae) from the Late Miocene of Spain. *Journal of zoology,* 268, 3, 243-254.

Salesa, M.J., Anton, M., Peigne, S. & Morales, J. 2008. Functional anatomy and biomechanics of the postcranial skeleton of Simocyon batalleri (Viret, 1929) (Carnivora, Ailuridae) from the Late Miocene of Spain. *Zoological Journal of the Linnean Society,* 152, 3, 593-621.

Sánchez, I.M. 2006. *Evolución y sistemática de los Moschidae (Mammalia; Artiodactyla) del Mioceno medio y superior de España*. Unpublished doctoral dissertation, Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Sánchez, I.M. & Morales, J. 2008. *Micromeryx azanzae* sp. nov. (Ruminantia : Moschidae) from the middle-upper Miocene of Spain, and the first description of the cranium of *Micromeryx*. *Journal of Vertebrate Paleontology,* 28, 3, 873-885.

Sánchez, I.M., Domingo, M. S. & Morales, J. 2009. New data on the Moschidae (Mammalia, Ruminantia) from the Upper Miocene of Spain (MN 10-MN 11). *Journal of Vertebrate Paleontology,* 29, 2, 567-575.

Sánchez, I.M., Domingo, M. S. & Morales, J. 2010. The genus *Hispanomeryx* (Mammalia, Ruminantia, Moschidae) and its bearing on musk deer phylogeny and systematics. *Palaeontology,* 53, 1023-1047.

Sánchez, I.M., De Miguel, D., Quiralte, V. & Morales, J. 2011. The First Known Asian *Hispanomeryx* (Mammalia, Ruminantia, Moschidae). *Journal of Vertebrate Paleontology,* 31, 6, 1397-1403.

Scott, K.M. 1990. Postcranial dimensions of ungulates as predictors of body mass. In: Damuth, J. and McFadden (eds.), *Body Size in Mammalian Paleobiology: Estimation and Biological Implications*. Cambridge University Press, Cambridge, 301-335.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

FORAMINÍFEROS BENTÓNICOS DEL OCÉANO ATLÁNTICO DURANTE EL EOCENO INICIAL

G.J. Arreguín-Rodríguez[1] y L. Alegret[1,2]

[1] Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza, Spain arreguin@unizar.es
[2] Instituto Universitario de Ciencias Ambientales, Universidad de Zaragoza, Zaragoza, Spain laia@unizar.es

RESUMEN

Durante el Eoceno inicial se registran una serie de eventos de calentamiento global denominados hipertermales, similares al Máximo Térmico del Paleoceno-Eoceno (PETM) pero de menor magnitud. Todos estos eventos comparten características similares como por ejemplo excursiones negativas de los isótopos de carbono, acidificación de los océanos y perturbaciones del ciclo hidrológico. Numerosos estudios han documentado la extinción de la mitad de las especies de foraminíferos bentónicos en medios profundos durante el PETM, sin embargo los estudios sobre los efectos de los hipertermales menores sobre las comunidades bentónicas son más escasos. En el presente trabajo se analizan las especies de foraminíferos bentónicos más comunes registradas en el Océano Atlántico durante el Eoceno inicial, entre las cuales se encuentran *Nuttallides truempyi*, *Quadrimorphina profunda*, *Gyroidinoides depressus*, *Globocassidulina subglobosa*, *Oridorsalis umbonatus* y varias especies de bulimínidos. De acuerdo con las preferencias ecológicas de dichas especies, se sugiere que éstas representan a los taxones más tolerantes a eventos hipertermales. No obstante, debido a que la diversidad de las asociaciones analizadas del Eoceno inicial no se había recuperado de la crisis del PETM, resulta difícil cuantificar el impacto que tuvieron los hipertermales del Eoceno inicial sobre los foraminíferos bentónicos.

Palabras clave: Foraminíferos bentónicos, eventos hipertermales, Eoceno.

ABSTRACT

A series of global warming events, called hyperthermals, are recorded during the early Eocene. These events are similar to the Paleocene-Eocene Thermal Maximum (PETM) but of lesser magnitude. Hyperthermal events share some characteristics such as the negative carbon isotope excursions, increased ocean acidification and perturbations of the hydrological cycle. Numerous studies have documented the extinction of half of the species of deep-sea benthic foraminifera across the PETM, however studies on the effects of smaller hyperthermals on benthic assemblages are scarce. Here we analyse the most common species of benthic foraminifera from the Atlantic Ocean during the early Eocene. These include *Nuttallides truempyi, Quadrimorphina profunda*, *Gyroidinoides depressus*, *Globocassidulina subglobosa*, *Oridorsalis umbonatus* and several species of buliminids. According to the ecological preferences of these species, we suggest that these are the most tolerant species to hyperthermal events. Diversity of benthic foraminifera had not completely recovered from the PETM at the time of deposition of the studied samples, therefore it is difficult to quantify the effect of early Eocene minor hyperthermals on benthic foraminifera.

Key words: Benthic foraminifera, hyperthermal events, Eocene.

INTRODUCCIÓN

La tendencia de calentamiento global registrada durante el Eoceno inicial estuvo puntuada por una serie de eventos de calentamiento extremo de corta duración llamados hipertermales (Thomas y Zachos, 2000). Dichos eventos han sido relacionados con perturbaciones del ciclo del carbono, particularmente con excursiones negativas del $d^{13}C$ asociadas a la liberación de carbono isotópicamente ligero al sistema océano-atmósfera (Cramer *et al.*, 2003; Zachos *et al.*, 2010; Littler *et al.*, 2014).

El mayor de estos eventos fue el Máximo Térmico del Paleoceno-Eoceno (PETM por sus siglas en inglés). Entre sus consecuencias se incluyen, además del calentamiento extremo del planeta, el ascenso del nivel de compensación de la calcita y disolución en los océanos, perturbaciones del ciclo hidrológico, incremento en la erosión continental, y cambios bióticos tanto en medios marinos como terrestres (McInerney and Wing, 2011). En medios oceánicos, los foraminíferos bentónicos fueron uno de los grupos más afectados durante el PETM, ya que sufrieron la mayor extinción de todo el Cenozoico (Thomas, 2007; Alegret *et al.*, 2009a, b). Con respecto a los siguientes eventos hipertermales (ej. ETM2, H2, ETM3, I1), que presentaron características similares a las del PETM pero de menor magnitud (Leon-Rodriguez y Dickens, 2010; Stap *et al.*, 2010), la respuesta biótica no se ha evaluado en detalle hasta el momento, y los estudios elaborados por distintos autores son difíciles de comparar debido a inconsistencias en las clasificaciones taxonómicas. En el presente trabajo se presentan las especies de foraminíferos bentónicos más comunes identificadas en el Océano Atlántico, con el fin de contribuir al conocimiento sobre las condiciones ambientales y el efecto de eventos hipertermales en estos organismos.

MATERIAL Y MÉTODOS

En el presente trabajo se analizan las especies de foraminíferos bentónicos más comunes en la fracción >63 µm del sedimento de tres sondeos oceánicos del Atlántico: Sitio DSDP 550 (Atlántico Noreste), y Sitios ODP 1051A (Atlántico Noroeste) y 1258B (Atlántico ecuatorial). La paleobatimetría de los sedimentos estudiados corresponde a profundidad batial inferior a abisal. Los resultados cuantitativos de las asociaciones del Sitio 550 fueron publicados por Arreguín-Rodríguez y Alegret (2016), quienes analizaron 300 ejemplares en cada una de las 44 muestras incluidas en el estudio. Debido a que la concentración de foraminíferos bentónicos en los otros dos sondeos es muy baja y no ha permitido realizar análisis cuantitativos, se optó por realizar un estudio cualitativo. Se seleccionaron ocho muestras del Sitio 1051A y nueve del 1258B, de las cuales se seleccionaron 120 y 70 ejemplares por muestra respectivamente. Además, se calculó el porcentaje de cada especie en los tres sondeos y se seleccionaron aquellas especies con presencia común (2-5%), abundante (5-15%) o muy abundante (>15%). Dichas especies se muestran en la Tabla 1.

RESULTADOS

Las especies de foraminíferos bentónicos más comunes en el Océano Atlántico se muestran en la Tabla 1. Solamente en el Sitio 1051A (Atlántico Noroeste) se encontró una especie con una abundancia mayor al 15%, *Bulimina virginiana*, mientras que en los Sitios 550 y 1258B la mayor abundancia se encuentra entre 5 y 15%. Ambos sondeos tienen en común la presencia de especies abundantes como *Nuttallides truempyi* y *Quadrimorphina profunda*. Las especies *Oridorsalis umbonatus* y *Globocassidulina subglobosa* son abundantes en el Sitio 550, y comunes en el 1258B. Por el contrario, *Bulimina* sp. 1 y *Clinapertina subplanispira* son abundantes en el Sitio 1258B, pero comunes en el 550. Además, todas estas especies, con excepción de *O. umbonatus*, son comunes en el Sitio 1051A. Otras especies abundantes presentes en el Sitio 550, como *Bolivinoides decoratus* y *Gyroidinoides depressus*, también se encuentran en los otros dos sondeos aunque en menor porcentaje, y la especie *Osangularia* sp. 1 se registra sólo en el sondeo 1051A.

	NE Atlántico DSDP Site 550	NO Atlántico ODP Site 1051	Atlántico ecuatorial ODP Site 1258
Muy abundante (>15%)	-	*Bulimina virginiana*	-
Abundante (5-15%)	*Nuttallides truempyi*	-	*Nuttallides truempyi*
	Bolivinoides decoratus	-	*Quadrimorphina profunda*
	Quadrimorphina profunda	-	*Bulimina* sp. 1
	Osangularia sp. 1	-	*Clinapertina subplanispira*
	Gyroidinoides depressus	-	-
	Oridorsalis umbonatus	-	-
	Globocassidulina subglobosa	-	-
Común (2-5%)	*Cibicidoides micrus*	*Nuttallides truempyi*	*Globocassidulina subglobosa*
	Tappanina selmensis	*Bulimina tuxpamensis*	*Oridorsalis umbonatus*
	Clinapertina subplanispira	*Globocassidulina subglobosa*	Stilostomellids
	Bulimina sp. 1	*Hanzawaia mantaensis*	Pleurostomellids
	Abyssamina poagi	*Aragonia aragonensis*	*Aragonia aragonensis*
	-	*Bulimina jarvisi*	*Bulimina trinitatensis*
	-	*Bulimina* spp.	*Bulimina tuxpamensis*
	-	*Bulimina* sp. 1	*Clinapertina inflata*
	-	*Bulimina trinitatensis*	*Anomalinoides spissiformis*
	-	*Quadrimorphina profunda*	*Buliminella beaumonti*
	-	*Bulimina simplex*	*Nonion havanense*
	-	-	*Nuttallides umbonifera*
	-	-	*Osangularia plummerae*

Tabla 1. Foraminíferos bentónicos del Eoceno inicial en el Océano Atlántico.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Más de la mitad de las especies incluidas en la Tabla 1 presentan un modo de vida infaunal, excepto *N. truempyi*, *N. umbonifera*, *Osangularia* sp. 1, *O. plummerae*, *G. depressus*, *C. micrus*, *C. subplanispira*, *C. inflata*, *H. mantaensis*, *A. spissiformis* y *N. havanense*. Algunas de estas especies como *G. depressus* y *Q. profunda* son oportunistas (Schmield *et al*., 2003; Thomas, 2007), mientras que otras son resistentes a aguas corrosivas como es el caso de *N. truempyi* y *N. umbonifera* (Thomas, 1998). Por otra parte, especies del grupo de los bulimínidos responden principalmente a variaciones en el aporte alimenticio (Thomas, 1998), de modo que cambios en la erosión continental y/o en la productividad primaria, así como una proporción de foraminíferos epifaunales menor que en otros momentos (ej., durante en Paleoceno), pudieron haber causado una mayor disponibilidad de alimento para dicho grupo.

Teniendo en cuenta la composición de las asociaciones de foraminíferos bentónicos del Eoceno inicial en el ejemplo del Océano Atlántico (Tabla 1), y considerando que tras el PETM se extinguieron entre el 35-50% de las especies (Thomas, 2007; Alegret *et al*., 2009a, b), se sugiere que las especies abundantes durante los hipertermales del Eoceno inicial son las más tolerantes a perturbaciones ambientales, causadas principalmente por el aumento de la temperatura y la acidificación de los océanos (Arreguín-Rodríguez y Alegret, 2016). Según Thomas (1990), la diversidad de los foraminíferos bentónicos no recuperó sus valores previos al PETM cuando ocurrieron los demás hipertermales del Eoceno inicial representados en las muestras analizadas, por lo tanto resulta complejo determinar en qué medida repercutieron estos pequeños hipertermales en las asociaciones de foraminíferos bentónicos.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la financiación del proyecto CGL2014-58794-P (Ministerio de Economía y Competitividad de España y fondos FEDER), y del Grupo Consolidado E05 (Gobierno de Aragón/Fondo Social Europeo). G.J.A.R. agradece también al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT, México) por su beca predoctoral.

REFERENCIAS

Alegret, L., Ortiz, S. and Molina, E. 2009a. Extinction and recovery of benthic foraminifera across the Paleocene–Eocene Thermal Maximum at the Alamedilla section (Southern Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 279, 186–200.

Alegret, L., Ortiz, S., Orue-Etxebarria, X., Bernaola, G., Baceta, J.I., Monechi, S., Apellaniz, E. and Pujalte, V. 2009b. The Paleocene–Eocene thermal maximum: new data from the microfossil turnover at Zumaia section. *PALAIOS*, 24, 318–328.

Arreguín-Rodríguez, G.J. and Alegret, L. 2016. Deep-sea benthic foraminiferal turnover across early Eocene hyperthermal events at Northeast Atlantic DSDP Site 550. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 451, 62-72.

Cramer, B.S., Wright, J.D., Kent, D.V. and Aubry, M.P. 2003. Orbital climate forcing of d13C ex- cursions in the late Paleocene–early Eocene (chrons C24n–C25n). *Paleoceanography,* 18 (4), 1097.

Leon-Rodriguez, L. and Dickens, G.R. 2010. Constraints on ocean acidification associated with rapid and massive carbon injections: the early Paleogene record at Ocean Drilling Program site 1215, equatorial Pacific Ocean. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 298, 409–420

Littler, K., Röhl, U., Westerhold, T. and Zachos, J.C. 2014. A high-resolution benthic stable- isotope record for the South Atlantic: implications for orbital-scale changes in Late Paleocene–Early Eocene climate and carbon cycling. *Earth and Planetary Science Letters*, 401, 18–30.

McInerney, F.A. and Wing, S. 2011. The Paleocene–Eocene Thermal Maximum: a perturbation of carbon cycle, climate, and biosphere with implications for the future. Annual Review of Earth and Planetary Sciences 39, 489–516.

Schmield, G., Mitschele, A., Beck, S., Emeis, K.C., Hemleben, C., Schulz, H., Sperling, M. and Weldeab, S. 2003. Benthic foraminiferal record of ecosystem variability in the eastern Mediterranean Sea during times of sapropel S5 and S6 deposition. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 190, 139–164.

Stap, L., Lourens, L.J., Thomas, E., Sluijs, A., Bohaty, S. and Zachos, J.C., 2010. High-resolution deep-sea carbon and oxygen isotope records of Eocene Thermal Maximum 2 and H2. *Geology* 38, 607–610.

Thomas, E. (1990). Late Cretaceous–early Eocene mass extinctions in the deep sea. In: Sharpton, V.L., Ward, P.D. (eds.), *Global Catastrophes in Earth History: An Interdisciplinary Conference on Impacts, Volcanism, and Mass Mortality.* Geological Society of America, Special Paper 247, 481–495.

Thomas, E. (1998). The biogeography of the late Paleocene benthic foraminiferal extinction. In: Aubry, M.P., Lucas, S., Berggren, W.A. (eds.), *Late Paleocene–Early Eocene Biotic and Climatic Events in the Marine and Terrestrial Records*. Columbia University Press, 214–243.

Thomas, E. (2007). Cenozoic mass extinctions in the deep sea; what disturbs the largest habitat on Earth? In: Monechi, S., Coccioni, R., Rampino, M. (eds.), *Large Ecosystem Perturbations: Causes and Consequences*. Geological Society of America Special Paper 424, 1–24.

Thomas, E. and Zachos, J.C. 2000.Was the late Paleocene thermal maximum a unique event? *Geologiska Föreningens i Stockholm Förhandlingar*, 122, 169–170.

Zachos, J.C., McCarren, H., Murphy, B., Röhl, U. and Westerhold, T. 2010. Tempo and scale of late Paleocene and early Eocene carbon isotope cycles: implications for the origin of hyperthermals. *Earth and Planetary Science Letters*, 299, 242–249.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

UPPERMOST PLIENSBACHIAN-LOWER TOARCIAN OSTRACOD ASSEMBLAGES FROM THE TLEMCEN DOMAIN (NORTH ALGERIA)

S. Choukri[1], M. Reolid[2] and A. Marok[1]

[1] Department of Earth and Universe Sciences, University of Tlemcen, B.O. Box 119, Tlemcen, Algeria.
soulimanec@yahoo.fr, ab_marok@yahoo.fr
[2] Departamento de Geología, Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas sn, 23071 Jaén, Spain. mreolid@ujaen.es

ABSTRACT

This paper presents a study of the Upper Pliensbachian-Lower Toarcian ostracods of the Traras Mountains situated in Northwestern of Algeria. We present an ostracods list composed of 8 families, 11 genera and 37 species. Important changes in the composition of the ostracod assemblages have been recorded related to Pliensbachian-Toarcian boundary and the Polymorphum-Levisoni zones boundary. The turnover related to this biotic crisis includes the Toarcian Oceanic Anoxic Event. In benthic environments, the turnover is evidenced by uppermost Pliensbachian assemblages dominated by families Healdiidae and Cytherellidae to upper part of Levisoni Zone with assemblages dominated by families Protocytheridae and Polycopidae. A comparison with other regions in the Western Tethys is included in this work.

Key words: T-OAE, microfossils, biotic changes, North Gondwana.

INTRODUCTION

The Pliensbachian-Toarcian transition and the Toarcian Oceanic Anoxic Event (T-OAE) are two global episodes known by their palaeoenvironmental perturbations worldwide recorded. The end of the Pliensbachian regression (Wignall and Maynard, 1993; de Graciansky *et al*., 1998) is followed by the transgression of the Early Toarcian (e.g. Haq *et al*., 1987), together with the deposition of black shales (Jenkyns, 2010) and perturbations of the carbon cycle. These perturbations are evidenced by the isotopic negative excursion of carbon at the base of Levisoni Zone in several places around the world (e.g. Hesselbo *et al*., 2007). An important second-order mass extinction mainly affecting benthic organisms occurred during the Plienbachian/Toarcian transition and during the transition of Polymorphum (=Tenuicostatum) and Levisoni (=Serpentinum) zones (e.g. Little and Benton, 1995; Aberhan and Fürsich, 1997). The latter include ostracods, which constitute an important tool for palaeoceanographic and palaeocological studies, previously used for interpreting the impact of the T-OAE (Arias, 2007, 2013; Gómez and Arias, 2010; Cabral *et al*., 2013).

The ostracod assemblages have been poorly analysed in the Gondwana Palaeomargin of the Western Tethys. Here we analyse the ostracod assemblages of the uppermost Pliensbachian – Lower Toarcian from the Traras Mountains (northwestern Algeria) for the first time.

GEOLOGICAL SETTING

The Traras Mountains are located in the NW of Algeria and present a W-E general orientation. This range is limited by the Mediterranean Sea to the North and the Maghnia Miocene Basin to the South. The Traras Mountains

integrate in the Northern and Western part of the Oranian Block of Alpin Chain. These fields take part of the tello-rifain front-country.

From the palaeogeographic point of view, the Traras Mountains constitute the northern basin of the Tlemcen Domain, where Lower Jurassic deposits reflect the response to a tilted block tectonic combined with eustatic fluctuations (e.g. Marok and Reolid, 2013). During the Late Pliensbachian the carbonate platform was broken in different blocks and the basin progressively deepened. In this context, the Benzerka section has been analyzed in the Traras Mountains in order to study the biostratigraphic distribution and to describe the main associations of the ostracods from the marly levels (Bayada Beds Formation).

METHODS

The ostracod assemblages described in this study were recovered from Benzerka section located in the Traras Mountains, Northwestern Algeria. They were obtained from marly sediment samples. The samples consist of 500 grams of sediment that were soaked in tap water for 24 hours. After disintegration, the rinsing procedure involved a column of standard stainless steel sieves with mesh openings of 500, 200, 100, and 50 µm, and a gentle jet of water from the top. Residues were oven-dried at 40º C. Specimens smaller than 100 µm are poorly preserved, difficult to identify and they were not counted.

The classification of ostracods was adopted from Bate and Coleman (1975) as well as from monographic works on Toarcian ostracods (Ainsworth, 1986; Boomer and Whatley 1992; Andreu *et al*., 1995; Boomer and Ballent, 1996; Arias, 2006, 2007, 2009).

RESULTS

Three stratigraphic intervals have been differentiated in the Benzerka section coincident with the ammonite Biozones: Emaciatum (Pliensbachian), Polymorphum and Levisoni (Lower Toarcian).

The Emaciatum Zone (BZ-20 to BZ-27 samples) records an ostracod assemblage constituted by: *Bairdia parva*, *Ogmoconcha contractula*, *Liasina lanceolata*, *Cytherella toarcensis*, *Bairdia molesta*, *Ogmoconcha* gr. *amalthei*, *Isobythocypris ovalis*, *Polycope* sp., *Ogmoconcha rottunda*, *Bairdiacypris triangularis*, *Polycope cerasia*, *Paracypris* sp. A and B, *Ogmoconchella* aff. *aequalis*, and *Bairdiacypris rectangularis*.

The base of Emaciatum Zone is dominated by Family Healdiidae (71%, mainly *Ogmoconcha contractula* and *O. amalthei*) and secondarily Pontocypridae and Bairdiidae. The proportion of Family Cytherellidae increases (38-45%, mainly *Cytherella toarcensis*) towards the top of the Emaciatum Zone whereas Healdiidae and Pontocypridae decrease.

The Polymorphum Zone (Lower Toarcian, samples BZ-29 to BZ-32) contains an ostracod assemblage constituted by: *Cytherella toarcensis*, *Liasina lanceolata*, *Bairdia molesta*, *Ogmoconchella aequalis*, *Ogmoconcha hagenowi*, *Paracypris redcarensis*, *Bairdiacypris rectangularis*, and *Isobythocypris elongata*. High percentages of Family Cytherellidae (84%, mainly *Cytherella toarcensis*) were observed towards the base of the Polymorphum Zone, with decreasing values towards its top, where they disappear together with genera of Family Pontocypridae. The upper part of Polymorphum Zone is dominated by Family Bairdiidae (86%, mainly *Bairdiacypris rectangularis* and *Isobythocypris elongata*), and secondarily by representatives of Family Paracypridae.

The Levisoni Zone (Lower Toarcian, BZ-34 to BZ-63) is composed by: *Liasina lanceolata*, *Polycope pelta*, *Polycope* sp., *Paracypris* sp. C, *Kinkelinella* gr. *sermoisensis*, *Macrocypris liassica*, *Bairdiacypris dorisae*, *Kinkelinella* gr. *sermoisensis*, *Isobythocypris* sp., *Bairdiacypris triangularis*, *Polycope cerasia*, *Kinkelinella* (E.) *debilis*, *Ektyphocithere bizoni*, *Isobythocypris* aff. *unispinata*, *Bairdia molesta*, *Isobythocypris ovalis*, and *Liasina lanceolata*. The ostracod assemblages of the Levisoni Zone debut with high values of Family Polycopidae (37%), Family Protocytheridae (30%) and Family Paracypridae (30%), and decreasing content of Family Bairdiidae. The top of the Levisoni Zone is characterized by the high values of Family Protocytheridae (66 – 32%, mainly *Kinkelinella sermoisensis*) and the recovery of families Bairdiidae (53%).

INTERPRETATION AND COMPARISON WITH OTHER REGIONS

Important changes in the composition of the ostracod assemblages have been observed across the Pliensbachian-Toarcian boundary and the Polymorphum-Levisoni zone boundary. The turnover related to this biotic crisis in benthic environments is evidenced by uppermost Pliensbachian assemblages dominated by families Healdiidae and Cytherellidae tthat changes to upper part of Levisoni Zone with assemblages dominated by families Protocytheridae and Polycopidae. The Toarcian Oceanic Anoxic Event (T-OAE) probably resulted in restricted conditions, but a barren interval due to oxygen-depleted conditions in this setting has not recorded.

Comparison with other regions (North Morocco, Iberian Range, Lusitanian Basin, Aquitanian Basin, Umbria Marche and South Germany) allowed us to observe similarities between the ostracod assemblages from North Morocco and those from the Iberian Range.

The Family Polycopidae is only represented by the genus *Polycope*, and it appears in all the studied domains from the uppermost Pliensbachian to Levisoni Zone.

Family Bairdiidae is more diverse towards Central Europe (South Germany) and many genera are not recorded in the southern basins around Iberian palaeomargins and north Gondwana palaeomargin (e.g. Iberian Range, Umbria Marche, North Morocco and North Algeria). However, *Bairdia*, *Bairdiacypris* and *Isobythocypris* survive in the Traras Mountains in the Levisoni Zone.

Family Cytherellidae is not recorded in all basins, being more common in the west during the uppermost Pliensbachian. In Central Europe they are absent or reported only during the Pliensbachian. This family disappeared in North Gondawana Palaeomargin in Levisoni Zone, while it survived in the Iberian palaeomargins during the Levisoni Zone (Lusitanian Basin and Iberian Range).

Family Healdiidae is recorded in all the studied domains, but all its genera disappeared in Levisoni Zone.

Family Paracypridae is represented mainly by *Paracypris,* which is recorded in North Algeria and other domains of Western Tethys except in North Morocco, but probably related with the sampling in this last domain. *Paracypris* disappeared in the Aquitanian Basin during the Pliensbachian, and persisted during Polymorphum Zone in Southern Germany and Iberian Range. During the Levisoni Zone, it has been reported only in the Lusitanian Basin and North Algeria, both domains representing refugee located in westernmost part of the Tethys.

Family Pontocypridae is represented mainly by *Liasina* in the studied interval (except in Umbria Marche Basin).

Family Protocytheridae is reported across the uppermost Pliensbachian to lower Toarcian in domains located in South and West, but they are more widely distributed in Levisoni Zone. Protocytherids are scarce in Umbria Marche and absent in Southern Germany.

Families Bythocytheridae, Cytheruridae, Saipanettidae, Schulerideidae, Trachycytheridae are not recorded in the Traras Mountains (North Algeria). In the North Gondwana Palaeomargin, only Family Bythocytheridae is recorded in Morocco.

CONCLUSIONS

The study of the composition of ostracod assemblages of the upper Pliensbachian-lower Toarcian ostracods from the Benzerka section, Traras Mountains (Northwestern Algeria) allowed us to identify 8 families, 11 genera and 37 species. Significant changes in the composition of the ostracod assemblages have been recorded related to biotic crises of the Pliensbachian-Toarcian boundary and the Polymorphum-Levisoni boundary (usually related to T-OAE). Three stratigraphic intervals coincident with the ammonite Biozones have been identified showing main stratigraphic fluctuations in the composition of ostracod assemblages.

The assemblage of the Emaciatum Zone is dominated by Family Healdiidae (71%) and secondarily Pontocypridae, Bairdiidae and Cytherellidae. However, the proportion of Family Cytherellidae increases (38-45%), to the top of the Emaciatum Zone.

High values of Family Cytherellidae (84%) have been observed towards the base of the Polymorphum Zone, with decreasing values towards the top where it disappears together with Family Pontocypridae. The upper part of Polymorphum Zone is dominated by Family Bairdiidae (86%) and secondarily Family Paracypridae.

The Levisoni Zone debut with high values of Family Polycopidae (37%), Family Protocytheridae (30%) and Family Paracypridae (30%), and decreasing content of Family Bairdiidae. The top of the Levisoni Zone is characterized by the high values of Family Protocytheridae (66 – 32%) and the recovery of families Bairdiidae (53%).

Different phases have been differentiated in the ostracod turnover from upper Pliensbachian (assemblages dominated by families Healdiidae and Cytherellidae) towards the end of the lower Toarcian (assemblages dominated by families Protocytheridae and Polycopidae).

REFERENCES

Ainsworth, N.R. 1986. Toarcian and Aalenian Ostracoda from the Fasnet Basin, offshore Southwest Ireland. *Bulletin of the Geological Survey of Ireland*, 3, 277–336.

Andreu, B., Qajoun, A. and Cubaynes, R. 1995. Ostracode du Toarcien du Quercy (Bassin d'Aquitaine, France): Systématique, Biostratigraphie et Paleobiogeographie. *Geobios*, 28, 209–240.

Arias, C. 2006. Northern and Southern Hemispheres ostracod palaeobiogeography during the Early Jurassic: possible migration routes. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 233, 63–95.

Arias, C. 2007. Pliensbachian-Toarcian ostracod biogeography in NW Europe: evidence for water mass structure evolution. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 251, 398–421.

Arias, C. 2009. Pliensbachian ostracods from the Prejano section, Sierra de la Demanda, Cordillera Iberica. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen,* 252, 181–206.

Bate, R.H. and Coleman, B.E. 1975. Upper Lias Ostracoda from Rutland and Huntingdonshire. *Bulletin of the Geological Survey of Great Britain* 55, 1–42.

Boomer, I. and Ballent, S. 1996. Early-Middle Jurassic ostracod migration between the northern and southern hemispheres: further evidence for a proto Atlantic-Central connection. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 121, 53–64.

Boomer, I.D. and Whatley, R.C. 1992. Ostracoda and dysaerobia in the lower Jurassic of Wales: the reconstruction of past oxygen levels. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 99, 373–379.

Marok, A. and Reolid, M. 2012. Lower Jurassic sediments from the Rhar Roubane Mountains (Western Algeria): Stratigraphic precisions and synsedimentary block-faulting. *Journal of African Earth Sciences*, 76, 50–65.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

ORIGEN Y DIVERSIFICACIÓN DE LOS ROTALOIDEOS (FORAMINÍFEROS) DURANTE EL CRETÁCICO SUPERIOR: IMPLICACIONES PALEOBIOGEOGRÁFICAS

L. Consorti, C. Boix y E. Caus

Departament de Geologia (Paleontologia). Universitat Autònoma de Barcelona, Campus Bellaterra, 08193 Cerdanyola del Vallés.
lorenzo.consorti@e-campus.uab.cat, esmeralda.caus@uab.es.

RESUMEN

La nueva fauna de rotaloideos de los Apeninos centrales y meridionales (Tethys central) ha permitido confirmar la existencia, durante el Cretácico superior, de dos paleobioprovincias vecinas: tetisiana y pirenaica, caracterizadas por distintos géneros y/o especies.

Palabras clave: Foraminíferos, arquitectura, bioestratratigrafía, paleobiogeografía, Cretácico superior.

ABSTRACT

New rotaloideans foraminifera from Central and Southern Appenines (Central Tethys) allowed us to confirm during the Late Cretaceous the existence of two neighbouring palaeobioprovices: Tethyan and Pyrenean characterized by different genus and/or species.

Key words: Foraminifera, architecture, biostratigraphy, palaeobiogeography, Late Cretaceous

INTRODUCTION

Los rotaloideos constituyen un grupo de foraminíferos lamelar perforados, trocospirales, con una estructura umbilical más o menos compleja y sistema de canales. Se conocen en el registro fósil desde el Albiense superior?-Cenomaniense y pueblan actualmente los mares y océanos tropicales, principalmente las plataformas carbonatadas pero también las mixtas.

La descripción del primer rotaloideo fue realizada por Lamarck, en 1804, con *Rotalia trochidiformis* proveniente del Eoceno de la cuenca de París. No obstante, tuvieron que pasar más de 150 años para que los estudios de este grupo adquirieran cierta importancia en el conjunto de los foraminíferos, hasta culminar con el trabajo de Hottinger (2014) donde se resumen los rotaloideos paleógenos, en un área que abarca desde las costas atlánticas del continente europeo hasta la península Arábiga y la India. Sin embargo, si nos referimos a los rotaloideos del Cretácico, el número de trabajos es mucho más escaso, destacando el de Boix *et al*. (2009), que supone una puesta al día de los conocimientos de los rotaloideos del Cretácico superior de la paleobioprovincia pirenaica.

En el presente trabajo, centrado principalmente en los Pirineos y en los Apeninos centrales y meridionales, aunque otras áreas se han tenido también en cuenta, se aborda el estudio de los rotaloideos cretácicos, su origen

y diversificación en dos paleobioprovincias de macroforaminíferos contiguas: pirenaica y tetisiana. Así mismo, se establecen las relaciones bioestratigráficas de los foraminíferos rotaloideos estudiados con sus contemporáneos porcelanados y/ aglutinados que caracterizan cada paleobioprovincia. La edad cronoestratigráfica de estas asociaciones se ha fijado mediante los datos obtenidos de los isótopos de estroncio. El estudio se ha se ha centrado en dos familias de rotaloideos: Rotaliidae y Pararotaliidae, respectivamente.

ROTÁLIDOS Y PARAROTÁLIDOS CRETÁCICOS

Los rotálidos (Familia Rotaliidae Ehremberg, 1839, revisada por Hottinger, 2014) incluye los rotaloideos con foramen único en posición interiomarginal, *folia*, placas umbilicales y el umbilicus constituido por un único apilamiento de láminas (*pile)* o por una columela más o menos compleja. Los espacios espirales e intraseptales están transformados en canales. Los rotálidos aparecieron en el Albiense?-Cenomaniense y perduran en la actualidad. Tres subfamilias caracterizan el Cretácico superior: a) Rotaliinae Ehrember, 1839 –género tipo: *Rotalia* Lamarck, 1804, del Paleógeno- caracterizada por los géneros *Rotorbinella* Brady,1944; *Iberorotalia* Boix *et al*., 2009, y *Pyrenerotalia* Boix *et al*., 2009, b) Lochartiinae Hottinger, 2014 –género tipo: *Lockhartia* Davies, 1932, del Paleógeno- caracterizada únicamente por el género *Rotalispira* Hottinger, 2014, y c) Kathininae Hottinger, 2014 – género tipo: *Kathina* Smouth, 1954, del Paleógeno- caracterizada por el género *Orbitokathina* Hottinger, 1966. Las diferencias entre estas subfamilias vienen marcadas principalmente por las diferentes estructuras de los *folia* en el lado umbilical. (Fig. 1A).

Los pararotálidos (Familia Pararotaliidae Reiss, 1963, revisada y completada por Hottinger *et al*., 1991; Revets, 1993; Hottinger, 2014) se diferencia de la familia Rotaliidae por la presencia de pliegue umbilical (*umbilical flap*) y placa dental (*tooth-plate*) separando el lumen de las cámaras de los espacios intercamerales (Fig. 1B). El umbilicus presenta botones umbilicales, *piles*, o estructuras columelares pero carece de *folia*. El canal espiral está formado por placas dentales interconectadas. Algunos géneros pueden desarrollar un sistema de canales envolvente producidos por la lamelación secundaria. La clasificación sistemática actual se refiere a una única subfamilia: Pararotaliinae Hottinger, 2014, que abarca formas desde el Cenomaniense hasta la actualidad, por lo que es probable que, en el

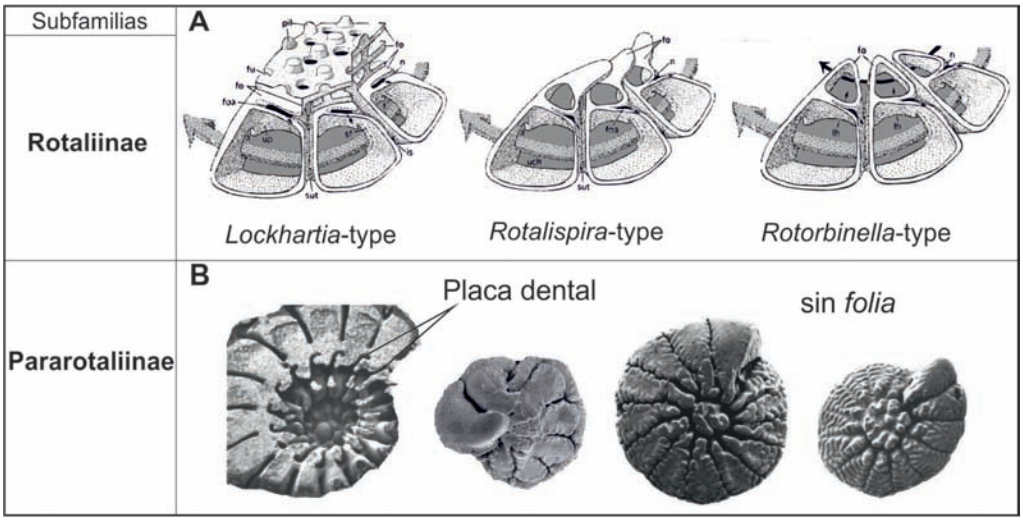


Figura 1. Subfamilias de rotaloideos: Rotaliinae y Pararotaliinae. Sin escala. A: modelos de Lockhartia, Rotalispira y Rotorbinella (modificado de Boix *et al*., 2009). B: fotografías al microscopio electrónico de pararotalias recientes. (Extraídos de Billmann *et al*., 1980; Hottinger *et al*., 1991).

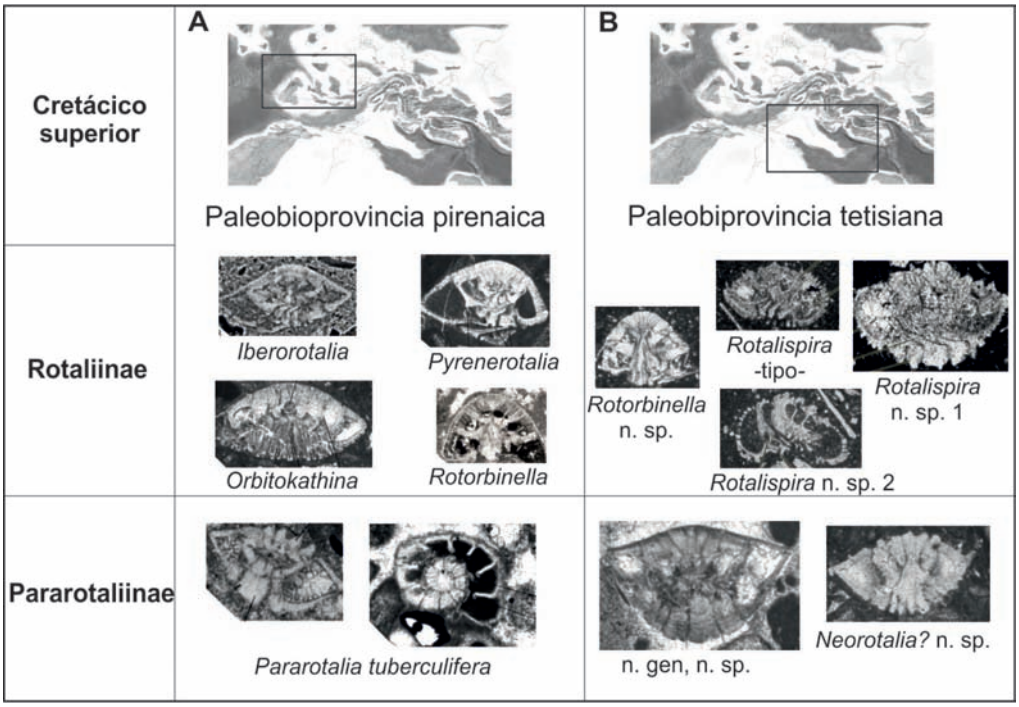


Figura 2. Rotaloideos del Cretácico superior. Sin escala. A: Rotaliinae y Pararotaliinae de la paleobioprovincia pirenaica (extraído de Boix *et al*., 2009). B: Rotaliinae y Pararotaliinae de la paleobioprovincia tetisiana.

futuro, deban de establecerse nuevas subfamilias. Corresponden a la Familia Pararotaliidae los géneros: *Pararotalia* Le Calvez, 1949; *Neorotalia* Bermudez, 1952 y un nuevo género de la paleobioprovincia tetisiana (Fig. 2B).

ORIGEN Y DIVERSIFICACIÓN

La aparición de los primeros rotaloides en el registro fósil ocurre, probablemente de manera simultánea, en el Albiense superior?-Cenomaniense (ciclo de maduración global de los macroforaminíferos del Cretácico medio – GCMC de Hottinger, 2001) con dos taxones: *Rotorbinella mesogensis* (Tronchetti, 1981) y *Pararotalia boixae* Piuz and Meister, 2013. Ambas se caracterizan por su pequeño tamaño, estructuras umbilicales relativamente simples y la falta de dimorfismo en los organismos adultos, lo que sugiere para ellas una estrategia de vida r (oportunista); estos taxones, a diferencia de la mayoría de foraminíferos complejos del Cenomaniense, sobrevivieron, al menos a nivel genérico, a la extinción en masa del límite Cenomaniense-Turoniense. Además, hay que señalar que estas formas son relativamente ubiquistas; se conocen de Europa, Asia y Africa, pero también de América.

A partir del Turoniense superior, con el inicio del ciclo de maduración global de los macroforaminíferos del Cretácico superior, empezó su diversificación, probablemente de manera independiente, en cada una de las paleobioprovincias de macroforaminíferos del Cretácico superior: tetisiana, pirenaica y caribeña. Esta diversificación parece que culminó en las dos paleobioprovincias estudiadas, tetisiana y pirenaica, durante el Campaniense inferior y medio (Fig. 2). A partir del Campaniense superior, los rotaloideos perdieron importancia, con la excepción del género Campaniense superior?-Maastrichtiense *Laffiteina* Marie, 1946, atribuido a un nuevo grupo de rotaloideos distinto de los rotálidos y pararotálidos. La edad de la diversificación en la palaeobioprovincia caribeña está en estudio.

CONCLUSIONES

El estudio de los foraminíferos rotaloideos de dos paleobioprovincias contiguas, tetisiana y pirenaica, y el análisis crítico de los datos publicados ha permitido establecer las siguientes conclusiones: a) la primera aparición de los foraminíferos rotaloideos se sitúa en el intervalo Albiense superior?-Cenomaniense; b) las formas cenomanienses, a las que se les atribuye una estrategia de vida r, se distribuyeron por las plataformas poco profundas tropicales y subtropicales, tanto del Viejo como del Nuevo continente, lo que implica ausencia de bioprovincialidad; c) la diversificación de los rotaloideos tuvo lugar después del límite Cenomaniense-Turoniense. La contemporaneidad o no de esta diversificación es, por el momento, desconocida, debido a la falta de depósitos favorables y/o a la falta de estudios regionales; d) durante el intervalo de tiempo Coniaciense superior-Campaniense medio los rotaloideos cretácicos alcanzaron una estrategia de vida k, manifestada por su gran tamaño, sus estructuras muy complejas y el elevado grado de dimorfismo sexual; e) las asociaciones de rotaloideos del ciclo de maduración global del Cretácico superior de cada una de las paleobioprovincias estudiadas, tetisiana y pirenaica, difieren a nivel genérico y/o específico, compartiendo únicamente el género más simple, *Rotorbinella*, pero representado por dos especies diferentes.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Prof. Maurizio Chiocchini (Roma) y a la Dra. Maria Rita Pichezzi (ISPRA, Roma) el haber dejado consultar las colecciones del Servizio Geologico d'Italia. Esta investigación ha sido posible por la financiación del Ministerio de Economía y Competitividad (proyecto CGL2012-33160). L.C. agradece a la Universitat Autònoma de Barcelona por la obtención de una beca predoctoral PIF. Esta investigación forma parte del proyecto de tesis doctoral del primero de los firmantes.

BIBLIOGRAFÍA

Billman, H., Hottinger, L. and Oesterle, H. 1980. Neogene to recent Rotaliid foraminifera from the Indopacific Ocean; their Canal system, their classification and their stratigraphic use. *Schwizerische Pal ontologische Abhandlungen*, 101, 71–113.

Boix, C., Villalonga, R., Caus, E. and Hottinger, L. 2009. Late Cretaceous rotaliids (Foraminiferida) from the Western Tethys. *Neues Jahrbuch für Geologie und-Abhandlungen*, 253, 197–227.

Hottinger, L., Halicz, E. and Reiss, Z. 1991. The foraminiferal genera Pararotalia, Neorotalia and Calcarina: taxonomic revision. *Journal of Paleontology*, 65, 18–33.

Hottinger, L. (2001). Learning from the past. En Levi-Montalcini, R. (ed.), *Frontiers of Life 4*. Discovery and spoliation of the Biosphere. Academic Press, San Diego, 449–477.

Hottinger, L. 2014. *Paleogene Larger Rotaliid Foraminifera from the Western and Central Neotethys*. Springer, 191 pp.

Revets, S. A. 1993. The foraminiferal toothplate, a review. *Journal of Micropaleontology*, 12, 155–168.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LOS BIVALVOS Y MICROBIALITAS ASOCIADAS DE LA SECCIÓN DE LAS ZABACHERAS (SUBCUENCA DE GALVE, TERUEL, ESPAÑA)

G. Delvene[1], R. Royo-Torres[2], R.P. Lozano[1], M. Munt[3] y L. Alcalá[2]

[1] Museo Geominero. Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas 23. 28003 Madrid. g.delvene@igme.es
[2] Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis/Museo Aragonés de Paleontología. Avda. Sagunto s/n. 44002 Teruel.
[3] Dinosaur Isle Museum, Culver Parade, Sandown, Isle of Wight, PO36 8QA. martin.munt@iow.gov.uk

RESUMEN

Este trabajo trata sobre los bivalvos de la sección de Las Zabacheras (subcuenca de Galve, Teruel) desde los puntos de vista taxonómico y paleoautoecológico, así como las microbialitas asociadas a los mismos. Se ha muestreado la Formación Villar del Arzobispo desde su contacto con la Formación Higueruelas, hasta los primeros niveles de la Formación El Castellar incluidos. Los taxones determinados tienen afinidad jurásica, que apunta hacia un posible límite Jurásico Superior-Cretácico Inferior para el techo de la Fm. Villar del Arzobispo. En la sección se diferencia un sector correspondiente a un ambiente marino, y otro, más continental hacia techo, que termina en las facies "Weald" de la Fm. El Castellar. Hemos reconocido niveles de oncoides en ambos ambientes; los estudios geoquímicos en proceso, tanto los análisis del contenido en elementos traza como los análisis de isótopos estables $\delta^{13}C$ y $\delta^{18}O$, determinarán las condiciones en las que fueron formadas las microbialitas asociadas a los bivalvos y podrán aportar datos sobre las condiciones ambientales de ambos registros.

Palabras clave: Moluscos, microbialita, Fm. Villar del Arzobispo, Jurásico Superior, Cretácico Inferior.

ABSTRACT

Bivalves and their associated microbialites from the Villar del Arzobispo Formation at Las Zabacheras (Galve Sub-basin, Teruel), are reviewed from both taxonomical and palaeoauthoecological perspectives. For this study the Villar del Arzobispo Formation was sampled from the boundary with the underlying Higueruelas Formation, to the first levels of the overlying El Castellar Formation. The bivalve taxa have Upper Jurassic affinity, pointing to a possible Jurassic-Cretaceous boundary towards the top of the Villar del Arzobispo Formation. Evidence from the lower parts of the section indicates deposition in marine conditions, becoming more continental towards the top of the formation, with a "Weald" facies in the El Castellar Formation. We have sampled oncoids from both the marine and non-marine deposits. In progress geochemical trace elements studies of stable isotope analysis $\delta^{13}C$ and $\delta^{18}O$, of the oncoids will enable us to determine the conditions in which the microbialites formed, and provide further palaeoenvironmental data from both the marine and non-marine deposits.

Key words: Molluscs, microbialite, Villar del Arzobispo Fm, Upper Jurassic, Lower Cretaceous.

INTRODUCCIÓN

La sección de Las Zabacheras engloba el yacimiento clásico de Las Zabacheras, publicado previamente como La Carretera por Fernández-Galiano en 1958 y que dio lugar a la descripción del primer nuevo dinosaurio de España, *Aragosaurus ischiaticus* (Sanz *et al.*, 1987). En el año 2014 fue excavado por el equipo de la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel-Dinópolis, que localizó el nivel original (pues se hallaba cubierto por escombros), y encontró nuevos huesos de *Aragosaurus*, icnitas, polen y bivalvos fósiles (Royo-Torres *et al.*, 2014a). En el contexto de conocer mejor su paleobiodiversidad, se ha muestreado la sección completa, en la que los bivalvos son el grupo de organismos bentónicos más abundante. El muestreo se ha realizado desde el techo de la Formación Higueruelas hasta la parte basal de la Formación El Castellar. Los objetivos de este trabajo son, por un lado, estudiar el registro de bivalvos de la sección de Las Zabacheras, aportando los datos taxonómicos y paleoautoecológicos correspondientes, y compararlo con el registro de bivalvos en otras cuencas de similar edad geológica; y, por otro lado, describir las microbialitas asociadas a algunos de los bivalvos registrados y plantear la base de trabajo para la futura reconstrucción ambiental fundamentada en el análisis de elementos traza e isótopos estables $\delta^{13}C$ y $\delta^{18}O$.

MARCO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

La sección de las Zabacheras se sitúa en el término municipal de Galve, dentro de la Comarca Comunidad de Teruel de la provincia de Teruel y en el Maestrazgo UNESCO Global Geopark (Parque Cultural del Maestrazgo).

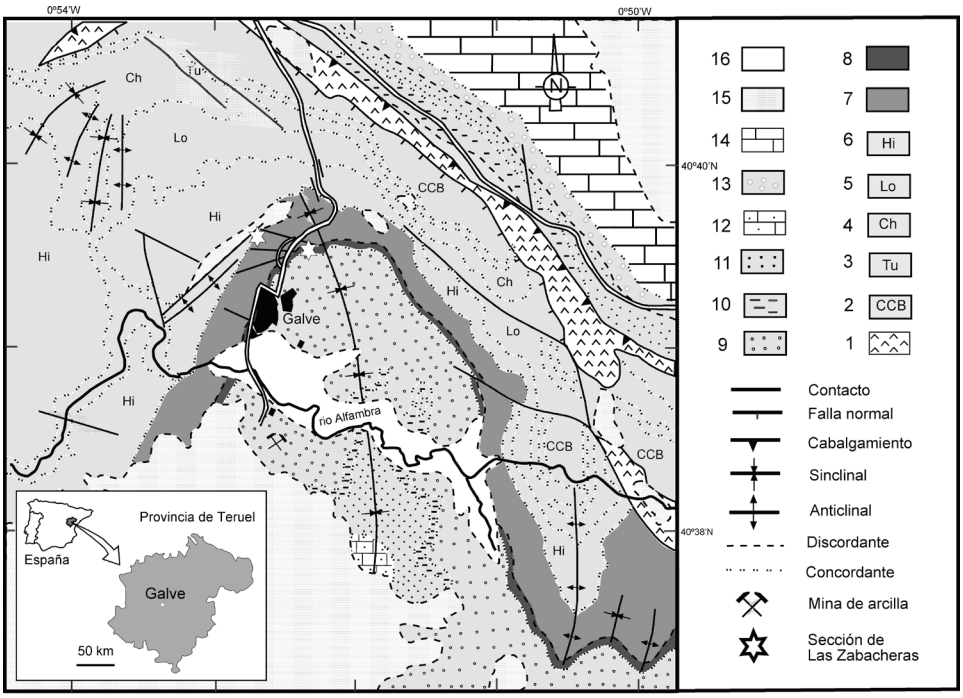


Figura 1. Mapa geológico del sinclinal de Galve indicando la sección de Las Zabacheras. Tomado de Royo-Torres *et al.* (2014): 1, Triásico Superior (facies Keuper), 2, Formaciones Cortes de Tajuña, Cuevas Labradas y Barahona, 3, Formación Turmiel, 4, Formación Chelva, 5, Formación Loriguilla, 6, Formación Higueruelas, 7, Formación Villar del Arzobispo, 8, Formación El Castellar, 9, Formación Camarillas, 10, Formación Artoles, 11, Formación Morella, 12, Formación Areniscas de las Parras de Martín, 13, Formación Utrillas, 14, Cretácico Superior, 15, Cenozoico, 16, Cuaternario.

Desde el punto de vista geológico se encuentra en la Cuenca del Maestrazgo, concretamente en la Subcuenca de Galve (Figura 1). El muestreo de fósiles se ha centrado en la Formación Villar del Arzobispo de la sección Las Zabacheras. Los bivalvos se encuentras en los tramos carbonatados y en los tramos terrígenos, alternancia característica de esta Formación (Mas *et al.*, 1984). La Formación Villar del Arzobispo es una unidad mixta que ha sido interpretada como depositada en una plataforma carbonática interna que evolucionó hacia sistemas mixtos siliciclásticos-carbonáticos costeros e incluso continentales Mas et al., 2004). Los niveles siliciclásticos se interpretan como propios de una llanura deltaica en la que dominaban los procesos fluviales, aunque también estuvo afectada por las mareas. Los canales de la llanura deltaica pertenecían a un sistema múltiple, distribuidor de baja sinuosidad, y estuvieron sometidos a frecuentes avulsiones (Díaz-Molina y Yébenes, 1987).

REGISTRO FÓSIL

El muestreo realizado a lo largo de la sección de Las Zabacheras ha dado lugar a un número discreto de fósiles bivalvos, moderadamente bien conservados y cuya distribución se indica en la Figura 2. Los primeros niveles de calizas (ZB-Unidad 2-1), suprayacentes al contacto con la Fm. Higueruelas con contenido fosilífero, presentan algunos ejemplares articulados de la especie *Ceratomya excentrica* Roemer. Aunque el número de ejemplares es escaso, la presencia de este bivalvo infaunal del Orden Pholadomyida indica que estos niveles corresponden a un ambiente marino. Inmediatamente por encima, los estratos de calizas (ZB-Unidad 2-2) contienen equinodermos y algunos ejemplares articulados de *Unicardium* cf. *subregulare* d´Orbigny, del Orden Lucinida. La parte superior de estos estratos está formada por calizas arenosas (ZB-Unidad 2-3) con restos aislados de "ostreidos" no determinables, valvas aisladas y ejemplares articulados de un representante del Orden Trigoniida. Este último registro se ha adscrito a la especie *Laevitrigonia gibbosa* (J. Sowerby) de manera provisional, teniendo en cuenta que este grupo de "trigónidos" se encuentran en revisión taxonómica. Las categorías taxonómicas de orden siguen a Carter *et al*. (2011), que es la más reciente clasificación de bivalvos aceptada por la comunidad científica hasta la fecha. La asociación faunística parece indicar un ambiente de agua salada. A continuación, y hacia techo, se encuentran unos niveles de calizas arenosas (ZB-Unidad 2-4) con oncoides (2 a 5 cm en su máxima dimensión). Algunos de los oncoides replican fielmente la morfología externa de la concha de bivalvos. Sin embargo, no replican ningún tipo de ornamentación ni característica diagnóstica, siendo imposible asignarlas a un taxón concreto. Hasta casi el techo de la unidad (ZB-Unidad 2-5), la fauna presente continúa estando formada por fragmentos de ostreidos y "trigónidos" atribuibles a la especie antes mencionada.

El último tramo de la sección (ZB-Unidad 3) culmina con una concentración excepcional de valvas aisladas de gran tamaño, envueltas externa e internamente por una gruesa cubierta microbialítica (0,5 – 2 cm de espesor). En su máxima longitud, los oncoides miden entre 11 y 15 cm. Todos los oncoides presentan núcleos formados por valvas aisladas de bivalvos. Hasta el momento no se han encontrado ejemplares articulados y el número de valvas izquierdas y derechas es similar. Algunas de las microbialitas han conservado el "negativo" de ornamentación en chevron, propia de algunos bivalvos. En niveles laterales equivalentes, se han recuperado bivalvos de agua dulce con este mismo tipo de ornamentación, perfectamente correlacionables con estos niveles de grandes oncoides. Dichos bivalvos se encuentran en estudio, pero por su tamaño y ornamentación parecen ser característicos de medios continentales y afines a los bivalvos del orden Unionoida del Kimmeridgiense de Asturias en la Formación Lastres, recientemente publicados por Delvene *et al*. (2016). Además este tipo de ornamentación también está presente en algunos ejemplares recogidos en las capas de la misma facies de la Formación Villar del Arzobispo en el yacimiento de Barrihonda-El Humero de Riodeva, Teruel (Delvene *et al.,* 2013).

Por encima, una discontinuidad marca el límite inferior de la siguiente unidad litoestratigráfica, la Fm. El Castellar (Royo-Torres *et al*., 2014b), en cuyos niveles carbonatados se tiene un registro de valvas aisladas (derechas e izquierdas en igual proporción) de la especie *Teruella gautieri* Mongin (ZB-Unidad 4).

MICROBIALITAS ASOCIADAS A LOS BIVALVOS

Los oncoides y microbialitas asociados a los bivalvos fueron cortados y pulidos. Las secciones resultantes han sido escaneadas para seleccionar los sectores más apropiados para realizar láminas delgadas, observadas con lupa

binocular, microscopio petrográfico y electrónico. Las muestras para analizar los elementos traza e isótopos estables $\delta^{13}C$ y $\delta^{18}O$ están actualmente en proceso.

Los oncoides de menor tamaño contenidos en la ZB-Unidad 2-4 (Figura 2), presentan la morfología típica de valvas desarticuladas y unas dimensiones ente 1,5 y 4,3 cm. Algunas de ellas son los recubrimientos convexos de las valvas aisladas pero, en otros casos, consisten en conjuntos de microbialitas convexas y cóncavas, donde ha colapsado completamente la antigua concha por disolución (Astibia *et al*., 2012). El carbonato de la microbialita está muy alterado formando parches de color amarillo que afectan a gran parte de la misma. En algunos ejemplares se observan también mineralizaciones de color negro, debidas a óxidos de Mn, situadas en las bandas de las microbialitas. Los ejemplares más frescos conservan el típico color marrón caramelo de la microbialita. El desarrollo microbialítico, a diferencia de los ejemplares grandes descritos más abajo, es mayor en la parte cóncava que en la convexa. La concha se disolvió y se rellenó posteriormente por calcita blanca espática (diagenética). El perfil de la antigua concha no es tan claro como el observado en los ejemplares de mayor tamaño del tramo ZB-Unidad 3.

En general, en los grandes oncoides registrados en ZB-Unidad 3 (Figura 2), el desarrollo microbialítico de la parte convexa (la externa) es mayor que el producido en la parte cóncava (la interna), de modo similar al observado por Leifender y Hartkopf-Fröder (1990). El máximo desarrollo de la microbialita convexa se produce en la zona del umbo y coincide con el mínimo grosor de la microbialita de la parte cóncava. En el extremo opuesto, es decir, en la zona postero-ventral del bivalvo, el grosor de la microbialita es similar interior y exteriormente. Las microbialitas suelen comenzar con láminas planas o ligeramente onduladas que dan paso a una tendencia cada vez más microcolumnar y microdómica, con ramificaciones groseras. En cada microbialita pueden reconocerse 2 o 3 "sets" con la base ondulada seguida del desarrollo microdómico-columnar. En este último dominio, la porosidad primaria consiste en los huecos existentes entre las microcolumnas y puede representar del 10 al 40 % del volumen de la microbialita. Esta porosidad está rellenada totalmente por material detrítico fino y por calcita espática de color blanco (diagenética).

La concha original no se ha conservado, debido a su disolución temprana. Esta disolución produjo un hueco inestable que colapsó parcialmente (Astibia *et al*., 2012). Los ejemplares tienen el hueco de la concha colapsado, sobre todo en los sectores cercanos a la apertura de las valvas. Por el contrario, la zona del umbo resistió eficazmente el colapso. Los restos parcialmente colapsados del hueco de la concha se rellenaron diagenéticamente por calcita espática de color blanco. El relleno fue total en los huecos más pequeños (incluyendo la porosidad primaria de la microbialita) pero fue parcial en la zona del umbo, donde no terminó de rellenarse, pudiéndose observar las terminaciones escalenoédricas de los cristales de calcita que tapizan el hueco en una de las secciones.

Algunos rasgos morfológicos de la ornamentación externa de la concha han quedado impresos en la microbialita, que constituye un peculiar modo de conservación de fósiles, en este caso bivalvos, que de otro modo no formarían parte del registro fósil. Algunos ejemplos de este tipo de conservación en bivalvos de agua dulce fueron publicados por Lozano *et al*. (2016a) y de troncos fósiles por Lozano *et al*. (2016b).

CONCLUSIONES

Este estudio preliminar muestra la evolución de la fauna de bivalvos desde el techo de la Fm. Higueruelas, a lo largo de toda la Fm. Villar del Arzobispo, hasta los primeros estratos de la Fm. El Castellar. Predomina una asociación faunística de carácter marino, formado por especies cosmopolitas y con afinidad jurásica en casi toda la sección de Las Zabacheras. Hacia el techo de la unidad, el registro de bivalvos cambia y sus características apuntan a una asociación de bivalvos continentales, claramente cercanos a la fauna descrita recientemente en la Fm. Lastres de Asturias, de edad Kimmeridgiense. Los niveles superiores, pertenecientes a la Fm. El Castellar, corresponden a ambientes claramente continentales, constatados por la presencia de *Teruella gautieri*, especie definida por Mongin (1965) en los materiales del Weald de Mora de Rubielos (Teruel). Aún con la premisa de que los grupos de bivalvos aquí estudiados no son fósiles guía, y no permiten establecer una biozonación, evidencian la afinidad antes mencionada que apunta hacia un posible límite Jurásico Superior-Cretácico Inferior para el techo de la Fm. Villar del Arzobispo. Ello concuerda con la datación de rango Titoniense-Berriasiense propuesta para en el área de Galve en trabajos previos (ver discusión en Royo-Torres *et al*., 2014b). A lo largo de la sección se han reconocido dos niveles de oncoides cuyos núcleos son valvas aisladas de

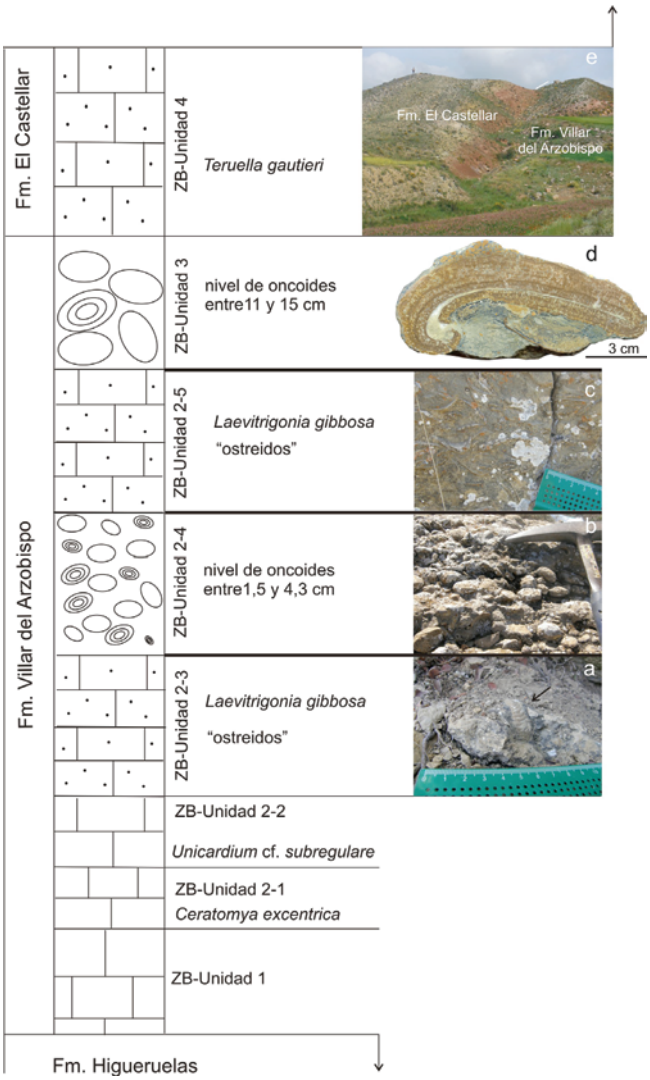


Figura 2. Esquema y fotos de campo, sin escala vertical, mostrando las principales características litológicas y contenido fosilífero de la sección de Las Zabacheras. (a) ejemplar de la especie *Laevitrigonia gibbosa* incluido en la matriz (ZB-Unidad 2-3), (b) oncoides de pequeño tamaño en calizas arenosas (ZB-Unidad 2-4), (c) acumulación de valvas aisladas de "ostreidos" (ZB-Unidad-2-5), (d) sección pulida de un oncoide cuyo núcleo es una valva aislada de bivalvo (ZB-Unidad 3), (e) límite de la Fm. Villar del Arzobispo y Fm. El Castellar, en esta última se encuentra un abundante registro de valvas aisladas de la especie *Teruella gautieri*.

bivalvos, uno de ellos en la parte inferior más marina de la sección y el otro en la parte más continental. Los estudios geoquímicos en proceso, tanto los análisis del contenido en elementos traza como los análisis de isótopos estables $\delta^{13}C$ y $\delta^{18}O$, determinarán las condiciones en las que fueron formadas las microbialitas asociadas a los bivalvos y podrán aportar luz sobre las condiciones ambientales en ambos registros.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo forma parte de los proyectos CGL-2013-42643 P y CGL2013-41295-P-DINOTUR financiados por el Ministerio de Economía y Competitividad del Gobierno de España y del Grupo de Investigación Consolidado E62 FOCONTUR (Departamento de Innovación, Investigación y Universidad del Gobierno de Aragón y Fondo Social Europeo).

Los autores agradecen el apoyo del Departamento de Educación, Cultura y Deporte y del Instituto Aragonés de Fomento del Gobierno de Aragón, del Instituto de Estudios Turolenses de la Diputación Provincial de Teruel y las colaboraciones del Ayuntamiento de Galve y del Instituto Geológico y Minero de España.

REFERENCIAS

Astibia, H., López-Martínez, N., Elorza, J. and Vicens, E. 2012. Increasing size and abundance of microbialites (oncoids) in connection with the K/T boundary in nonmarine environments in the South Central Pyrenees. *Geologica Acta*, 10, 209-226.

Carter, J. G., Altaba, C. R., Anderson, L. C., Araujo, R. L, Biakov, A. S., Bogan, A., Campbell, D. C., Campbell, M., Chen, J.-H., Cope, J.C.W., Delvene, G., Dijkstra, H. H., Fang, Z.-J., Gavrilova, V. A., Goncharova, I., Guzhov A. V., Harries, P. J., Hartman, J. H., Hoeh, W. R., Hylleberg, J., Jiang, B.-Y., Johnston, P., Kirkendale, L., Kleemann, K., Koppka, J., Kříž, J., Machado, D., Malchus, N., Mandic, O., Márquez-Aliaga, A., Masse, J.-P., Middelfart, P. U., Mitchell, S., Nevesskaja, L. A., Özer, S., Pojeta, J., Jr., Polubotko, I. V., Pons, J. M., Popov, S., Sánchez, T., Sartori, A. F., Scott, R. W., Sey, I. I., Sha, J.-G., Signorelli, J. H., Silantiev, V. V., Skelton, P. W., Steuber, T., Waterhouse, J. B., Wingard, G. L., and Yancey, T. 2011. A synoptical classification of the Bivalvia (Mollusca). *University of Kansas Publications, Paleontological Contributions, New Series*, 4, 47 pp.

Delvene, G., Munt, M., Royo-Torres, R., Cobos, A. and Alcalá, L. 2013. Late Jurassic-Early Cretaceous freshwater bivalves from *Turiasaurus riodevensis* bearing strata of Teruel (Spain). *Spanish Journal of Palaeontology*, 28 (2), 161-172.

Delvene, G., Munt, M., Piñuela, L. and García-Ramos, J.C., 2016. New freshwater bivalves from the Jurassic of Spain and their palaeogeographical implications. *Papers in Palaeontology,* 2.1, 1-21.

Díaz-Molina M. y Yébenes A. 1987. La sedimentación litoral y continental durante el Cretácico inferior. Sinclinal de Galve, Teruel. *Estudios Geológicos,* Volumen extraordinario Galve-Tremp, 3-21

Leinfelder, R.R. and Hartkopf-Fröder, C. 1990. In situ accretion mechanism of convavo-convex lacustrine oncoids ("swallow nests") from the Oligocene of the Mainz Basin, Rhineland, FRG. *Sedimentology,* 37, 287-301.

Lozano, R.P., Delvene, G., Piñuela, L. and García-Ramos, J.C. 2016a. Late Jurassic biogeochemical microenvironments associated with microbialite-coated unionids (Bivalvia), Asturias (N Spain). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 443 (2016), 80-97.

Lozano, R.P., Delvene, G., Piñuela, L. y García Ramos, J.C. 2016b (en prensa). Troncos fósiles mineralizados con cubiertas trombolíticas en el Jurásico Superior de Asturias (Norte de España). *Geo-Temas*.

Mas, R., Alonso, A. y Meléndez, N. 1984. La formación Villar del Arzobispo: un ejemplo de llanuras de marea siliciclásticas asociadas a plataformas carbonatadas. Jurásico terminal (NW de Valencia y E de Cuenca). *Publicaciones de Geología de la Universidad Autónoma de Barcelona,* 20, 175–188.

Mongin, D. *in* Gautier, F. and Mongin, D. 1965. Observations stratigraphiques et paléontologiques sur le Wealdien de l´est de la province de Teruel (Espagne). *Bulletin du Muséum National d´Histoire Naturelle*, 2 serie, 37 (1), 192-197.

Sanz J.L., Buscalioni, A.D., Casanovas, M.L. y Santafé J.V. 1987. Dinosaurios del Cretacico Inferior de Galve (Teruel, España). *Estudios Geológicos* Volumen Extraordinario, Galve-Tremp, 45–64.

Royo-Torres, R., Cobos, A., Verdú, F.J., Diez, J.B., Villanueva, U., Más R., Delvene, G., Alcalá, L. y Sanz, J.L. 2014a. Los yacimientos del tránsito Jurásico-Cretácico de Las Zabacheras (Galve, Geoparque del Maestrazgo, Teruel). En: XXX Jornadas de Paleontología de la Sociedad Española de Paleontología (Royo-Torres, R., Verdú, F.J. y Alcalá, L. Eds.) *¡Fundamental!,* 24, 207-210.

Royo-Torres, R., Upchurch, P., Mannion, P., Mas, R. Cobos, A., Gascó, F., Alcalá, L. and Sanz, J.L. 2014b. The anatomy, phylogenetic relationships and stratigraphic position of the Tithonian-Berriasian Spanish sauropod dinosaur *Aragosaurus ischiaticus*. *Zoological Journal of the Linnean Society*, 171 (3), 623-655.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

MORPHOLOGICAL VARIATION IN THE TRILOBITE *MAOTUNIA IDDINGSIS* (WALCOTT, 1911) FROM THE CAMBRIAN SERIES 3 OF NORTH CHINA

J. Esteve[1] and M. García-Ávila[2]

[1] Departamento de Paleontología, Facultad de CC. Geológicas, UCM,
José Antonio Nováis 12, 28040 Madrid, Spain. jorgeves@ucm.es
[2] Asociación Palentolóxica Galega. Campus Universitario "As Lagoas" de Marcosende, Facultad de Biología. 36310 Vigo, Spain.
Manuel.gracia.avila@gmail.com

ABSTRACT

The Cambrian trilobite *Maotunia* shows similitude with other Cambrian trilobites such as to *Mapania* and *Anomocarella*. The main changes to differentiate the hopaspid cranidium of these trilobites deal with different development degree of the plectrum. While *Maotunia* has a poor development of the plectrum, *Mapania* has a very well developed plectrum and *Anomocarella* lacks this feature. A new trilobite assemblage from the same bed with high number of *Maotunia iddingsis* from Shandong Province, North China allows us to perform a new morphological analysis to know the morphological variation in the cranidium. The plectrum development and overall shape of the cranidium have been assessed using geometric morphometric methods. The results show up to three developmental stages within *M. iddingsis*. The analysis shows a continuous development of the preglabellar field from forms without pleglabellar field to forms with preglabellar field and well-developed plectrum and finally with forms with a large preglabellar field but without plectrum. These differences put in evidence the current taxonomy of this genus and relatives, due to some differences are close related with the presence or absence of the plectrum.

Key words: Cranidium, plectrum, ontogeny, arthropods, fossils.

RESUMEN

El trilobites cámbrico *Maotunia* muestra similitudes con otros trilobites Cámbricos tales como *Mapania* y *Anomocarella*. Los principales cambios para diferenciar los craniaidos de los holaspids de estos trilobites se refieren a las diferencias en el grado de desarrollo del plectrum. Mientras que *Maotunia* tienen un plectrum poco desarrollado *Mapania* lo tienen muy bien desarrollado y *Anomocarella* carece de este carácter. Una nueva asociación de trilobites de una misma capa con gran número de ejemplares de *Maotunia iddingsis* en la Provincia de Shandong al Norte de China nos permite llevar a cabo un análisis morfológico y así conocer la variabilidad morfológica del cranidio en estos trilobites. El desarrollo del plectrum así como la forma del cranidio se han evaluado usando morfométria geométrica. Los resultados muestran un desarrollo continuo del área preglabellar desde formas sin área preglabellar a formas con área preglabellar con un plectrum bien desarrollado hasta formas con un campo pregabellar largo pero sin plectrum. Estas diferencias ponen en evidencia la taxonomía actual de este género y géneros emparentados debido a que algunas de las diferencias para diferenciar los cranidios están basadas en el desarrollo o no del plectrum.

Palabras clave: Cranidio, plectrum, ontogenia, artrópodos, fósiles.

INTRODUCTION

Zhang and Jell (1987) erected the genus *Maotunia*, among other morphological features, based on partial or very early development of a plectrum, barely visible glabellar furrows, and a relatively large pygidium, semicircular in shape and often with a slight posteromedian indentation. Zhang and Jell (op. cit) suggested that *Maotunia* gave rise to *Mapania* Resser and Endo *in* Kobayashi, 1935 and *Anomocarella* Walcott, 1905. The genus *Mapania* is very similar, however differs in having a plectrum that reach the anterior lobe of the glabella. However, some species within *Anomocarella* have more resemblance to *Maotunia*, thought *Anomocarella* bears a flat upturned anteriorborder that differs from *Maotunia*. *Maotunia* species are commonly found in the Cambrian strata from North China Platform and so far six species have been included within this genus *Maotunia, M. semiplectra* Zhang and Jell 1987, *M. distincta* (Resser and Endo, 1937), *M. liaotungensis* (Resser and Endo, 1937), *M. blackwelderi* (Resser and Endo, 1937), *M. iddingsis* (Walcott, 1911) and *M. transversa* Yuan *et al*., 2012.

This trilobite group like other Cambrian trilobites (e.g. solenopleurids, alokistocarids) have a difficult taxonomy that deals mainly with the lack of knowledge about its intraespecific and geographical morphological variation. This knowledge begin to be understood by palaeontologists in the last decades and new works fill the gaps allowing better understanding about the morphological variation within different trilobite families (e.g. Hughes, 1994; Hopkins and Webster 2009; Esteve 2014). However the lack of a suitable number of specimens prevent in some cases to carry out an accurate morphological analysis. This fact plays an important role in the erection of new species, Hughes and Labandeira (1995) demonstrated that taxonomic studies based on small numbers of specimens can lead to excessive taxonomic splitting. Thus, the combination of high plasticity of Cambrian trilobites and low numbers of specimens used in the erection of species may have contributed to the recognition of many new genus and species during Cambrian times.

Here we present a new outstanding monospecific assemblage formed by *M. iddingsis* (Walcott, 1911), from a single bed near Feixian in Shandong Province, North China (Fig. 1A). The aim of this work is to assess the morphological variation in the cranidium of this poorly known trilobite and discuss its taxonomical implications.

MATERIAL AND METHODS

About 100 specimens were collected in a single bedfrom the lower part of the *Crepicephalina convex* Zone of the Changhia Formation (Changqingian Stage in the Regional scale, see Yuan *et al*., 2012), in the Yuquanzhuang Section, about 26 km west of Feixian City, Shandong Province, North China (Fig. 1A-B). The Changhia Formation (150-200 m) consists of mainly medium to light grey, thin- to medium-bedded bioclastic and oolitic limestones interbedded with grey-green shale in the lower part; medium to light grey, medium- to thick-bedded bioclastic algal limestones with a few intercalated green shales in the upper part (Fig. 2B). The Changqingian Stage, roughly equivalent to the Drumian Stage (see Zhang 2003, Yuan *et al.,* 2008, 2012). The specimens are preserved as both external and internal moulds in shales without tectonic distortion. Specimens are housed at the Museo de Paleontologia de la Universidad de Zaragoza (MPZ).

Morphological variation in *Maotunia iddingsis* was assessed using geometric morphometric methods (Bookstein, 1991; Zelditch *et al*., 2004). Thirty-five cranidia were oriented for photography (all whitened with NH_4Cl sublimate) in horizontal position and with the posterior border parallel to the posterior margin of the photography field. Landmarks were digitized from photographs of the specimens using the software TpsDig v.2.16 (Rohlf, 1990). A total of 19 landmarks (five along the sagittal axis and 7 pairs on either side of the axis) were chosen that optimize the overall shape of the cranidium while retaining a reasonable sample size (Fig. 1C). All analyses were carried out using the Integrated Morphometrics Package (Sheets, 2003), freely available at http://www3.canisius.edu/,sheets/morphsoft.html. All statistical analyses were performed using warp scores, which are derived from thin-plate spline decomposition(Bookstein, 1991; Zelditch *et al*., 2004). In order to standardize size, orientation and the position of each specimen, and thus the alignment of each landmark, a Procrustes-fitting transformation of data was applied before analyses were executed. Variation within the sample was visually compared using principal component analysis (PCA) of the warp scores. The degree of variation of the sample was measured as within-group variance in Procrustes distance away from the group mean, for this analyses also we used PAST v.2.14 (Hammer *et al*., 2001) obtained the same result.

RESULTS

Principal components analysis (PCA)

The PCA, based on the variance–covariance matrix of the set of Procrustes-fitted landmarks, was carried out to determine the variability of *Maotunia iddingsis*. Figure 1D shows the results from PCA of the morphologically size-standardized cranidia from the sample.PC1 accounts for 26.049% of the total variation and relates primarily to the position of the anterior border, posterolateral projection and occipital ring relative to the rest of the cranidium. PC 2 accounts for 15.896% of the total variation and is related primarily to the lenght of the palpebral lobe to the rest of the cranidium and to the orientation of the anterior facial branch to the sagittal axis. A small proportion of variation between specimens is due to differences in the location of the anterior and posterior facial branches relative to the rest of cranidium (e.g., PC 3, 11.906% and PC4, 9.795 of total variation). The shape of the glabella (between landmark 9 and 10) is fairly uniform throughout the specimens

Thin-plate splines (TPS)

We have used the same set of Procrustes residuals in applying the TPS deformation method to assess variation within a single population of *Maotunia iddingsis*. Generally, as the specimen size gets larger, the procrustes distance also increases, indicating a progressive change in shape away from the juvenile reference form. The plot in the figure 1I shows the procuster distance against the log centroid size. The plot shows three groups of specimens with different slopes. Few specimens with a high slope correspond with small forms, cranidium length between 1.02 and 1.49 mm between alog centroidsize of 5.6 and 6. The second group with a lower slope is between alog centroidsize of 6.4 (equivalent to a cranidium length of 2.3 mm) and 7.1 (equivalent to a cranidium length of 4.79). The last group is represented by horizontal slope with cranidium length up to 11 mm.

The comparison of the mean shape of the specimens from the sample with specimens in the first group shows more differences in the anterior border (landmarks 1 & 12), preglabellar field (landmarks 11 & 12) and posterior branch of the facial suture (landmarks 5 & 6) (Fig. 1I-E). By contrast, a comparison of the mean shape of the sample with small specimens of the second group shows variation in the anterior border (landmarks 1 & 12) (Fig. 1I-F). However, larger specimens in the second group show more difference only in the preglabellar area (landmarks 11 & 12) (Fig. 1I-G). Finally, the comparison of the mean shape of the sample with specimens in the third group again shows differences in anterior border (landmarks 1 & 12), preglabellar field (landmarks 11 & 12) and posterior branch of the facial suture (landmarks 5 & 6) (Fig. 1I-H).

DISCUSSION

The preliminary morphological analysis of *Maotunia iddingsis* shows three different developmental stages that correspond with those three groups seen in the geometric analysis. Specimens with short preglabellar field, narrow anterior border, lack of plectrum and narrow posterior branch of the facial suture characterize the first stage. Specimens of the second stage are close to the mean shape of the sample, the posterior branch of the facial suture reach the juvenile size while the anterior border differs from the mean shape in the smaller specimens and the preglabellar field in the larger specimens. These differences in both features may be related with an allometric trend of the preglabellar area and a very early development of a plectrum. The plectrum is better developed in the smaller specimens while in larger specimens is almost absent. This fact agrees with observation seen in other trilobites such as proetids or ptycopariids (Fortey 1990, Lerosey-Aubril & Feist, 2005). However, the transition between forms with plectrum and forms without plectrum seems to be at early holaspids instead of late merapids. This fact suggest that the development degree of the plectrum is highly variable within this species among juveniles, and most likely in other species within this genus. Therefore, a consideration of this feature should be taken into consideration in future works. The third stage is represented by forms that differ from the mean shape of the sample again in the posterior branch of the facial suture; due to the branch is expanded exsagittally. In addition, the preglabellar field and anterior border shows high variation from the mean shape, mainly due to the lack of plectrum and narrower anterior border. The specimens within this group correspond to mature forms without plectrum and narrow anterior border.

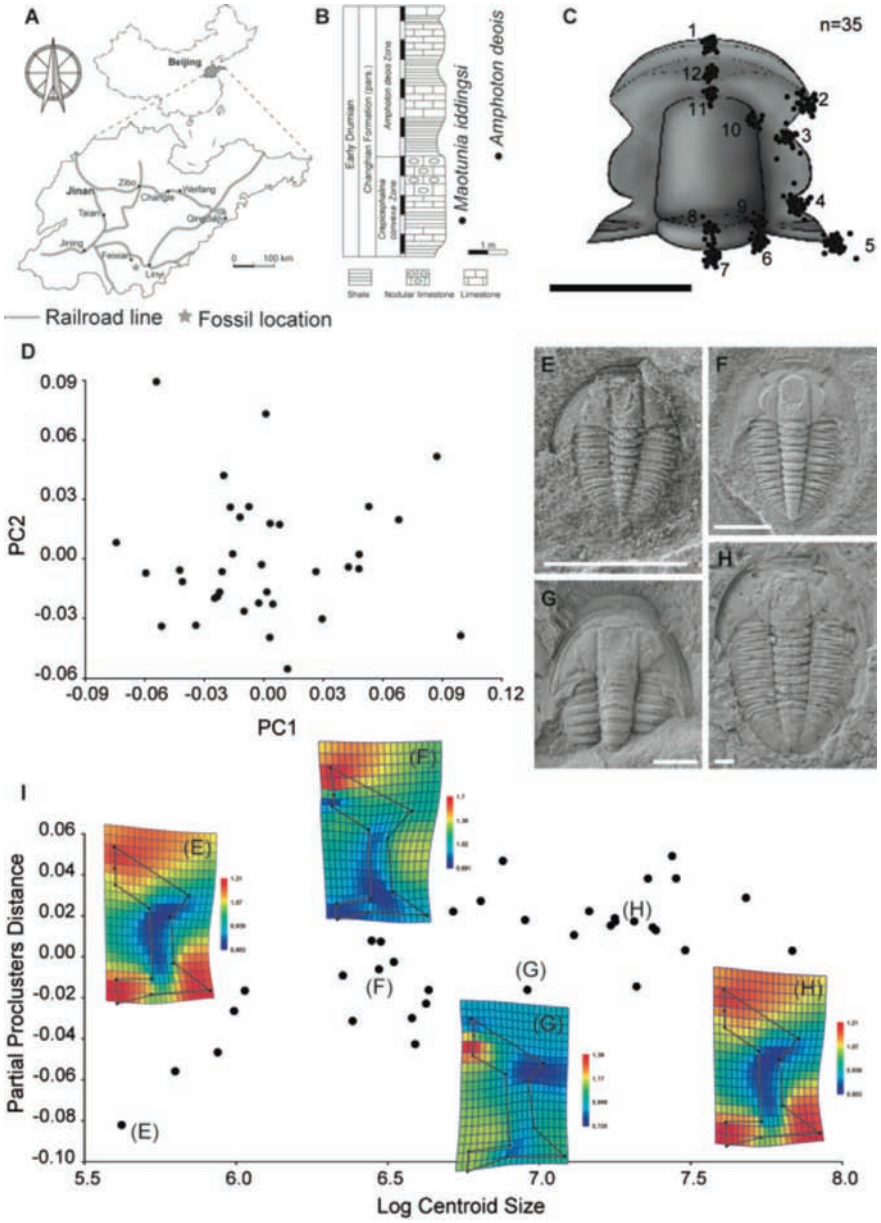


Figure 1. A. Map of China showing the Shandong Province and the location of the Yuquanzhuang Section. B. Stratigraphical column of the Changhia Formation with position of *Maotuniaiddingsis*(Walcott, 1911), *Crepicephalina conveza* Zone. C. Reconstruction of *M. iddingsis* showing chosen landmarks on cranidium andits superimposition. D. Principal components analysis (PCA) of *M. iddingsis,* Changhia Formation, *Crepicephalina convexa* Zone. E-H. *Maotuniaiddingsis*(Walcott, 1911), Changhia Formation, *Crepicephalina convexa* Zone (MPZXXX). I. Partial Procrustes distance of each specimen from themean configuration calculated from the thirty-five specimens against log centroid size. I(E). Thin-plane spline (TPS) deformation from the mean shape of the specimensto specimen in figure E. I(F). TPS deformation from the mean shape of the specimens to specimen in figure F. I(G) TPS deformation from the mean shape of the specimens to specimen in figure G.I(H) TPS deformation from the mean shape of the specimens to specimen in figure H.

CONCLUSIONS

Geometric morphometric analyses of *Maotunia iddingsis* (Walcott, 1911) shows high variation in the anterior border, preglabellar field and posterior branch of the facial suture. These differences are interpreted as variations throughout the ontogeny. It is noteworthy the variation in the preglabellar area and anterior border, as well as the early development of plectrum in juveniles forms and absence of plectrum in mature forms.

The results point out a strong allometric control of these morphological features, however further work comparing with other populations of *M. iddingsis* and other genera will be necessary to assess this putative allometric pattern.

ACKNOWLEDGEMENTS

Jorge Esteve is supported by the Spanish MINECO (Ref. FPDI-2013-17337). This research is a contribution to the project CGL2013-48877-P from Spanish MINECO and EU–FEDER. Trilobite photographs were made by Isabel Pérez from the University of Zaragoza, Spain.

REFERENCES

Bookstein, F.L. 1991. *Morphometric tools for landmark data*. Cambridge University Press, New York, 435 pp.

Esteve, J. 2014. Intraspecific variability in paradoxidid trilobites from the Purujosa trilobite assemblage (middle Cambrian, northeast Spain). *Acta Palaeontologica Polonica,* 59, 215-240.

Fortey, R.A. 1990. Ontogeny, hypostome attachment and trilobite classification. *Palaeontology*, 3, 529-576.

Hammer, Ø. & Harper, D.A.T. 2006. *Paleontological Data Analysis*. Blackwell Publishing, Malden, MA. 351 pp.

Hopkins, M. and Webster, M. 2009. Ontogeny and geographical variation of a new species of the corynexochine trilobites *Zacanthopsis* (Dyran, Cambrian) *Journal of Paleontology*. 83, 524-547.

Hughes, N.C. and Labandeira, C.C. 1995. The stability of species in taxonomy. *Paleobiology,* 21, 401-403.

Hughes, N.C. 1994. Ontogeny, intraspecific variation, and systematics ofthe Late Cambrian trilobite *Dikelocephalus*. *Smithsonian Contributions to Paleobiology,* 79, 1-89.

Kobayashi, T., 1935. The Cambro-Ordovician formations and faunas of South Chosen. Palaeontology. Part 3. Cambrian faunas of South Chosen with a special study on the Cambrian trilobite genera and families. *Journal of the Faculty of Science, Imperial University of Tokyo Section II,* 4, 49-344.

Lerosey-Aubril, R. and Feist, R. 2005. Ontogeny of a new cyrtosymboline trilobite from the Famennian of Morocco. *Palaeontologica Polonica,* 50, 449-464.

Resser, C.E. and Endo, R. 1937. Description of the fossils. *Manchurian Science Museum Bulletin,* 1, 103-301, 370-434.

Rohlf, F.J. 1990. Rotational fit (Procrustes) methods. In F.J. Rohlf & F.L. Bookstein (eds): *Proceedings of the Michigan Morphometrics Workshop, Vol. Special Publication 2,* (pp. 227-236). University of Michigan Museum of Zoology, Ann Arbor, Michigan.

Sheets, H.D. 2003. Integrated Morphometrics Package. CanisiusCollege, Buffalo, New York.http://www3.canisius.edu/~sheets/moremorph.html

Walcott, C.D., 1911. Cambrian geology and paleontology. 2. Cambrian faunas of China. *Smithsonian Miscellaneous Collections,* 7, 69-108.

Yuan, J.L., Li, Y. 2008. Non-agnostoids of Changhian (late Mid Cambrian). Chapter 5. In: Zhou Zhiyi and Zhen Yongyi (eds.) *Trilobite Record of China* (pp. 108-135). Beijing: Science Press.

Yuan, J.L., Li, Y., Mu, X. N., Lin, J. P., Zhu, X. J. 2012. Trilobite Fauna of the Changhia Formation (Cambrian Series 3) from Shandong and adjacent area, North China. *Palaeontographica Sinica. New Series B, 35*. Beijing, Science Press. 758. pp. (in Chinese with English summary).

Zelditch, M., Swiderski, D., Sheets, D.H. & Fink, W. 2004: *Geometric Morphometrics for Biologists*. Academic Press, San Diego, 416 pp.

Zhang, W.T. 2003. Cambrian biostratigraphy of China. In: Zhang Wentang, Chen Peiji, A. R. Palmer (eds.) *Biostratigraphy of China*. Beijing, Science Press, 55-119.

Zhang, W.T. & Jell, P.A. 1987. *Cambrian trilobites of North China. Chinese Cambrian trilobites housed in the Smithsonian Institution*. Beijing, Science Press, 322 pp.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

GEOMETRIC MORPHOMETRIC ANALYSIS IN *ORYCTOCEPHALUS INDICUS* (REED, 1910) FROM CHINA AND *ORYCTOCEPHALUS* "*RETICULATUS*" (LERMONTOVA, 1940) FROM SIBERIA

J. Esteve[1], Y.-L. Zhao[2] and J. Peng[2]

[1] Departamento de Paleontología, Facultad de CC. Geológicas, UCM, José Antonio Nováis 12, 28040, Madrid, Spain. jorgeves@ucm.es
[2] Resources and Environmental Engineering College, Guizhou University, Guiyang 550025, China, zhaoyuanlong@126.com, gzpengjin@126.com

ABSTRACT

Oryctocephalus indicus (Reed, 1910) is the candidate for the base of the provision Cambrian Series 3, Stage 5 and has been found in South China, North Korea, India, USA and possibly North Greenland. This work deals with the geographical variation of this taxon using a bunch of morphometric analysis statistically contrasted. Principal components analysis (PCA) based on a pooled sample of 359 specimens from four sections in the Guizhou Province, South China, suggested a very conservative shape.In addition, we carry out a comparison between the Chinese specimens and *Oryctocephalus* "*reticulatus*" (Lermontova, 1940) from the Molodo Section, Siberia. PCA shows that O. "*reticulatus*" falls within the same morphospace as *O. indicus*. However, the canonical variates analysis and the analysis of similarities detect small differences between the Siberian and Chinese populations, suggesting a minor geographical variation caused by different environmental settings. The results indicate that *O.* "*reticulatus*" is a junior synonym of *O. indicus,* suggesting that the base of *O. indicus* of Siberia can be correlated with the base of *O. indicus* Zone of South China.

Key words: ISCS, oryctocephalids, trilobites, biostratigraphy, correlation.

RESUMEN

Oryctocephalus indicus (Reed, 1910) es el candidato para establecer la base de la Serie 3 del Cámbrico, Piso 5. Este taxón se ha encontrado en el sur de China, Corea del Norte, India y EE.UU. y posiblemente también en Groenlandia. Este trabajo se centra en el estudio de la variación geográfica de este taxón en el sur de China. Para ello se han usado una serie de técnicas de morfometría geométrica y testando los resultados mediante test estadísticos. Un análisis de componentes principales (PCA) usando 259 ejemplares de cuatro secciones de la provincia de Guizhou en el sur de China sugiere que la forma del cranidio en *O. indicus* es poco variable. Además se ha realizado una comparativa entre los ejemplares chinos y *Oryctocephalus* "*reticulatus*" (Lermontova, 1940) de la Sección del rio Molodo en Siberia. El PCA muestra como *Oryctocephalus* "*reticulatus*" cae dentro de la variabilidad morfología de *O. indicus*. Sin embargo, el análisis de canónicas y de similitudes encuentra pequeñas diferencias entre los ejemplares siberianos y chinos, lo que sugiere una pequeña variación geográfica entre ambas poblaciones causadas también por distintos ambientes de sedimentación. Los resultados indican que *O.* "*reticulatus*" es un sinónimo menor de *O. indicus,* lo que facilitara la correlación entre el sur de China y Siberia.

PALABRAS CLAVE: ISCS, oryctocephalidos, trilobites, bioestratigrafía, correlación.

INTRODUCTION

The International Subcommission on Cambrian Stratigraphy (ISCS) is currently working towards defining the base of the Cambrian Series 3 and Stage 5. The First Appearance Datum (FAD) of the oryctocephalid trilobite *Oryctocephalus indicus* (Reed, 1910) has been chosen for defining the base of the Cambrian Series 3 and Stage 5. However, the GSSP has not been chosen yet. This taxon has been found from India (Jell & Hughes, 1997), North Korea (Saito, 1934), South China (Yuan *et al*., 2002; Zhao *et al.,* 2006), western USA (Sundberg and McCollum, 2003), and possibly North Greenland (Geyer and Peel, 2011). In addition in Siberia is defined the taxon *Oryctocephalus reticulatus* which resemblance to *O. indicus*. Korovnikow (2006) suggested that *Oryctocephalus reticulatus* (Lermontova, 1940) was a junior synonym of *O. indicus latus* Yuan *et al.* (2002). This subspecies of *O. indicus* was a misinterpretation of some specimens from Kali with transversal elongation (see Sundberg *et al.,* 2011). Nonetheless, the resemblance of the specimens collected in Siberia of *O. indicus* was discussed by Korovnikow (2006) and Zhao *et al.* (2006). However, there has been no study compare the morphology of both taxa to assess whether they are, or not, the same. Sundberg *et al.* (2011) pointed out the differences of the type material of *O. reticulatus* and the specimen from the Molodo Section in Siberia (see Shabanov *et al*., 2008). Therefore, until there has been a revision of the type material and description of more specimens from the type locality we prefer to refer these specimens as *Oryctocephalus "reticulatus"*. Discrimination between intraspecific variation and interspecific disparity is crucial for identifying species, in particular when there is a variation among spatially segregated localities (geographic variation). In addition, it is necessary to take into account non-biological sources of variation, such as environmental factors, taphonomic alterations and time averaging. The main goal of this work is twofold: i) to assess the morphological and geographical variation of *Oryctocephalus indicus* from these four sections in South China (Fig. 1A), and ii) to assess the morphology of *Oryctocephalus "reticulatus"* (Lermontova, 1940) from the Molodo River Section (Fig. 1B) in order to compare it with *O. indicus* from the Kaili Formation.

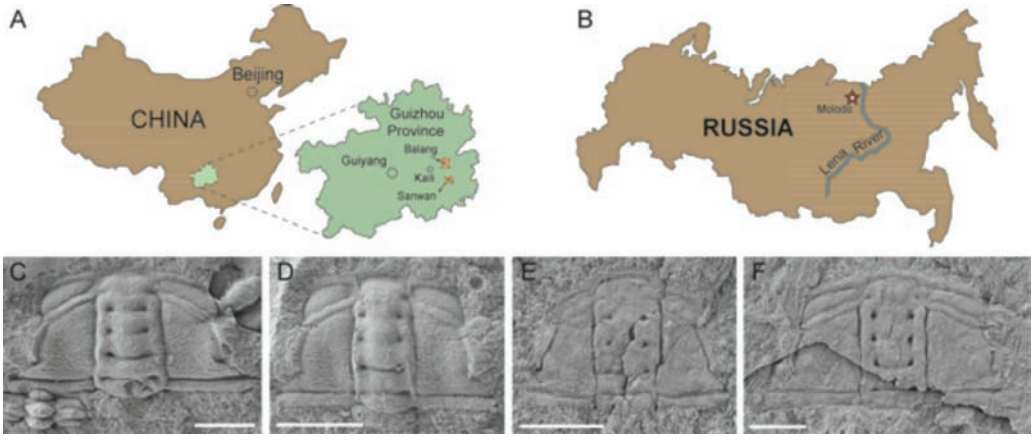


Figure 1. A-B. Geographical setting. A. Map of china showing the Guizhou Province and location of the studied areas. A. Map of Russia showing the location of the Molodo River Section. C-D. *Oryctocephalus indicus* (Reed, 1910) from the Kaili Formation. E-F. *Oryctocephalus indicus* (Reed, 1910) [=*Oryctocephalus "reticulatus"* (Lermontova, 1940)] from Siberia.

MATERIAL AND METHODS

Trilobites

About 2,500 specimens from 4 sections from South China,but only the best preserved specimens (i.e. without shearing, longitudinal or transversal elongation) were selected for studying theintraspecific variation of the species: 1) Wuliu-Zengjiayan Section: 32 specimens; 2) Miaobanpo Section: 55 specimens; 3) Jianshan Section: 7 specimens; 4) Sanwan Section: 15 specimens. Fifty specimens from the Molodo Section, Siberia, but only 14 specimens from a layer 6 cm thickwere chosen for the morphometric analysis. All the specimens are housed at the Paleontological collection.

Geometric morphometric and geographical variation

Morphological variation in *Oryctocephalus indicus* was assessed using geometric morphometric methods. One hundred nine cranidia from South China were used for the analysis. The cranidia were oriented for photography (all whitened with NH_4Cl sublimate)in horizontal position and with the posterior border parallel to the posterior margin of the photography field. Landmarks were digitized from photographs of the specimens using the software TpsDig v.2.16. A total of 26 landmarks (four along the sagittal axis and 11 pairs on either side of the axis) were chosen that optimize the overall shape of the cranidium while retaining a reasonable sample size. The data were exported directly to the software PAST v.2.14 for the statistical treatment of the set of landmark coordinates (x, y). When digitizing landmarks, the specimens usually have different sizes and are present in different positions and rotations within the measuring equipment. In order to standardize size, orientation and the position of each specimen, and thus the alignment of each landmark, a procrustes-fitting transformation of data was applied before analyses were executed. The resulting coordinates after fitting are called Procrustes coordinates. To calculate the deviation of each coordinate from the mean shape, we subtracted the full Procrustes mean and obtained the Procrustes residuals for each landmark. Variation within and between samples was visually compared using principal component analysis (PCA) of the warp scores. Canonical variates analysis of the warp scores and a bootstrapped F-test of Procrustes coordinates were used to test for significant differences between samples (Zelditch *et al*., 2004). We used a bootstrapped F-test because it does not assume an isotropic normal distribution of landmarks around the mean; visual inspection of the variation around each landmark after Procrustes superimpositionindicates that such an assumption is not met by these data. In order to compensate for the multiple comparisons made using the bootstrapped F-test, we applied a Bonferroni correction to the critical p-value. The degree of variation in each sample was measured as within-group variance in Procrustes distance away from the group mean. In order to test for the difference of all multivariate samples we carried out a Multivariate Analysis of Variance (MANOVA) and Canonical Variates Analysis (CVA).

RESULTS

The figure 2A shows the results from PCA of the morphologically size-standardized cranidia from the four sections of South China. PC1 accounts for 38.246% of the total variation and relates primarily to the position of the anterior border, posterolateral projection and occipital ring relative to the rest of the cranidium (Fig. 2C). PC 2 accounts for 12.836% of the total variation and is related primarily to the width of the palpebral lobe compared to the rest of the cranidium and to the orientation of the anterior branch of the facial suture to the sagittal axis (Fig. 2D). A small proportion of variation between specimens is due to differences in the location of the anterior and posterior facial branches relative to the rest of cranidium (e.g., PC 3, 10.933% of total variation, Fig. 2E). The MANOVA and CVA provide two canonical variates which are statistically significant discriminators of samples (Wilk's lambda: 0.2606, df: 71; df2: 240.1; F: 1.748; p-value: 0.0007149; Pilai trace: 1.067; df1: 78; df2: 246; F: 1,435; p-value: 0.0007454).

The addition of *O. "reticulatus"*shows the overlap of the specimens that fell within the variability of *O. indicus* from China (Fig. 2B). In the second PCAthe PC1 accounts for 38.831% of the total variation and relates primarily to the placement of the anterior branch of the facial suture, and the posterolateral projection and occipital ring relative to the rest of the cranidium (Fig. 2F). PC 2 accounts for 13.219% of the total variation and is related primarily to the width of the palpebral lobe to the rest of the cranidium and to the orientation of the anterior branch of the facial suture

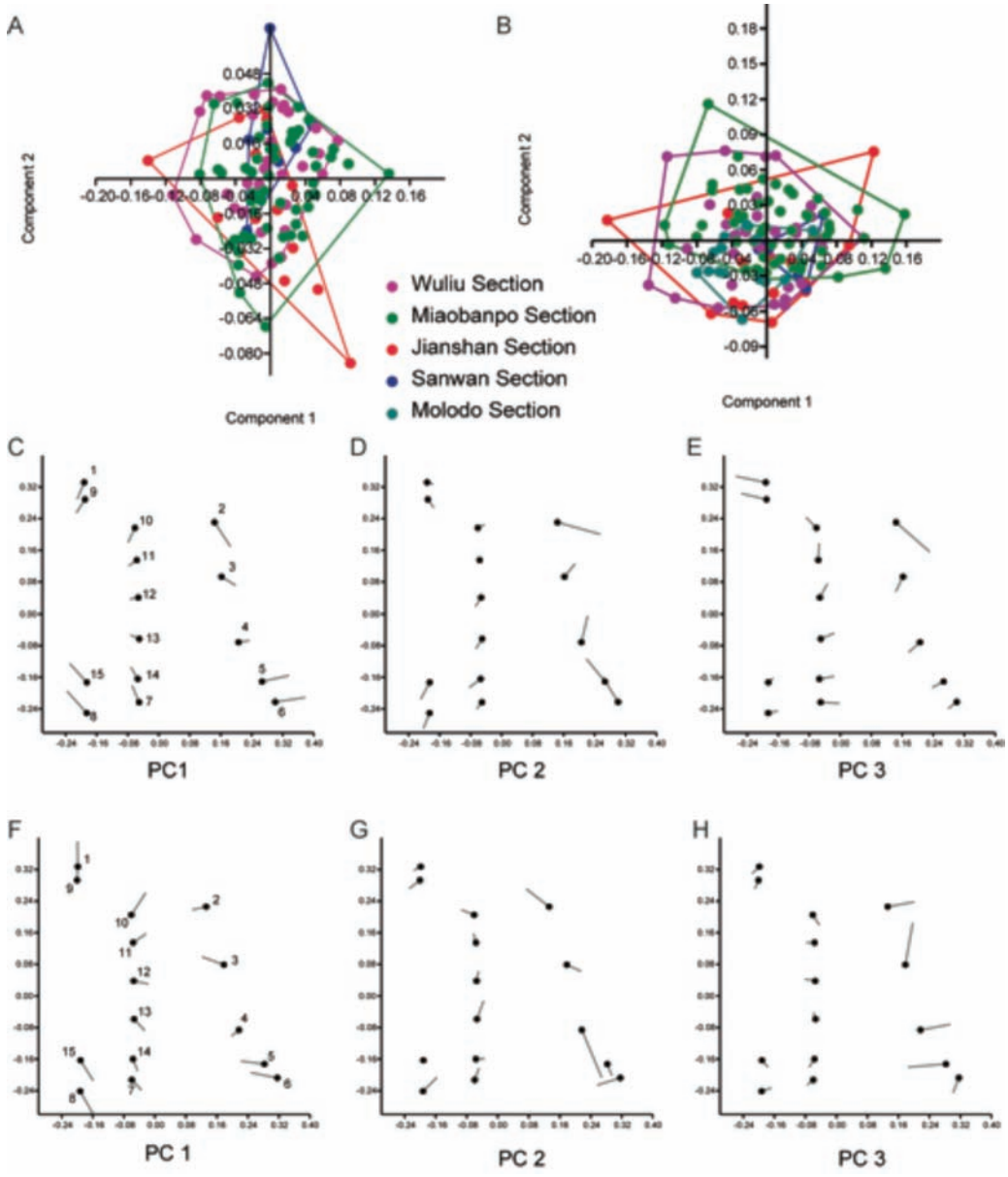


Figure 2. A. Principal components analysis (PCA) of *Oryctocephalus indicus* (Reed, 1910) from the Kaili Formation. B. PCA including *Oryctocephalus indicus* (Reed, 1910) [=*Oryctocephalus "reticulatus"* (Lermontova, 1940)] from Siberia. D-E. Shape deformation graph of *Oryctocephalus indicus* (Reed, 1910) from the Kaili Formation. F-H. Shape deformation graph of *Oryctocephalus indicus* (Reed, 1910) [=*Oryctocephalus "reticulatus"* (Lermontova, 1940)] from Siberia. (See text for details).

to the sagittal axis (Fig. 2G). A small proportion of variation between specimens is due to differences in the location of the anterior and posterior branches of the facial suture relative to the rest of cranidium (e.g., PC 3, 8.5385% of total variation, Fig. 2H). Two canonical variates are statistically significant discriminators of samples (Wilk's lambda: 0.2687, df: 52; df2: 146; F: 2.609; p-value: 3.624E-06; Pilai trace: 0.9479; df1: 52; df2: 148; F: 2.564; p-value: 5.048E-06).

DISCUSSION

According to the PCA there is a considerable overlap in the shape and a relatively small variation in the Kaili specimens. However, some degree of variation is detected in specimens from the Sanwan and Jianshan sections. This variation mainly concerns the shape of posterior branch of the facial suture. MANOVA and CVA suggest very small variation among populations; the results of these analyses suggest that the variation of concerns the shape of posterior branch of the facial suture, which it is controlled by distortion and compression rather than intraspecific variability. The Wuliu-Zengjiayan, Miaobanpo and Jianhan sections are situated relatively close to each other. The Shanwan Section is, however, located towards the outer parts of the basin in deeper waters. Thus, the differences seen in *O. indicus* from the Shanwan Section could be environmentally controlled.Although PCA of *O. "reticulatus"* shows also that this species occupies the same morphospace as *O. indicus* from the Kaili Formation, CVA suggests a smalldifference shown by *O.* "*reticulatus*". However, given that *O. "reticulatus"* comes from black shales from deeper water of Siberia and the specimens show a lower rank distance compared with the Chinese specimens, these differences likely reflect different environments. These differences support the geographical variation seen in the CVA and ANOSIM but also point out different types of preservation due to more flattening and less distortion of the Siberian specimens. Zhao et al. (2006) also suggested that the type specimen of *O. reticulatus* (*Oryctocephalina reliculata*) has a much more curved anterior border, however the specimens of *O. "reticultus"* collected in the Molodo Section do not show important differences in such feature among holaspid specimens, compared to the type of *O. reticultus*. But meraspid specimens of *O. "reticulus"* show an evenly curved anterior border compared with the Chinese specimens. In addition, the type material is represented by a single cranidium and a revision of the type material should be carried out to know whether the specimens assigned to *O. "reticulatus"* belong to this species. In the case that the type material was different from those population shown by Shabanov *et al.* (2008) or here, the species *O. reticulatus* will be valid and these other populations may belong in *O. indicus*. On the other hand, *O. "reticulatus"* has one transglabellar furrow in most specimens. The preservation of the *O. indicus* in mudstones compared to *O. reticulata* in shale may explain the lack of such furrow. However, the taphonomy study is out of the scope of this report. Preliminary work by Fred Sundberg (personal communication, 2015) points out that preservation in mudstones or shales does not have any influence on the preservation of the glabellar furrow. However, this preliminary study does not take into consideration other taphonomic attributes such as degree of fracturing or disarticulation. Zhao *et al.* (2015) showed how such taphonomic attributes play an important role in the preservation of glabellar furrows. Further work is necessary to assess the variation of the glabellar furrows, out of the scope of this work.

CONCLUSIONS

Our work shows how the variation of *O. indicus* in four sections from South China is very small.Deformation caused by tectonics and/or compaction is insignificant in the specimens selected for analysis, with exception of the posterolateral projection and occipital ring that suffered more variation. The morphological analysis also shows that *O. "reticulatus"* has the same variation seen in *O. indicus* from South China, suggesting that *O. "reticulatus"* is a junior synonym of *O. indicus.* The differences in the transglabellar furrows can be relatedwith different taphonomic processes. However, CVA and ANOSIMshow differences probably reflecting different depositional environments, what can cause also biological differences in the presence of transglabellar furrows.This synonym has an important consequence for international correlation due to now a more straightforward correlation between South China and Siberia is possible.

ACKNOWLEDGEMENTS

JE is supported by the Spanish MINECO (Ref. FPDI-2013-17337). This research is a contribution to the project CGL2013-48877-P from Spanish MINECO and EU–FEDER ZYL and JP are funding by the Major State Basic Research Development Program of China (973 Program (NO:2013CB835002and 2015 FY310100), National Natural Science Foundation of China (40762018, 41362002, 41172005,41330101).We thank to Fred Sundberg his thoughtful suggestions that improved this manuscript.

REFERENCES

Geyer, G. and Peel, J.S. 2011. The Henson Gletscher Formation, North Greenland, and its bearing on the global Cambrian Series 2-Series 3 boundary. *Bulletin of Geosciences,* 86, 465-534.

Jell, P.A. and Hughes, N.C. 1997. Himalayan Cambrian trilobites. *Special Papers in Palaeontology, 58*, 1-113.

Korovnikow, I.V. 2006. Lower-middle Cambrian boundary inopen shelf facies of Siberian platform. *Palaeoworld*, 15, 424-430.

Lermontova, E.V. 1940.KlassTrilobita. 112-193, pl. 35- 49 in Vologdin, A.G. (ed.), *Atlas rukovodyashchikh form iskopaemykh faun SSSR. Tom 1 Kembriy*. Gosudarstvennoe Izdatel'stvo Geologicheskoy Literatury, Moscow.

Reed, F.R.C. 1910. The Cambrian fossils of Spiti. *Palaeontologia Indica Series 15*, 7, 1-70.

Saito, K. 1934. Older Cambrian Trilobita and Conchostraca from north-western Korea. *Japanese Journal of Geology and Geography, 11*, 211-237

Shabanov, Yu.Ya, Korovnikov, I.V., Pereladov, V.S. and Fefelov, A.F. 2008: The traditional Lower-Middle Cambrian boundary in the Kuonamka Formation of the Molodo River section (the southeastern slope of the Olenek Uplift of the Siberian Platform) proposed as a candidate for GSSP of the lower boundary of the Middle Cambrian and its basal (Molodian) stage, defined by the FAD of *Ovatoryctocara granulata*. 8-59 in Rozanov, A.Yu., Varlamov, A.I., Parkhaev, P.Yu. and Pak, K.L. (eds), *The Cambrian System of the Siberian Platform, Part 2: North-east of the Siberian Platform*. Palaeontological Institute, Moscow.

Sundberg, F.A. and McCollum L.B. 2003. Early and Mid Cambrian trilobites from the outer-shelf deposits of Nevada and California, USA. *Palaeontology,* 46, 945-986.

Yuan, J.L., Zhao, Y.L., Li Yue and Huang, Y.Z. 2002. *Trilobite fauna of the Kaili Formation (uppermost Lower Cambrian-lower Middle Cambrian) from southeastern Guizhou, south China.* Shanghai Science and Tecghnology Publishing House, Shanghai.

Zhao, Y.L., Esteve, J., Yuan, J.L., Peng, J. and Sun H.J. 2015. Tahonomy and morphology variation of *Oryctocephalusindicus* from China, Russia and USA. 430, in: Gülli, E. andPiller, W.E. (eds), 2nd International Congress on Stratigraphy. Strati 2015.

Zhao, Y.L., Yuan, J.L., Peng, S.C., Yang, X.L., Peng, J., Lin, J.P. and Guo, Q.J. 2006. A restudy of *Oryctocephalus indicus* (Reed, 1910). *Progress in Natural Science, 16*, 1177-1182.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LOS NANOFÓSILES CALCÁREOS DEL JURÁSICO INFERIOR DE LA SECCIÓN DE E RODILES (ASTURIAS, ESPAÑA). IMPLICACIONES BIOESTRATIGRÁFICAS Y PALEOECOLÓGICAS

A. Fraguas[1], M.J. Comas-Rengifo[1], A. Goy[1] y J.J. Gómez[2]

[1] Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Avenida José Antonio Novais, 2, 28040, Madrid, arfragua@geo.ucm.es, mjcomas@geo.ucm.es, agoy@geo.ucm.es
[2] Departamento de Estratigrafía, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, Avenida José Antonio Novais, 2, 28040, Madrid, jgomez@geo.ucm.es

RESUMEN

Se han recogido 129 muestras, de edad Sinemuriense Superior-Pliensbachiense, en la sección de E Rodiles, datada con ammonites y situada en los acantilados del lado Este de la Punta de Rodiles (Asturias). Los análisis semicuantitativos realizados sobre las asociaciones de nanofósiles calcáreos han permitido describir la sucesión de bioeventos observada en esta sección, calibrada respecto a las zonas y subzonas de ammonites. Se han identificado 5 eventos principales: las primeras apariciones de *Crepidolithus crassus*, *Similiscutum cruciulus*, *Biscutum novum*, *Lotharingius hauffii* y *Lotharingius sigillatus*, todos ellos taxones comunes y con un registro continuo, y 8 eventos secundarios: las primeras apariciones de *Orthogonoides hamiltoniae*, *Bussonius prinsii*, *Biscutum dubium*, *Biscutum finchii*, *Biscutum grande* y *Lotharingius barozii*, y las primera apariciones comunes de *Calcivascularis jansae* y *L. hauffii*, basados en taxones raros y con un registro discontinuo. Excluyendo las primeras apariciones de *C. crassus, O. hamiltoniae, B. prinsii* y *B. dubium*, el resto de los bioeventos reconocidos en este trabajo se corresponden perfectamente con los del esquema bioestratigráfico previamente propuesto para la Cordillera Cantábrica, identificándose 3 zonas de nanofósiles (NJ3 Crepidolithus crassus, NJ4 Similiscutum cruciulus y NJ5 Lotharingius hauffii) y 4 subzonas de nanofósiles (NJ4a Crepidolithus cantabriensis, NJ4b Biscutum novum, NJ5a Biscutum finchii y NJ5b Lotharingius sigillatus). Se han comparado los datos obtenidos con los esquemas bioestratigráficos propuestos para el NO de Europa, Portugal e Italia/S de Francia. La FO de *S. cruciulus* sería sincrónica en todas las áreas comparadas. Sin embargo, las primeras apariciones de *C. crassus, L. hauffii* y *L. sigillatus* parecen ser bioeventos diacrónicos en los dominios Boreal y del Tethys. En Italia/S de Francia, la primera aparición de *C. crassus* se encuentra en la Zona de ammonites Raricostatum, mientras que en el NO de Europa, este evento se encuentra alrededor del límite entre las zonas Obtusum/Oxynotum y en la zona Obtusum en la sección de E Rodiles. Estos datos podrían confirmar las afinidades boreales de *C. crassus.* De igual manera, es posible que la primera aparición de *L. hauffii* reconocida en la Zona de ammonites Spinatum en Italia/S de Francia pudiera estar relacionada con la primera aparición común de *L. hauffii* identificada en este trabajo, suponiendo así que las especies de *Lotharingius* aparecieron primero en el Dominio Boreal, extendiéndose más tarde al Dominio del Tethys.

Palabras clave: Nanofósiles calcáreos, Jurásico, Asturias, bioestratigrafía, paleoecología.

ABSTRACT

129 samples, Upper Sinemurian-Pliensbachian in age, were collected from the East Rodiles section, which is well-dated with ammonites and crops out in a coastal cliff located on the eastern part of the Rodiles Cape**,** in Asturias (Northern

Spain). 5 main events: the first occurrences (FOs) of *Crepidolithus crassus, Similiscutum cruciulus, Biscutum novum, Lotharingius hauffii* and *Lotharingius sigillatus*, based on continuously recorded and common taxa, and 8 secondary events: the FOs of *Orthogonoides hamiltoniae, Bussonius prinsii, Biscutum dubium, Biscutum finchii, Biscutum grande* and *Lotharingius barozii*, and the first common occurrences (FCOs) of *Calcivascularis jansae* and *L. hauffii,* on the basis of rare taxa with a discontinuous record, were identified. Excluding the FOs of *C. crassus, O. hamiltoniae*, *B. prinsii* and *B. dubium*, the other calcareous nannofossil bioevents recognized in this work are reliable and reproducible with the biostratigraphic scheme previously proposed for the Cantabrian Range. 3 calcareous nannofossil Zones (NJ3 Crepidolithus crassus, NJ4 Similiscutum cruciulus and NJ5 Lotharingius hauffii), 4 calcareous nannofossil Subzones (NJ4a Crepidolithus cantabriensis, NJ4b Biscutum novum, NJ5a Biscutum finchii and NJ5b Lotharingius sigillatus), were identified in the East Rodiles section. This biostratigraphic framework is compared to schemes from NW Europe, Portugal and Italy/S France. The FO of *S. cruciulus* is reproducible in all the compared areas. However, the FOs of *C. crassus*, *L. hauffii* and *L. sigillatus* seem to be diachronous events in the Boreal and Tethyan Realms. In Portugal and Italy/S France, the FO of *C. crassus* is located around the Oxynotum/Raricostatum AZ (Ammonite Zone) boundary and within the Raricostatum AZ, respectively, whilst in NW Europe, this event lies around the Obtusum/Oxynotum AZ boundary and within the Obtusum AZ in this work. It could confirm the Boreal affinities of *C. crassus*. In the same way, it is possible that the FO of *L. hauffii* recognized in Italy/S France within the Spinatum ammonite Zone could be correlated with the FCO of *L. hauffii* identified in this work. Probably the *Lotharingius* species firstly appeared in the Boreal Realm, and later spread into the Tethyan Realm.

Key words: Calcareous nannofossils, Jurassic, Asturias, biostratigraphy, paleoecology.

INTRODUCCIÓN

Los nanofósiles calcáreos son uno de los principales constituyentes de los sedimentos margosos y calcáreos, e incluyen taxones comunes y fácilmente identificables tanto en el Dominio Boreal (NO de Europa) como en el del Tethys (Italia, S de Francia). Durante la última década, numerosos autores han confirmado la utilidad de los nanofósiles calcáreos para datar rocas del Jurásico Inferior (Bown y Cooper, 1998, Mattioli y Erba, 1999; Veiga de Oliveira *et al*., 2007; Perilli *et al*., 2010; Mattioli *et al*., 2013; Fraguas *et al*., 2015), y la importancia de contar con una calibración precisa entre los bioeventos de nanofósiles y las zonas y subzonas de ammonites, que podría generar problemas con las dataciones en el caso de mala preservación o provincialismo de las faunas de ammonites.

El presente trabajo proporciona información nueva y esencial sobre los nanofósiles calcáreos de intervalo Sinemuriense Superior-Pliensbachiense y ayuda a completar el esquema bioestratigráfico previamente propuesto por Fraguas *et al.* (2015) para el N de España, dando información crucial sobre biohorizontes y zonas de nanofósiles calcáreos. Se describen en detalle los bioeventos identificados en la sección del E de Rodiles (Asturias), y se discute el grado de reproducibilidad de estos eventos en relación con el esquema bioestratigráfico propuesto por Fraguas *et al.* (2015) para la Cordillera Cantábrica. Por último, se comparan los biohorizontes, zonas y subzonas identificadas en este trabajo con los esquemas bioestratigráficos propuestos para el NO de Europa (Bown y Cooper, 1998), Portugal (Mattioli *et al*., 2013) e Italia/S de Francia (Mattioli y Erba, 1999).

MATERIAL Y MÉTODOS

La sección de E Rodiles (Figura 1) aflora en los acantilados situados en el lado E de la Punta de Rodiles (Asturias).

Esta sección presenta un espesor total de aproximadamente 140 m, y abarca desde el Sinemuriense Superior (Zona Obtusum, Subzona Obtusum) hasta el Pliensbachiense Superior (Zona Spinatum, Subzona Hawskerense) (Comas-Rengifo y Goy, 2010; Gómez *et al*., 2016).

La sección expandida de E Rodiles muestra una alternancia de calizas bioclásticas, margocalizas y margas. El espesor de las margas aumenta progresivamente hacia el techo de la sección, mientras que los niveles de calizas van

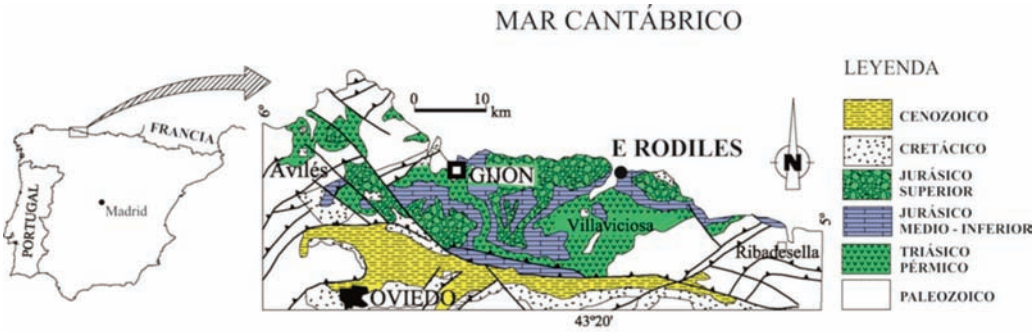


Figura 1. Esquema geológico de la zona oriental de Asturias con la localización de la sección de E Rodiles.

siendo más finos, y principalmente bioclásticos en la Zona Spinatum. Se muestrearon 129 niveles con el fin de realizar un muestreo sistemático y obtener una sucesión representativa de las asociaciones de nanofósiles en relación con las zonas y subzonas de ammonites, y el espesor de los materiales correspondientes a cada una de ellas. Teniendo en cuenta los esquemas zonales de ammonites propuestos por Comas-Rengifo y Goy (2010) y Gómez *et al.* (2016) se recogieron 28 muestras en la Zona Obtusum, 17 en la Zona Oxynotum, 26 en la Zona Raricostatum, 21 muestras en la Zona Jamesoni, 9 muestras en la Zona Ibex, 4 muestras en la Zona Davoei, 17 muestras en la Zona Margaritatus y, por último, 7 muestras en la Zona Spinatum.

Se prepararon los frotis (*smear slides*) correspondientes a partir de las 129 muestras originales siguiendo la técnica estándar descrita por Bown y Young (1998) y para las observaciones bioestratigráficas se realizaron análisis semicuantitativos, observando los frotis bajo un microscopio óptico Leica DMLP provisto de un objetivo de inmersión de 1250x y equipado con una cámara digital Leica DFC 420. Hasta 2000 campos de visión fueron examinados en cada frotis, con el fin de identificar aquellas especies que son raras o muy raras. Para cada muestra, se estimaron la abundancia y el grado de preservación de las asociaciones de nanofósiles, y la abundancia relativa de las especies reconocidas siguiendo la metodología descrita por Perilli *et al.* (2010).

RESULTADOS

Teniendo en cuenta los cambios observados en las asociaciones de nanofósiles calcáreos, especialmente las primeras apariciones y los cambios bruscos en la abundancia relativa de determinadas especies, conocidas como especies índice, se han identificado los nannobiohorizontes de la sección de E Rodiles, calibrados respecto a las zonas y subzonas de ammonites (Comas-Rengifo y Goy, 2010; Gómez *et al*., 2016), los cuales incluyen tanto eventos principales como secundarios (Figura 2). En orden estratigráfico, los eventos principales reconocidos son: las primeras apariciones de *Crepidolithus crassus* (Subzona Obtusum de la Zona Obtusum), *Similiscutum cruciulus* (Subzona Brevispina de la Zona Jamesoni), *Biscutum novum* (Subzona Stokesi de la Zona Margaritatus), *Lotharingius hauffii* (Subzona Subnodosus de la Zona Margaritatus) y *Lotharingius sigillatus* (Subzona Apyrenum de la Zona Spinatum). Estos taxones son comunes en las muestras estudiadas y proporcionan una señal bioestratigráfica continua en sus registros iniciales. Sin embargo, los eventos secundarios son difíciles de reconocer, ya que se basan en taxones con un registro discontinuo, que son raros o muy raros, particularmente en sus registros inicial y final. También en orden estratigráfico, los eventos secundarios identificados son: las primeras apariciones de *Orthogonoides hamiltoniae* (Subzona Oxynotum de la Zona Oxynotum), *Bussonius prinsii* (Subzona Figulinum de la Zona Davoei), *Biscutum dubium*, *Biscutum finchii*, *Biscutum grande* y la primera aparición común de *Calcivascularis jansae* (Subzona Stokesi de la Zona Margaritatus), la primera aparición de *Lotharingius barozii* (Subzona Subnodosus de la Zona Margaritatus) y la primera aparición común de *L. hauffii* (Subzona Gibossus de la Zona Margaritatus). Tomando como

referencia el trabajo de Fraguas *et al*. (2015) para la Cordillera Cantábrica, en la sección de E Rodiles (Figura 2) se han identificado 3 zonas de nanofósiles (NJ3 Crepidolithus crassus, NJ4 Similiscutum cruciulus y NJ5 Lotharingius hauffii) y 4 subzonas de nanofósiles (NJ4a Crepidolithus cantabriensis, NJ4b Biscutum novum, NJ5a Biscutum finchii y NJ5b Lotharingius sigillatus).

DISCUSIÓN

Los nanobiohorizontes identificados en la sección de E Rodiles se encuentran aproximadamente en la misma posición estratigráfica respecto a las zonas y subzonas de ammonites (Comas-Rengifo y Goy, 2010; Gómez *et al.*, 2016), que en el esquema propuesto por Fraguas *et al*. (2015) para el Jurásico Inferior de la Cordillera Cantábrica, con la excepción de las primeras apariciones de *C. crassus* y *O. hamiltoniae*, que se ubican por debajo de la muestra más antigua estudiada por Fraguas *et al.* (2015), y las primeras apariciones de *B. prinsii* y *B. dubium*, que presentan una abundancia extremadamente baja y un registro muy discontinuo en la Cordillera Cantábrica. Estos datos confirman el alto grado de reproducibilidad del esquema propuesto por Fraguas *et al.* (2015).

Como se puede observar en la Figura 2, se han comparado los datos obtenidos en la sección de E Rodiles con los esquemas bioestratigráficos propuestos para el NO de Europa (Bown y Cooper, 1998), Portugal (Mattioli *et al.*, 2013) e Italia/S de Francia (Mattioli y Erba, 1999). La FO de *S. cruciulus* es sincrónica en todas las áreas comparadas, con respecto a las distintas zonaciones de ammonites, situándose en la Zona Jamesoni. Sin embargo, las primeras apariciones de *C. crassus, L. hauffii* y *L. sigillatus* parecen ser bioeventos diacrónicos en los dominios Boreal y del Tethys. En Italia/S de Francia, la primera aparición de *C. crassus* se encuentra en la Zona Raricostatum, mientras que en el NO de Europa, este evento se encuentra alrededor del límite entre las zonas de ammonites Obtusum/Oxynotum y en la Zona Obtusum en este trabajo. Estos datos podrían confirmar las afinidades boreales de *C. crassus*, previamente sugeridas por Mattioli *et al.* (2008) y Reggiani *et al.* (2010). De la misma manera, es posible que la primera aparición de *L. hauffii* reconocida en la Zona Spinatum en Italia/S de Francia pudiera estar relacionada con la primera aparición común de *L. hauffii* identificada en este trabajo. Probablemente, las especies de *Lotharingius* aparecieron primero en el Dominio Boreal, extendiéndose más tarde al Dominio del Tethys, tal y como propusieron Perilli *et al*. (2010) y Fraguas *et al.* (2015).

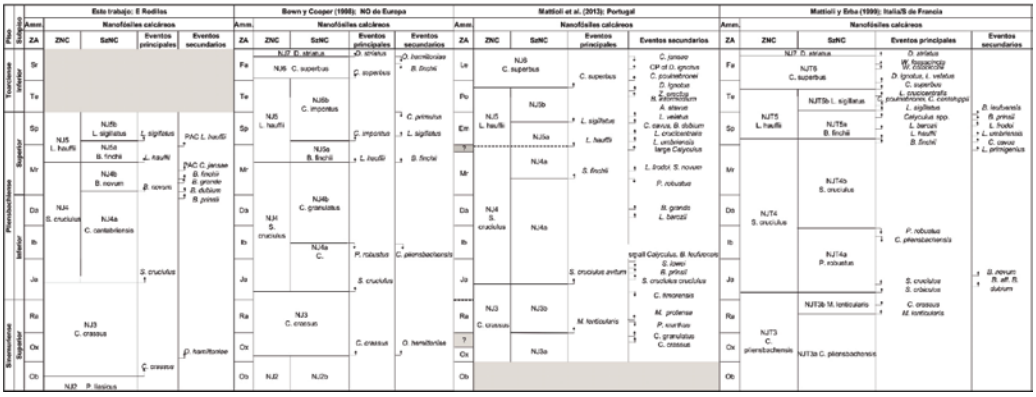


Figura 2. Comparación de las zonas y subzonas de nanofósiles calcáreos, sus límites, y los eventos principales y secundarios identificados en este trabajo, con los reconocidos en el NO de Europa (Bown y Young, 1998), Portugal (Mattioli et al., 2013), e Italia/S de Francia (Mattioli y Erba, 1999), calibrados respecto a las zonas de ammonites. ZA: Zonas de ammonites. ZNC: Zonas de nanofósiles calcáreos. SzNC: Subzonas de nanofósiles calcáreos. PAC: Primera aparición común. Da: Davoei; Em: Emaciatum; Fa: Falciferum; Ib: Ibex; Ja: Jamesoni; Le: Levisoni; Mr: Margaritatus; Po: Polimorphus; Ra: Rariscostatum; Sp: Spinatum; Sr: Serpentinum; St: Stokesi; Te: Tenuicostatum.

CONCLUSIONES

Se reconocieron y analizaron 129 muestras de nanofósiles calcáreos, de edad Sinemuriense Superior – Pliensbachiense, de la sección de E Rodiles (Asturias). Se identificaron 5 eventos principales: las primeras apariciones de *Crepidolithus crassus*, *Similiscutum cruciulus*, *Biscutum novum*, *Lotharingius hauffii* y *Lotharingius sigillatus*, todos ellos taxones comunes y con un registro continuo, y 8 eventos secundarios: las primeras apariciones de *Orthogonoides hamiltoniae*, *Bussonius prinsii*, *Biscutum dubium*, *Biscutum finchii*, *Biscutum grande* y *Lotharingius barozii*, y las primera apariciones comunes de *Calcivascularis jansae* y *L. hauffii*, basados en taxones raros y con un registro discontinuo. Excluyendo las primeras apariciones de *C. crassus, O. hamiltoniae, B. prinsii* y *B. dubium*, el resto de los bioeventos reconocidos en este trabajo se corresponden con los del esquema bioestratigráfico previamente propuesto para la Cordillera Cantábrica, lo que pone de manifiesto el alto grado de reproducibilidad de dicho esquema. Se han identificado 3 zonas de nanofósiles (NJ3 Crepidolithus crassus, NJ4 Similiscutum cruciulus y NJ5 Lotharingius hauffii) y 4 subzonas de nanofósiles (NJ4a Crepidolithus cantabriensis, NJ4b Biscutum novum, NJ5a Biscutum finchii y NJ5b Lotharingius sigillatus). La FO de *S. cruciulus* parece ser un evento sincrónico en el Dominio Boreal y en el del Tethys. Sin embargo, las primeras apariciones de *C. crassus, L. hauffii* y *L. sigillatus* serían diacrónicas en ambos dominios. En el NO de Europa, la primera aparición de *C. crassus* se encuentra alrededor del límite entre las zonas Obtusum/Oxynotum y en la Zona Obtusum en la sección de E Rodiles, mientras que en Italia/S de Francia, este bioevento se encuentra en la Zona Raricostatum. Estos datos apoyarían la hipótesis de las supuestas afinidades boreales de *C. crassus*. De la misma manera, probablemente, las especies pertenecientes al género *Lotharingius* aparecieron primero en el Dominio Boreal, y se extendieron más tarde al Dominio del Tethys, correspondiéndose la primera aparición común de *L. hauffii* identificada en este trabajo con la primera aparición de *L. hauffii* reconocida en la Zona Spinatum en Italia/S de Francia.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución al Proyecto CGL2015-66604-R del Ministerio de Economía y Competitividad y el Grupo de investigación UCM: Procesos Bióticos Mesozoicos (PBM).

REFERENCIAS

Bown, P.R. & Cooper, M.K.E. 1998. Jurassic. In: Bown, P.R. (ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. Kluwer Academic, London, 34-86.

Bown, P.R. & Young, J.R. 1998. Techniques. In: Bown, P.R. (ed.), *Calcareous Nannofossil Biostratigraphy*. Kluwer Academic, London, 16-28.

Comas-Rengifo, M.J. y Goy, A. 2010. Caracterización biocronoestratigráfica del Sinemuriense Superior y el Pliensbachiense entre los afloramientos de Playa de Vega y de Lastres (Asturias). En: García-Ramos, J.C. (ed.), *Las sucesiones margo-calcáreas marinas del Jurásico Inferior y las series fluviales del Jurásico Superior*, *Acantilados de Playa de Vega (Ribadesella).* V Congreso Jurásico de España, MUJA, 9–18.

Fraguas, A., Comas-Rengifo, M.J. and Perilli, N. 2015. Calcareous nannofossil biostratigraphy of the Lower Jurassic in the Cantabrian Range (Northern Spain). *Newsletters on Stratigraphy*, 48, 179-199.

Gómez, J.J., Comas-Rengifo, M.J. and Goy, A. 2016. Palaeoclimatic oscillations in the Pliensbachian (Lower Jurassic) of the Asturian Basin (Northern Spain). *Climate of the Past Discussion*, 11, 4039-4076.

Mattioli, E. and Erba, E. 1999. Synthesis of calcareous nannofossil events in Tethyan Lower and Middle Jurassic successions. *Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia*, 105, 343-376.

Mattioli, E., Pittet, B., Suan, G. and Mailliot, S. 2008. Calcareous nannoplankton changes across the early Toarcian oceanic anoxic event in the western Tethys. *Paleoceanography*, 23. PA3208.

Mattioli, E., Plancq, J., Boussaha, M., Duarte, L.V. and Pittet, B. 2013. Calcareous nannofossil biostratigraphy: new data from the Lower Jurassic of the Lusitanian Basin. *Comunicações Geológicas*, 100, 5-11 (Especial I).

Perilli, N., Fraguas, A. and Comas-Rengifo, M.J. 2010. Reproducibility and reliability of the Pliensbachian calcareous nannofossil biohorizons from the Basque-Cantabrian Basin (N Spain). *Geobios*, 43, 77-85.

Reggiani, L., Mattioli, E., Pittet, B., Duarte, L.V., Veiga de Oliveira, L.C. and Comas-Rengifo, M.J. 2010. Pliensbachian (Early Jurassic) calcareous nannofossils from the Peniche section (Lusitanian Basin, Portugal): A clue for palaeoenvironmental reconstructions. *Marine Micropaleontology*, 75, 1-16.

Veiga de Oliveira, L.C., Duarte, L.V., Lemos, V.B., Comas-Rengifo, M.J. and Perilli, N. 2007. Calcareous nannofossil biostratigraphy and correlation with ammonites zones of the Pliensbachian-lowermost Toarcian (Lower Jurassic) of Peniche (Lusitanian Basin, Portugal). En: de Souza Carvalho *et al*. (eds.), *Paleontologia: Cenarios de Vida*. Editora Interciéncia, Rio de Janeiro, 411-420.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

EVIDENCIA DE *ZOOPHYCOS* EN EL TRIÁSICO MEDIO DE LA CORDILLERA IBÉRICA

A. Giannetti, J.E. Tent-Manclús y J.F. Baeza-Carratalá

Departamento Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante. Apdo. 99 03080 Alicante.
alice.giannetti@ua.es, je.tent@ua.es, jf.baeza@ua.es

RESUMEN

Zoophycos es una pista fósil muy común a partir del Ordovícico. Sin embargo su morfología y hábitat sufren variaciones muy importantes a partir del Jurásico Medio/Superior, cuando la pista empieza a adquirir morfologías mucho más complejas, se desarrolla más en profundidad en el sustrato y se desplaza a ambientes más profundos. El estudio del patrón evolutivo de esta estructura se ve muy afectado por la escasez de *Zoophycos* en depósitos triásicos. El hallazgo de *Zoophycos* en el Triásico Medio de la Cordillera Ibérica representa un elemento de gran importancia para la comprensión de este icnogénero, confirmando que los *Zoophycos* del Triásico Medio están más relacionados con los del Paleozoico que con los que se registran a partir del Jurásico Medio/Superior, tanto a nivel de morfología como por lo que se refiere al ambiente. El registro de *Zoophycos* del Triásico Medio sugiere, por tanto, que la variación de forma y la migración ambiental del productor de la pista no son consecuencia directa de la crisis Permo-Triásica.

Palabras clave: *Zoophycos* Muschelkalk, plataforma somera/lagoon, Triásico Medio.

ABSTRACT

Zoophycos is a common trace fossil since the Ordovician, but from the Middle/Late Jurassic onwards it suffered important changes. In fact, its morphology became more complex and the trace maker shifted from shallow- toward deep-water environments. The study of the evolution pattern of this trace fossil and of when and why these changes occurred is made difficult by the scarce amount of Triassic *Zoophycos*. The occurrence of *Zoophycos*-like structures from Middle Triassic deposits of the Iberian Range can be useful to shed light on the morphology and environmental setting of *Zoophycos* in this crucial period. Concerning morphological features, the studied structures are very simple and with an extremely poor vertical development. As for the environment, they are developed in very shallow water lagoon. Considering also Middle Triassic *Zoophycos* from Germany, it is evident that Paleozoic *Zoophycos* still maintained its features and colonized shallow-water areas at least up to the Middle Triassic. The most important changes concerning this structure occurred after that period and are therefore not strictly related to the Permo-Triassic mass extinction.

Key words: *Zoophycos*, Muschelkalk, shallow-water platform/lagoon, Middle Triassic.

INTRODUCCIÓN

La pista fósil *Zoophycos* es una pista muy común en el registro geológico y se conoce en depósitos que van desde el Ordovícico hasta la actualidad (Buatois y Mángano, 2011). A pesar de ello, es una estructura cuya función y

significado ecológico siguen debatidos sin que se haya llegado a una conclusión univoca. Cabe destacar que en el mismo icnogénero se han ido agrupando estructuras con morfologías y características bastante distintas, tanto que algunos autores prefieren utilizar la terminología de pistas del "grupo *Zoophycos*" (Uchman, 1995). Una particularidad del icnogénero *Zoophycos* consiste en su cambio de facies a lo largo del Fanerozoico, puesto que se encuentra en depósitos muy someros en el Paleozoico para luego desplazarse a zonas mucho más profundas a partir del Jurásico. Una cuestión de interés es si la migración de las pistas, relacionadas claramente al cambio de hábitat del organismo constructor, se puede relacionar con los cambios paleoecológicos seguidos a la crisis Permo-triásica. El reciente descubrimiento de *Zoophycos* en facies muy someras del Triásico Medio alemán (Knaust, 2004) parece descartar esta hipótesis, sugiriendo que el desplazamiento a zonas más profundas sea posterior. En el presente trabajo se describen unos *Zoophycos* encontrados en la facies Muschelkalk de la Cordillera Ibérica y se analiza la aportación que este hallazgo proporciona a la comprensión de la evolución de este icnogénero.

CONTEXTO GEOGRÁFICO Y GEOLÓGICO

La sección estudiada se localiza en el interior de la provincia de Valencia a lo largo de la CN-330 entre las localidades de Jarafuel y Jalance (km 128, Fig.1). Escudero-Mozo *et al.* (2015) incluyen esta sección en el dominio del Triásico Levantino-Balear, caracterizado por la presencia de una única unidad carbonatada, equivalente a la barra carbonatada superior del dominio del Triásico Mediterráneo, esto es, la Formación Cañete de López Gómez y Arche (1992).

La serie está compuesta principalmente por calizas, dolomías y lutitas y tiene un espesor de unos 35 m (Fig.2). La parte inferior de la serie está caracterizada por calizas grises oscuras muy bioturbadas que presentan una asociación de pistas dominada por *Planolites*, raros *Palaeophycus* y pequeños *Thalassinoides*. En esta primera parte de la serie son muy abundantes niveles bioclásticos de tormenta, caracterizados por la presencia de bivalvos desarticulados y pequeños gasterópodos. Moviéndose hacia la parte superior de la serie se encuentran los niveles con *Zoophycos* y *Rhizocorallium*, seguidos por niveles dolomíticos ocres y arcillosos con grietas de desecación y rizolitos. La transición a la facies Keuper es gradual, las dolomías ocres y arcillas intercalan bancos de yesos y calizas gris oscuras de la facies Muschelkalk, con

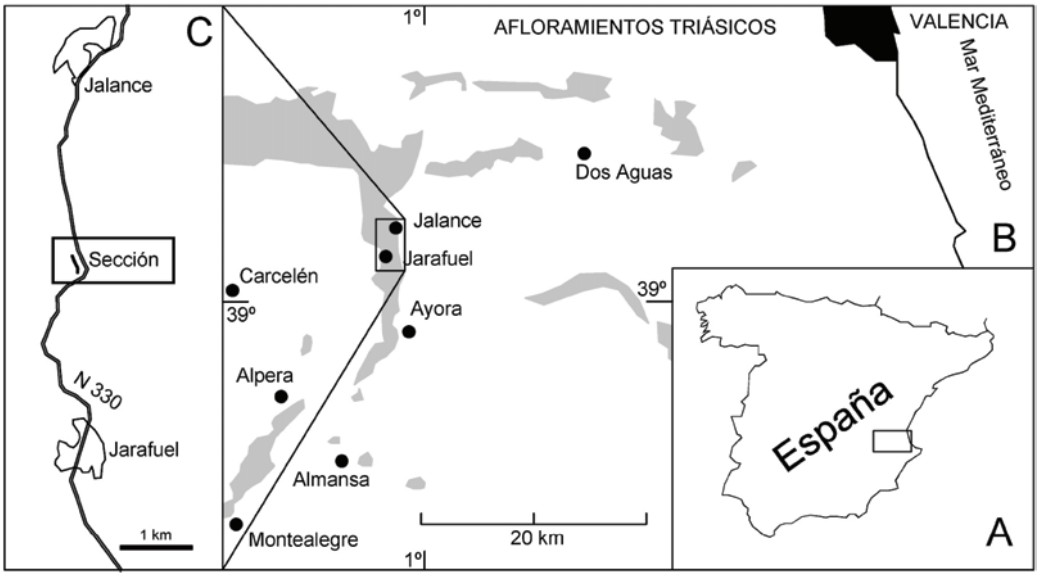


Figura1. Localización de la serie estudiada.

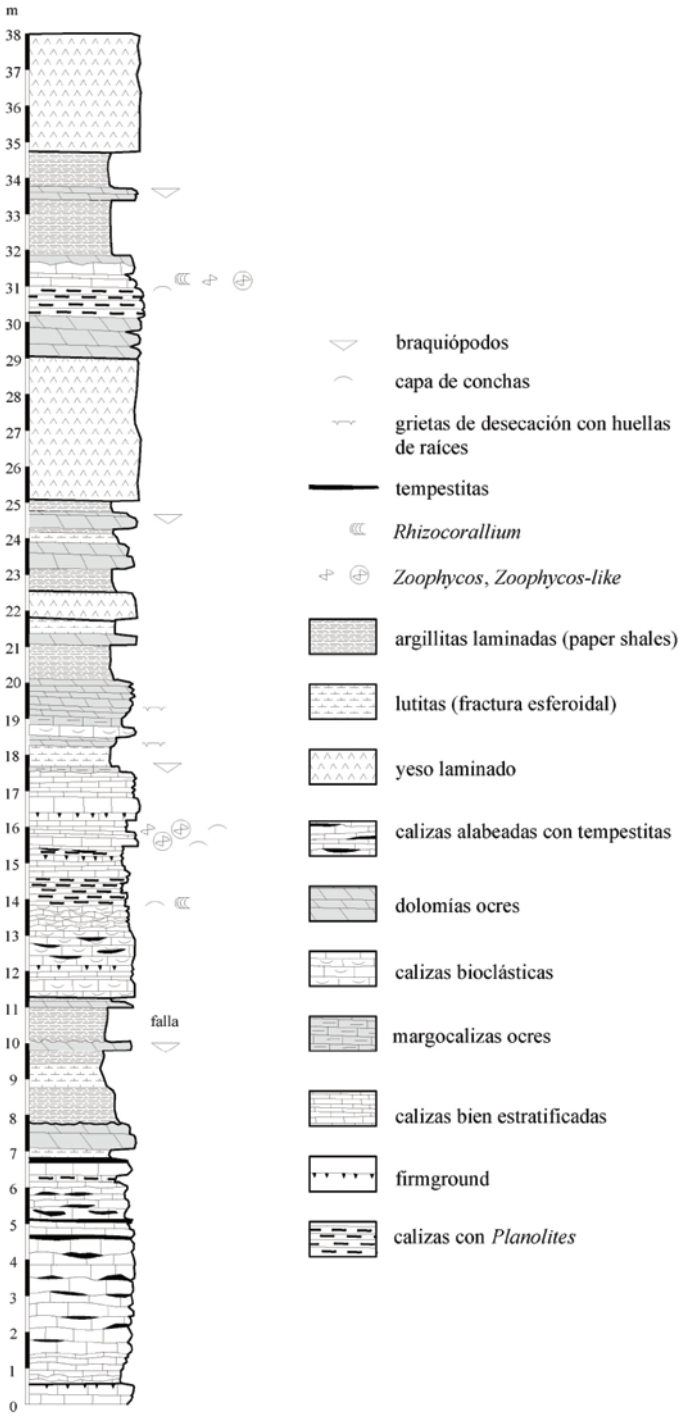


Figura 2. Columna estratigráfica. Los niveles con *Zoophycos* están ubicados alrededor de los metros 16 y 32,5.

icnoasociación de *Planolites-Palaeophycus* e icnoasociación de *Zoophycos-Rhizocorallium*. La serie termina en la base del Keuper, marcada por unos potentes bancos de yesos separados por niveles arcillosos y por la desaparición de las calizas y dolomías.

ZOOPHYCOS: MORFOLOGÍA Y CONTEXTO PALEOAMBIENTAL

Zoophycos se encuentra ubicado en dos niveles: uno a 16 m de la base de la sección y otro hacia el techo de la serie, alrededor del metro 31,5 (Fig. 2). El primer nivel está constituido por calizas que cambian hacia techo a dolomías micríticas ocres y es donde los *Zoophycos*presentan una estructura más clara. El perfil de la estructura es subcircular, ligeramente lobulado, con lóbulos que miden unos 3-5 cm de ancho y unos 5 cm de largo (Fig. 3). El tubo externo es muy fino o totalmente ausente; las láminas tienen un grosor de 1 mm aproximadamente y resultan arqueadas y densamente empaquetadas. En la mayoría de los casos, en el centro de la estructura se puede reconocer claramente el típico cono que corresponde a la posición del tubo central. Los *Zoophycos* presentes en estos niveles tienen muy poco desarrollo vertical y penetran sólo unos pocos centímetros en el estrato. En el mismo estrato se encuentran pistas fósiles referidas a *Rhizocorallium communis* var. *irregulare* y otras en forma de U muy alargada, sin tubo lateral, con láminas muy finas, arqueadas y densamente empaquetadas, que parecen representar formas intermedias entre *Rhizocorallium commune* var. *irregulare* y *Zoophycos*. Estructuras de transición entre estos dos icnogéneros han sido descritas en varios depósitos y por lo menos en algunos casos parecen ser parte de la misma pista y producidas por el mismo organismo (Knaust, 2013; Zhang y Zhao, 2016).

El otro nivel con *Zoophycos* está ubicado en la parte superior de la serie, alrededor del metro 32. En este nivel se ha podido reconocer una única forma parecida a *Zoophycos* de perfil ovalado y pequeño tamaño. En el mismo estrato se han encontrado también varias formas de *Rhizocorallium commune* de unos 5 cm de ancho y 7 cm de largo y con tubo marginal muy bien marcado.

DISCUSIÓN

Los *Zoophycos*encontrados en la serie de Jarafuel-Jalance se pueden comparar con el *Zoophycos* descrito en las facies Muschelkalk de la Formación Trochitenkalk (Triásico Medio; Knaust, 2004). Aunque la morfología general sea ligeramente distinta, con lóbulos aislados y mucho más acentuados en el *Zoophycos* de Alemania, en ambos casos las estructuras son pequeñas y penetran muy poco en el fondo marino, contrariamente a los *Zoophycos*helicoidales o lobulados que se encuentran a partir del Jurásico Superior (Olivero y Gaillard, 2007). Por lo que se refiere al ambiente de sedimentación registrado en la serie de Jarafuel, la abundancia de niveles de tormenta y la presencia de varias

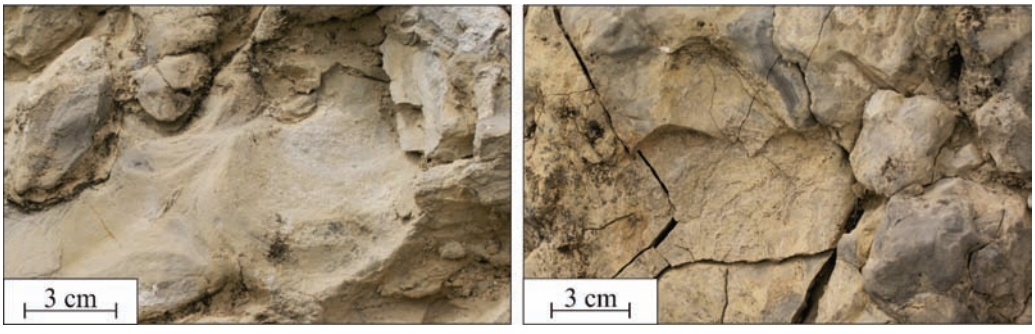


Figura 3. *Zoophycos* en la serie de Jarafuel. Nótese la estructura muy sencilla y la poca penetración en el estrato.

capas con grietas de desecación indican claramente un medio marino muy somero. La presencia de *Rhizocorallium commune* var. *irregulare* podría incluso indicar zonas litorales (Knaust, 2013). Se evidencia así otra analogía con los depósitos alemanes, confirmándose que, por lo menos hasta el Triásico Medio, los productores de *Zoophycos* no se habían desplazado todavía hacia las zonas más profundas y seguían colonizando mares someros. El hallazgo de *Zoophycos* en depósitos de talud del Triásico Superior y de llanura mareal del Jurásico Inferior pone de manifiesto que el cambio de ambientes ocurrió de manera gradual y fue definitivo sólo a partir de Jurásico Medio/Superior. Tanto las características morfológicas de las pistas (pequeño tamaño y desarrollo vertical muy pobre) como el ambiente de colonización, permiten afirmar entonces que los *Zoophycos* triásicos están más relacionados con el patrón imperante en el Paleozoico. El aumento de la complejidad de la estructura así como la migración a ambientes más profundos son posteriores y no se pueden considerar entonces como resultado directo de la crisis ecológica del Permo-Triásico.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto de investigación CGL2015-66835 (MINECO).

REFERENCIAS

Buatois, L. y Mángano, M.G. 2011. *Ichnology: Organism-Substrate Interactions in Space and Time*. Cambridge University Press, Cambridge, 358 pp.

Escudero-Mozo, M. J., Márquez-Aliaga, A., Goy, A., Martín-Chivelet, J., López-Gómez, J., Márquez, L., Arche, A., Plasencia, P., Pla, C., Marzo, M. y Sánchez-Fernández, D. 2015: Middle Triassic carbonate platforms in the eastern Iberia: Evolution of their fauna and palaeogeographic significance in the western Tethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 417, 236-260.

Knaust, D. 2004. The oldest Mesozoic nearshore *Zoophycos*: Evidence from the German Triassic. *Lethaia*, 37, 297-306.

Knaust, D. 2013. The ichnogenus *Rhizocorallium*: Classification, trace makers, palaeoenvironments and evolution. *Earth-Science Reviews*, 126, 1-47.

López Gómez, J. y Arche, A. 1992. Las unidades litoestratigráficas del Pérmico y Triásico inferior y medio en el sector SE de la Cordillera Ibérica. *Estudios Geológicos*, 48, 123-143.

Olivero, D. y Gaillard, C. 2007. A Constructional Model for *Zoophycos*. En Miller, W. III (ed.), *Trace Fossils: Concepts, Problems, Prospects.* Elsevier, Amsterdam, 466-477.

Uchman A. 1995. Taxonomy and palaeoecology of flysch trace fossils: The Marnoso-Arenacea Formation and associated facies (Miocene, Northern Apennines, Italy). *Beringeria*, 15, 3-115.

Zhang, L.-J. y Zhao, Z. 2016. Complex behavioural patterns and ethological analysis of the trace fossil *Zoophycos* evidence from the Lower Devonian of South China. *Lethaia,* 49, 275-284.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

DISTRIBUCIÓN Y ECOLOGÍA DE LOS OSTRÁCODOS RECIENTES DE LAS BALSAS DE BARDENAS REALES (NAVARRA, N DE ESPAÑA)

B. Martínez-García, O. Suarez-Hernando y X. Murelaga

Universidad del País Vasco UPV/EHU, Facultad de Ciencia y Tecnología, Dpto. Estratigrafía y Paleontología, B. Sarriena s/n, Apartado 644, Bilbao, 48080, España. blancamaria.martinez@ehu.eus, oier.suarez@ehu.eus, xabier.murelaga@ehu.eus

RESUMEN

En este trabajo se analizan las asociaciones de ostrácodos que habitan en 13 balsas del Parque Natural y Reserva Mundial de la Biosfera de Bardenas Reales de Navarra (N de España), para conocer los parámetros ecológicos que determinan su distribución en esta área semiárida. Así, en las balsas que muestran una elevada cobertera vegetal en su superficie, la especie más abundante es *Cypridopsis vidua* (Müller). En aquellas balsas en las que se produce la entrada esporádica de agua corriente desde arroyos cercanos, es muy común *Ilyocypris bradyi* Sars. Sin embargo, cuando la conductividad del agua es muy elevada, *Sarscypridopsis aculeata* (Costa) aparece como especie dominante. Finalmente, la presencia de un sedimento grosero en el fondo de las balsas se ha evidenciado como un factor desfavorable para el desarrollo de ostrácodos vivos. Con este trabajo se corrobora el uso de los ostrácodos como bioindicadores para realizar futuros trabajos ecológicos de los ecosistemas acuáticos e interpretaciones paleoambientales de las secuencias Cuaternarias preservadas en esta área.

Palabras clave: Balsas, Bardenas Reales, ecología, Navarra, ostrácodos recientes.

ABSTRACT

In this work, ostracod assemblages living in 13 ponds from Bardenas Reales de Navarra Natural Park and World Biosphere Reserve (N Spain) are studied, in order to recognise the ecological parameters determining their distribution in this semiarid area. Thus, in ponds displaying high vegetation cover, *Cypridopsis vidua* (Müller) is the most abundant species. In those ponds with input of running waters *Ilyocypris bradyi* Sars is the most common species. Nevertheless, *Sarscypridopsis aculeata* (Costa) appears as dominant species when the water salinity is very high. Finally, the presence of coarse sediment at the bottom of the ponds has been demonstrated as an unfavourable factor to the development of living ostracods. With this work, the use of ostracods as proxies to carry out future ecological studies of the aquatic ecosystems and paleoenvironmental interpretations of the Quaternary sequences preserved in this area has been corroborated.

Key words: Ponds, Bardenas Reales, ecology, Navarra, recent ostracods.

INTRODUCCIÓN

Los ostrácodos son un grupo de microcrustáceos bivalvados que habitan en cualquier medio acuático (Rodríguez-Lázaro y Ruiz-Muñoz, 2012). En los ambientes continentales su distribución en el medio está controlada por diversos

factores ecológicos, como temperatura o salinidad del agua, el hidrodinamismo y el tipo de sedimento (Ruiz *et al*., 2013). La rápida respuesta que presentan estos organismos ante cambios en el medio que habitan los convierte en una herramienta indispensable para poder evaluar los cambios bióticos naturales de los ambientes acuáticos continentales (Ruiz *et al*., 2013).

El Parque Natural y Reserva Mundial de la Biosfera de Bardenas Reales está situada al sur de la provincia de Navarra (N de España) (Fig. 1). Geológicamente, forma parte del sector oriental de la Cuenca del Ebro, conformada por materiales del Eoceno medio al Mioceno superior que forman la cuenca de antepaís de los Pirineos, la Cordillera Ibérica y la Cordillera Costero-Catalana (Larrasoaña *et al*., 2006), parcialmente cubiertos por depósitos aluviales cuaternarios (Sancho *et al*., 2008). El clima es semiárido continental con precipitaciones escasas y torrenciales. Los únicos puntos de retención de agua en esta zona son diversas balsas artificiales construidas a lo largo del s. XX para que sirvieran de abastecimiento para uso ganadero y agrario. Algunas de estas balsas fueron abandonadas poco después de su construcción, experimentando una evolución natural sujeta a los cambios ambientales de la zona (Comunidad de Bardenas Reales de Navarra, 1998).

En el mes de julio del año 2013 se realizó un muestreo de 13 de estas balsas para conocer las asociaciones de ostrácodos que viven actualmente en las mismas, así como la influencia de diversos factores ecológicos en su distribución (Martínez-García *et al*., 2015). Con el objetivo de complementar este único estudio preliminar, se realizó un nuevo muestreo micropaleontológico en estas balsas en octubre de 2013, cuyos resultados se presentan en este trabajo. De esta manera, se contribuye al conocimiento de la biodiversidad actual de Bardenas Reales de Navarra y se presenta un modelo ecológico basado en la distribución de ostrácodos de agua dulce que pueda ser empleado en futuras reconstrucciones ambientales cuaternarias.

METODOLOGÍA

Se han seleccionado trece balsas construidas a lo largo de Bardenas Reales (Fig. 1) para estudiar la distribución actual de los ostrácodos en esta zona (Martínez-García *et al*., 2015). Las muestras fueron tomadas en octubre de 2013 empleando una red con una luz de malla de 150 µm, recogiéndose un volumen aproximado de 500 ml del sedimento húmedo superficial (primeros 3 cm) que fue conservado en botes de plástico con etanol al 70 % para mantener los ejemplares vivos. Durante el momento de muestreo se midieron diversos parámetros físico-químicos del agua:

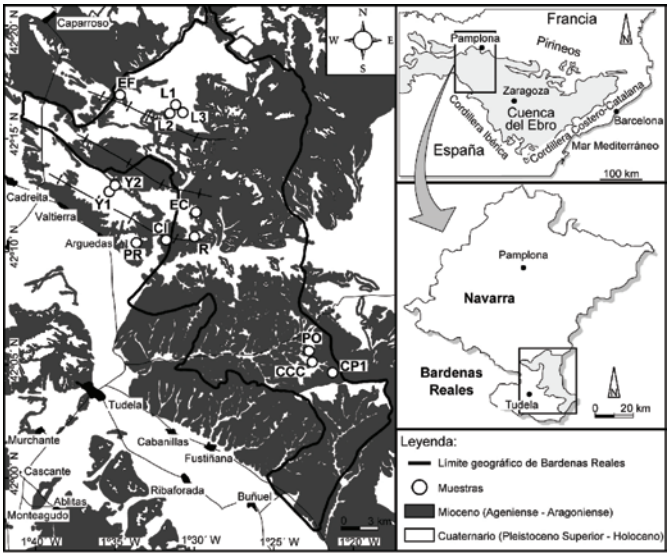


Figura 1. Localización geográfica y contexto geológico de la zona de estudio (modificado de Martínez-García *et al*., 2015). Siglas de las balsas en las que se han obtenido las muestras estudiadas: CP1 = Cabañas de Pío 1; CCC = Cruce de Cuatro Cabañas; PO = Punta del Olmo; PR = Piezarrey; CI = Centro de Información; R = Romano; EC = Embalse de las Cortinas; Y1 = Yugo 1; Y2 = Yugo 2; L1 = Lentiscar 1; L2 = Lentiscar 2; L3 = Lentiscar 3; EF = Embalse del Ferial.

especies / muestra	CI	EC	PR	CP1	CCC	PO	R	Y1	Y2	L1	L2	L3	EF	Total
Candona candida (O.F. Müller, 1968)						1			3					4
Cyclocypris ovum (Jurine, 1820)				1										1
Cypridopsis vidua (O.F. Müller, 1776)	18	64	9	5	1			25	5					127
Cypris bispinosa Lucas, 1849		1						2						3
Darwinula stevensoni (Brady y Robertson, 1870)		1		1										2
Eucypris pigra (Fischer, 1851)											1			1
Eucypris virens (Jurine, 1820)						4					2			6
Fabaeformiscandona breuili (Paris, 1920)									6					6
Herpetocypris brevicaudata Kaufmann, 1900		12											3	15
Ilyocypris bradyi Sars, 1890	1		5	82	70	38	71	39	25	9				340
Ilyocypris gibba (Ramdohr, 1808)				3	5	2	13	11	4					38
Limnocythere inopinata (Baird, 1843)					35	34	11	1						81
Potamocypris pallida Alm, 1914		11		6			8	19	7				2	53
Potamocypris villosa (Jurine, 1820)	11	7	5	4		28	2	8	1		8	4		78
Pseudocandona albicans (Brady, 1864)						2		3	60				1	66
Pseudocandona compressa (Koch, 1838)		1												1
Sarscypridopsis aculeata (Costa, 1847)	5	12		2			10			104	99	113		345
Individuos	35	109	19	104	111	109	115	108	111	113	110	117	6	1167
Especies (S)	4	8	3	8	4	7	6	8	8	2	4	2	3	
Índice de Shannon (H)	1,1	1,3	1,1	0,9	0,8	1,39	1,24	1,7	1,4	0,28	0,4	0,15	1	
Ostrácodos/gramo (nO)	11	149	32	163	300	1363	2875	415	150	3767	2750	3900	10	
Temperatura (°C)	24,3	20,6	23,4	21,1	19,3	20,3	21,6	19,7	19,4	23,1	21,1	21,2	23,0	
Conductividad (ms/cm)	0,6	2,1	0,3	0,7	0,8	0,8	2,9	0,8	0,5	6,3	2,7	6,1	0,4	
pH	7,9	7,2	8,0	8,1	8,0	7,9	7,8	7,7	7,9	7,7	7,7	7,7	7,7	
Oxígeno (mg/l)	12,2	4,9	9,5	9,3	9,0	0,2	0,6	1,6	6,8	9,6	0,3	10,8	8,5	
Cobertera vegetal	6	4	4	2	3	3	1	2	2	5	5	5	2	

Tabla 1. Abundancia absoluta de las especies de ostrácodos identificadas en las muestras estudiadas. Se presentan los valores de riqueza y diversidad y de los parámetros físico-químicos del agua. Valores numéricos de la cobertera vegetal: 1 = <10 %; 2 = 10–20 %; 3 = 20–30 %; 4 = 30–40 %; 5 = 40–50 %; 6 = 50–60 % de la superficie de la balsa. Para explicación de las siglas de las muestras, ver figura 1.

temperatura y oxígeno disuelto usando una sonda Orion 810; conductividad con una sonda Hanna HI 9033; y pH mediante una sonda Hanna HI 9025.

Las muestras fueron lavadas con un tamiz de 150 µm y el residuo fue secado a temperatura ambiente. Se extrajeron un mínimo de 100 individuos o, en su defecto, la totalidad de los ostrácodos vivos en cada muestra estudiada (Tabla 1), seleccionándose únicamente los ejemplares adultos o del último estadio juvenil (A-1). Se han considerado como ejemplares vivos durante el periodo de muestreo los individuos con el caparazón completo y las partes blandas en su interior. La clasificación taxonómica, a nivel de especie, se realizó empleando el trabajo de Meisch (2000). Además del número de ejemplares por muestra, se han calculado los siguientes índices de riqueza y diversidad: número de especies (S); índice de diversidad de Shannon (H); y número de ostrácodos por gramo de sedimento levigado seco (nO).

RESULTADOS

En las 13 muestras estudiadas se han obtenido un total de 1167 ejemplares de ostrácodos vivos pertenecientes a 17 especies (13 géneros) (Tabla 1). Las especies más abundantes son: *Cypridopsis vidua* (O.F. Müller), *Ilyocypris bradyi* Sars, *Limnocythere inopinata* (Baird), *Potamocypris villosa* (Jurine) y *Sarscypridopsis aculeata* (Costa). De acuerdo a su distribución a lo largo de las muestras estudiadas, se han definido cuatro asociaciones de ostrácodos vivos en Bardenas Reales:

La asociación 1 se identifica en las muestras CI, EC y PR, donde la especie más abundante es *C. vidua*, acompañada por *P. villosa* en CI (Tabla 1). En estas muestras se han calculado los siguientes valores promedio de los índices de riqueza y diversidad: S = 5; H = 1,2; nO = 64. La asociación 2 está presente en las muestras CP1, CCC, PO, R, Y1 y Y2, donde *I. bradyi* es la especie más común (Tabla 1). Son también abundantes *L. inopinata* en CCC y PO, *P. villosa* en PO y *Pseudocandona albicans* (Brady) en Y2. Los promedios de los índices de riqueza y diversidad son: S = 7; H = 1,2; nO = 878. La asociación 3 se describe en las muestras L1, L2 y L3, siendo la especie más abundante *S. aculeata* (Tabla 1). En este caso, los índices de riqueza y diversidad muestran los siguientes valores promedio: S = 3; H = 0,3; nO = 3472. La asociación 4 se identifica en la muestra EF, estando formada por escasos ejemplares de *Herpetocypris brevicaudata* Kaufmann, *Potamocypris pallida* Alm y *P. albicans* (Tabla 1). Los índices de riqueza son los más bajos de todas las muestras estudiadas.

DISCUSIÓN

Tanto las especies de ostrácodos más comunes como la distribución de las asociaciones identificadas son similares a las descritas previamente en las balsas muestreadas (Martínez-García *et al*., 2015), por lo que este trabajo confirma el uso de los ostrácodos como bioindicadores en las balsas recientes de Bardenas Reales. En concreto, considerando los requisitos ecológicos de las especies más abundantes que caracterizan las asociaciones específicas previamente identificadas, es posible determinar los parámetros físico-químicos del agua que controlan la distribución de los ostrácodos actuales en estas balsas.

Así, la asociación 1 caracteriza las muestras obtenidas en tres de las balsas seleccionadas en la parte central del área de estudio (CI, EC, PR) (Fig. 1), donde la especie más abundante es *C. vidua* (Tabla 1), que es muy común en aguas ricas en macrofitas acuáticas (Meisch, 2000). Además, en CI también aparecen numerosos ejemplares de *P. villosa*, especie típica de ambientes acuáticos ricos en detritos de macrófitas (Meisch, 2000). Por tanto, la cobertera vegetal de estas balsas parece corresponderse con el factor ecológico principal que controla la distribución de estas especies en el área de estudio. Los valores promedio relativamente altos de riqueza y diversidad obtenidos en estas muestras (Tabla 1) indican la existencia de ambientes relativamente estables para el desarrollo de los ostrácodos.

La asociación 2 es predominante en las muestras tomadas tanto en las restantes balsas seleccionadas de la parte central (R, Y1, Y2) como en las obtenidas en el área sur de Bardenas Reales (CP1, CCC, PO) (Fig. 1), donde *I. bradyi* es la especie más abundante (Tabla 1). Esta especie es indicativa de ambientes de aguas corrientes, como arroyos y riachuelos (Henderson, 1990). Por tanto, el elevado hidrodinamismo de estas balsas, asociado a la entrada de pequeñas corrientes de agua de escorrentía próximas, parece ser el factor ecológico principal de distribución de esta especie en el área de estudio. La presencia de numerosos ejemplares de *P. albicans* en Y2 confirmaría esta observación, puesto que esta especie tiene preferencia por aguas corrientes (Meisch, 2000). La abundancia de *L. inopinata* en CCC y PO y de *P. villosa* en PO, especies típicas de ambientes acuáticos ricos en macrófitas (Meisch, 2000), estaría asociada a la elevada cobertera vegetal de estas balsas (Tabla 1). De nuevo, los altos valores promedio de riqueza y diversidad obtenidos en estas muestras indican la existencia de ambientes acuáticos relativamente estables para el desarrollo de los ostrácodos.

La asociación 3 es la dominante en las muestras recogidas en las balsas de la parte norte de la zona de estudio (L1, L2, L3) (Fig. 1). En este caso, la especie más abundante es *S. aculeata* (Tabla 1), que es muy común en cuerpos de agua oligohalina a mesohalina (Martens *et al*., 1996). Estas muestras son las que presentan valores de conductividad del agua más elevados (Tabla 1), por lo que la salinidad parece ser el principal factor de control en la distribución de esta especie en las balsas estudiadas. El bajo valor promedio de diversidad de Shannon calculado en estas muestras (Tabla 1) implicaría que en estas balsas se generan ambientes relativamente inestables para el desarrollo de los ostrácodos.

Por último, la asociación 4 aparece en la muestra EF (Fig. 1; Tabla 1). Está conformada por escasos ejemplares de *H. brevicaudata*, *P. pallida* y *P. albicans*, especies muy comunes en ambientes con agua corriente (Meisch, 2000). Los bajos valores de riqueza calculados en esta muestra (Tabla 1) definen de nuevo el desarrollo de un medio desfavorable para el sustento de los ostrácodos que, en este caso, parece estar relacionado con el tipo de sedimento, conformado por arena gruesa con algunos cantos centimétricos.

CONCLUSIONES

En este trabajo se estudia la distribución de las asociaciones de ostrácodos recientes que habitan en trece balsas seleccionadas del Parque Natural y Reserva Mundial de la Biosfera de Bardenas Reales de Navarra (N de España). En total se han identificado 17 especies, siendo las más abundantes *C. vidua*, *I. bradyi*, *L. inopinata*, *P. villosa* y *S. aculeata*. De acuerdo a su abundancia relativa en las muestras estudiadas, se han caracterizado cuatro asociaciones específicas que permiten estimar los factores ecológicos que controlan la distribución de los ostrácodos recientes en esta zona. En la asociación 1 es muy abundante *C. vidua*, cuya distribución está controlada por la presencia de una abundante cobertera vegetal en la superficie de las balsas. La asociación 2 se caracteriza por el predominio de *I. bradyi,* indicativa de la entrada de agua corriente a las balsas desde arroyos cercanos. En la asociación 3 predomina *S. aculeata*, estando su presencia controlada por la elevada conductividad del agua de las balsas. Finalmente se define una asociación 4, con escasos ejemplares vivos de *H. brevicaudata*, *P. pallida* y *P. albicans*, que aparece en una muestra tomada sobre sustrato arenoso muy grosero, que es desfavorable para el desarrollo de los ostrácodos.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al equipo de la Comunidad de las Bardenas Reales de Navarra su ayuda durante la recogida de las muestras y a Amaia Ordiales (servicios SciGea) su asistencia para el procesado de las mismas. Este trabajo ha sido financiado con el proyecto GIU 15/34 de la UPV/EHU, una beca postdoctoral "Contratación para la especialización de personal investigador doctor" (B. Martínez-García) de la UPV/EHU y una beca predoctoral BFI-2012-118 (O. Suarez-Hernando) del Gobierno Vasco.

REFERENCIAS

Comunidad de Bardenas Reales de Navarra 1998. *Plan de Ordenación de los Recursos Naturales de las Bardenas Reales de Navarra*. Boletín Oficial de Navarra, 113, 327 pp.

Henderson, P.A. 1990. Fresh water Ostracoda: keys and notes for the identification of the species. In: Kernack, D.M. and Barnes, R.S.K. (eds.), *Synopses of the British fauna (new series) Number 42*. Linnean Society of London, 228 pp.

Larrasoaña, J.C., Murelaga, X. and Garcés, M. 2006. Magnetobiochronology of Lower Miocene (Ramblian) continental sediments from the Tudela Formation (western Ebro basin, Spain). *Earth and Planetary Science Letters*, 243, 409-423.

Martens, K., Davies, BR., Baxter, AJ. and Meadows, ME. 1996. A contribution to the taxonomy and ecology of the Ostracoda Crustacea from Verlorenvlei Western Cape, South Africa. *South African Journal of Zoology*, 311, 23-36.

Martínez-García, B., Suarez-Hernando, O., Mendicoa, J. and Murelaga, X. 2015. Living ostracod species from permanent and semi-permanent ponds of Bardenas Reales de Navarra (northern Spain) with remarks on their ecological requirements. *Ameghiniana*, 52, 598-612.

Meisch, C. 2000. Freshwater Ostracoda of Western and Central Europe. In: Schwoerbel, J. and Zwick, P. (eds.), *Suesswasserfauna von Mitteleuropa 8/3*. Spektrum Akademischer, Verlag, Heidelberg, 522 pp.

Rodríguez-Lázaro, J. and Ruiz-Muñoz, F. 2012. A general introduction to ostracods: morphology, distribution, fossil record and applications. In: Horne, D.J., Holmes, J., Rodríguez-Lázaro, J. and Viehberg, F. (eds.), *Ostracoda as Proxies for Quaternary Climate Change*. Developments in Quaternary Science nº 17, Elsevier, 1-14.

Ruiz, F., Abad, M., Bodergat, A.M., Carbonel, P., Rodríguez-Lázaro, J., González-Regalado, M.L., Toscano, A., García, E.X. and Prenda, J. 2013. Freshwater ostracods as environmental tracers. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 10, 1115-1128.

Sancho, C., Peña, J.L., Muñoz, A., Benito, G., McDonald, E., Rhodes, E.J. and Longares, L.A. 2008. Holocene alluvial morphopedosedimentary record and environmental changes in the Bardenas Reales Natural Park (NE Spain). *Catena*, 73, 225-238.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

BIOESTRATIGRAFÍA CON AMMONITES DEL APTIENSE (CRETÁCICO INFERIOR) DE LA FORMACIÓN LA PEÑA EN LA SIERRA DEL PATRÓN, ESTADO DE DURANGO, MÉXICO

J.A. Moreno-Bedmar[1] y A. Casados-Monroy[2]

[1] Instituto de Geología, Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Coyoacán, 04510, Ciudad de México, México. josepamb@geologia.unam.mx
[2] Emiliano Zapata #112, col. Revolución, 93390, Poza Rica de Hidalgo, Veracruz, México. alexisjosue200@hotmail.com

RESUMEN

Se ha estudiado el registro de ammonites de la Formación La Peña (México) de la sección estratigráfica de La Sierra del Patrón donde se colectaron 202 ammonites distribuidos en 12 estratos. Los ammonites colectados se pueden agrupar en cinco unidades bioestratigráficas: Biozona *Dufrenoyia justinae*, Superbiozona *Kazanskyella minima*, Biozona *Caseyella aguilerae*, Subbiozona de conjunto *Dufrenoyia scotti/Burckhardtites nazasensis* y Subbiozona *Gargasiceras? adkinsi*. La biozonación de la sección estudiada permite establecer con gran precisión el límite Aptiense inferior-superior. Este esquema biozonal muestra diferencias sustanciales con esquemas biozonales mexicanos previos constituyendo un punto de inflexión para el desarrollo de la zonación de ammonites estándar para la Provincia Atlántico central para el piso Aptiense.

Palabras clave: Ammonites, Formación La Peña, Aptiense, biozonación estándar, México.

ABSTRACT

We study the ammonoid record of La Peña Formation (Mexico) at the La Sierra del Patrón stratigraphic section, where a total of 202 ammonites were collected in 12 different strata. The collected ammonoids can be grouped in five biostratigraphic units: *Dufrenoyia justinae* Biozone, *Kazanskyella minima* Superbiozone, *Caseyella aguilerae* Biozone, *Dufrenoyia scotti/Burckhardtites nazasensis* Subbiozone and *Gargasiceras? adkinsi* Subbiozone. The biozonation of the studied section allows us establishing with a great precision the Lower Aptian-Upper Aptian boundary. The biozonal scheme that we propose, shows substantial differences with a previous Mexican biozonal schemes, thus, could be a turning point in the development of a standard ammonite zonation ad hoc to the entire Central Atlantic province for the Aptian stage.

KEY WORDS: Ammonites, La Peña Formation, Aptian, standard zonation, Mexico.

INTRODUCCIÓN

Para el estudio de los ammonites del Cretácico inferior en México se ha venido empleando la biozonación de ammonites estándar mediterránea (e.g. Barragán *et al*., 2001; González-Arreola y Barragán, 2007; Barragán y

González-Arreola, 2009) que ha sido históricamente desarrollada en Francia, España, Rusia junto con otros países. Desde hace apenas tres años se puso de manifiesto que era necesario el desarrollo de una biozonación propia para México debido a la presencia de algunos géneros y abundantes especies endémicas (Moreno-Bedmar et al., 2013; Reboulet *et al*., 2014) aunque hubieron algunos intentos previos éstos únicamente planteaban el desarrollo de esquemas biozonales regionales para el norte de México (e.g. Cantú Chapa, 1976; Barragán-Manzo y Méndez-Franco, 2005). La biozonación estándar para los ammonites del Cretácico inferior que se está empezando a desarrollar se está denominando como Biozonación estándar para la Provincia faunística del Atlántico central y actualmente se está construyendo mediante el estudio de los ammonites de México y la revisión de los ammonites del sur de los Estados Unidos de América (e.g. Moreno-Bedmar *et al*., 2013; Moreno-Bedmar y Delanoy, 2013; González-Arreola et al., 2014; Reboulet *et al*., 2014; Moreno-Bedmar *et al*., 2015; Ovando-Figueroa *et al*., 2015; Ovando-Figueroa, 2016; Barragán *et al*., en prensa). Algunas de estas contribuciones recientes tratan sobre la revisión taxonómica de los ammonoideos de México y del sur de los Estados Unidos de América constituyendo esto una sólida base para los posteriores análisis bioestratigráficos. La construcción de una biozonación estándar para esta provincia necesitará de una gran cantidad de datos siendo claramente insuficientes los que se disponen actualmente. El presente trabajo constituye la tercera aportación bioestratigráfica reciente sobre los ammonites del Aptiense mexicano donde se estudia una sección estratigráfica situada en la Sierra del Patrón que es cercana a la sección de la Presa Francisco Zarco que fue estudiada recientemente por Moreno-Bedmar *et al*. (2013) proponiéndose un esquema biozonal para la sección de la Sierra del Patrón que difiere considerablemente de la zonación de ammonites previa de Moreno-Bedmar *et al*. (2013). Estas diferencias creemos se deben a tres factores: El primero de ellos es que los trabajos recientes de revisión taxonómica de ammonites del Aptiense nos brindan un mejor conocimiento taxonómico que nos permite enmendar errores de identificación previos. El segundo factor son las diferencias en el registro de ammonites que a pesar de la proximidad de las secciones estratigráficas es notable. El tercer factor se debe a algunas diferencias en los rangos biostratigráficas de los diferentes taxones. Las sustanciales diferencias del esquema biozonal propuesto en este trabajo constituyen un punto de inflexión para el desarrollo de la zonación de ammonites estándar para la Provincia Atlántico central para el piso Aptiense y en este hecho radica la importancia de la presente contribución.

ANÁLISIS BIOESTRATIGRÁFICO

Los ammonites estudiados proceden de la parte baja hasta la parte media de la Formación La Peña en La Sierra del Patrón. La Fm. La Peña fue definida por Imlay (1936) y posteriormente enmendada por Humphrey (1949) siendo la concepción actual de esta unidad litoestratigráfica la establecida por Humphrey. Esta formación se corresponde a un evento transgresivo que tuvo lugar durante el Aptiense que ahogó la extensa plataforma carbonatada conocida como Formación Cupido (e.g. Barragan, 2001; Moreno-Bedmar *et al*., 2012). La Sierra del Patrón forma parte de La Sierra del Rosario, los ammonites Aptienses de esta área fueron inicialmente estudiados por Burckhardt (1925) quien describió varias especies nuevas en esta zona por donde pasa el rio Nazas. Posteriormente este registro de ammonites del Aptiense no fue nuevamente trabajado hasta la tesis doctoral de Barragan (2000) en la localidad de la Presa Francisco Zarco (=PFZ). Esta tesis incluye un trabajo taxonómico y su posterior trabajo bioestratigráfico. Posteriormente la bioestratigrafía de dicha sección fue publicada en Barragan (2001). Recientemente se realizó un trabajo donde se propone un nuevo esquema biozonal para la misma sección PFZ (Moreno-Bedmar *et al*., 2013). La región de La Sierra del Rosario presenta varios afloramientos de la Formación la Peña con un rico registro de ammonites que están siendo objeto de estudio entre ellos se halla la localidad de La Sierra del Patrón que es la primera donde se ha concluido el análisis taxonómico y bioestratigráfico de los ammonites. En la sección estudiada de La Sierra del Patrón, con coordenadas en la base de La Peña N 25° 14′ 11.9″ W 103° 42′ 5.18″, se colectaron 202 ammonites distribuidos en 12 estratos (Figura 1) que han podido ser agrupados en cinco unidades bioestratigráficas de diferente rango que serán descritas y caracterizadas a continuación: Biozona *Dufrenoyia justinae*, Superbiozona *Kazanskyella minima*, Biozona *Caseyella aguilerae,* Subbiozona de conjunto *Dufrenoyia scotti/Burckhardtites nazasensis* y Subbiozona *Gargasiceras? adkinsi*.

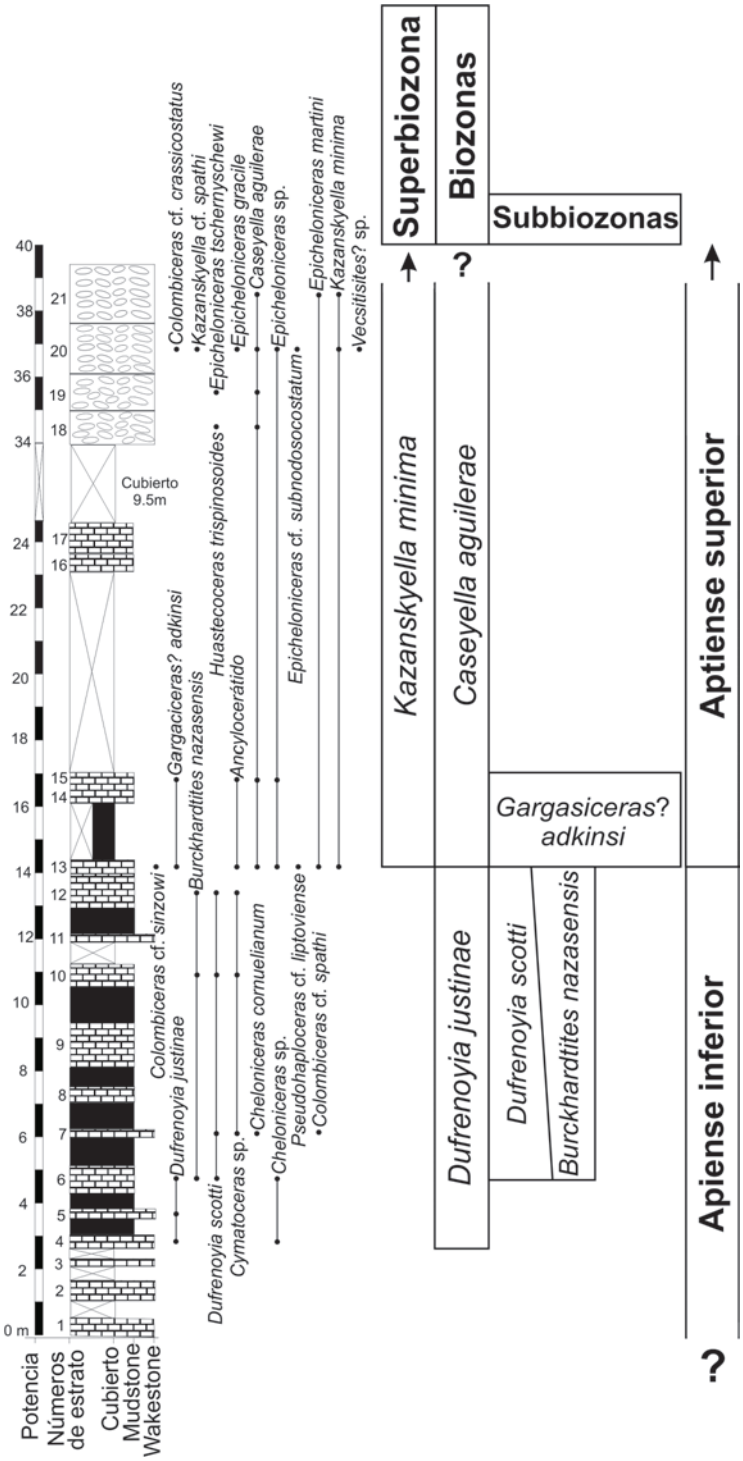


Figura 1. Sección estratigráfica de La Sierra del Patrón con la distribución de los ammonites y su análisis bioestratigráfico.

Biozona de intervalo *Dufrenoyia justinae:* El límite inferior de esta biozona se define por la primera aparición de *Dufrenoyia justinae* (Hill, 1893), mientras que su límite superior está marcado por el inicio de tres unidades biostratigráficas superpuestas: Superbiozona *Kazanskyella minima*, Biozona *Caseyella aguilerae* y Subbiozona *Gargasiceras? adkinsi*. La Biozona *D. justinae* fue propuesta por Scott (1940) y ha sido ampliamente empleada posteriormente por varios autores en México y Estados Unidos de América (e.g. Young, 1974; Cantú-Chapa, 1976; Barragan, 2001; Moreno-Bedmar *et al*., 2012, 2013, 2015 y Barragán et al. en prensa). En la sección estratigráfica estudiada la Biozona *Dufrenoyia justinae* se extiende del estrato 4 al 12 (Figura 1) y ha proporcionado las siguientes especies de ammonites: *Dufrenoyia justinae* (Figura 2, A1-2); *Dufrenoyia scotti* Humphrey, 1949 (Figura 2, B1-3); *Burckhardtites nazasensis* (Burckhardt, 1925) (Figura 2, E1-3); *Cheloniceras cornuelianum* (d'Orbigny, 1841); *Cheloniceras* sp. y *Colombiceras* cf. *spathi* Humphrey, 1949.

Superbiozona de intervalo *Kazanskyella minima:* Esta superbiozona se define por la primera aparición de *Kazanskyella minima* (Scott, 1940) y su límite superior no puede ser definido en la sección estudiada. Esta superbiozona se extiende del estrato 13 al 21 (Figura 1) y ha proporcionado las siguientes especies de ammonites: *Kazanskyella minima* (Figura 2, J1-2); *Kazanskyella* cf. *spathi* (Stoyanow, 1949); *Gargasiceras*? *adkinsi* (Humphrey, 1949) (Figura 2, C1-2 y D1-3); *Huastecoceras trispinosoides* (Burckhardt, 1925) (Figura 2, F1-3 y G1-2); *Caseyella aguilerae* (Burckhardt, 1925) (Figura 2, I1-2 y K1-2); *Pseudohaploceras* cf. *liptoviense* (Zeuschner, 1856); *Epiheloniceras martini* (d'Orbigny, 1841); *Epicheloniceras tschernyschewi* (Sinzow, 1906); *Epicheloniceras gracile* (Casey, 1961); *Epicheloniceras* cf. *subnodosocostatus* (Sinzow, 1906) (Figura 2, H); *Epicheloniceras* sp.; *Colombiceras* cf. *crassicostatus* (d'Orbigny, 1841) (Figura 2, L1-2); *Colombiceras* cf. *sinzowi* (Kazansky, 1914); *Vectisites*? sp. y un ancylocerátido que no ha sido posible identificar. *Kazanskyella minima* fue utilizada como una unidad bioestratigráfica por primera vez por Ovando-Figueroa (2016) quien la empleó con rango de biozona. En este trabajo se propone utilizar esta unidad bioestratigráfica con rango de superbiozona pues parece abarcar prácticamente todo el Aptiense superior (Ovando-Figueroa, 2016). La biozona propuesta por Young (1974) *Kazanskyella spathi* parece ser equivalente pues posee un rango bioestratigráfico similar sin embargo no se emplea en el presente trabajo ni el de Ovando-Figueroa (2016) pues en México esta especie es mucho más escasa que *K. minima*.

Biozona de intervalo *Caseyella aguilerae:* El límite inferior de esta biozona se define por la primera aparición de *Caseyella aguilerae* (Burckhardt, 1925) pero su límite superior no puede ser definido en la sección estudiada. La Biozona *C. aguilerae* fue propuesta por Moreno-Bedmar et al. (2013). En la sección estratigráfica estudiada se extiende del estrato 13 al 21 (Figura 1) de igual forma que la superbiozona *Kazanskyella minima*. La Biozona *C. aguilerae* es equivalente a la biozona *Caseyella reesidei* propuesta por Cantú Chapa (1976) pero la especie *C. reesidei* (Humphrey, 1949) es sinónima de *C. aguilerae* y por eso emplea la especie de Burckhardt pues posee prioridad taxonómica.

Subbiozona de conjunto *Dufrenoyia scotti/Burckhardtites nazasensis:* El límite inferior de esta biozona se define por la primera aparición de *Dufrenoyia scotti* (Humphrey, 1949) y *Burckhardtites nazasensis* (Burckhardt, 1925) y su límite superior se define por el inicio de tres unidades biostratigráficas superpuestas: Superbiozona *Kazanskyella minima*, Biozona *Caseyella aguilerae* y Subbiozona *Gargasiceras*? *adkinsi*. La Subbiozona *Dufrenoyia scotti/Burckhardtites nazasensis* se propone por vez primera en este trabajo si bien en trabajos previos ya se había constatado que *Burckhardtites nazasensis* era uno de los últimos deshayesítidos presentes en México (Barragán-Manzo y Méndez-Franco, 2005). En la sección estratigráfica de la Sierra del Patrón esta subbiozona se extiende del estrato 6 al 12 (Figura 1).

Subbiozona de rango total *Gargasiceras? adkinsi:* El límite inferior de esta subbiozona se define por la primera aparición de *Gargasiceras*? *adkinsi* (Humphrey, 1949) y su límite superior por la última aparición. La Subbiozona *Gargasiceras*? *adkinsi* fue propuesta por Moreno-Bedmar *et al*. (2013) pero con rango de biozona. Existen diferencias sustanciales con la concepción original de esta unidad bioestratigráfica y la empleada en este trabajo. Según la definición original esta unidad bioestratigráfica iniciaba con la primera aparición de la especie homónima y finalizaba con la primera aparición de *Caseyella aguilerae* tratándose pues de una biozona de intervalo. En este trabajo se trata de una subbiozona de rango total y la primera aparición de *G.*? *adkinsi* coincide con la primera aparición de *C. aguilerae*. La

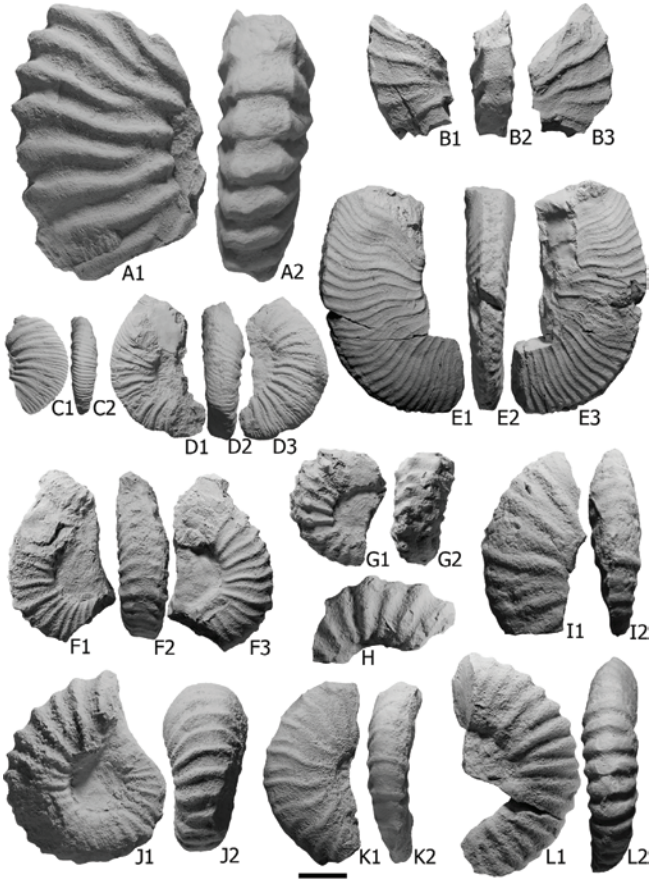


Figura 2. A1-2: *Dufrenoyia justinae* vista lateral y ventral del ejemplar ML4-27, estrato 4. B1-2: *Dufrenoyia scotti* vistas laterales y ventral del ejemplar ML10-3, estrato 10. C1-2: *Gargasiceras*? *adkinsi* vista lateral y ventral del ejemplar ML15-4, estrato 15. D1-3: *Gargasiceras*? *adkinsi* vistas laterales y ventral del ejemplar ML15-5, estrato 15. E1-3: *Burckhardtites nazasensis* vistas laterales y ventral del ejemplar ML12-8, estrato 12. F1-3: *Huastecoceras trispinosoides* vistas laterales y ventral del ejemplar ML18-4, estrato 18. G1-2: *Huastecoceras trispinosoides* vista lateral y ventral del ejemplar ML18-9, estrato 18. H: *Epicheloniceras* cf. *subnodosocostatum* vista lateral del ejemplar ML20-19, estrato 20. I1-2: *Caseyella aguilerae* vista lateral y ventral del ejemplar ML19-2, estrato 19. J1-2: *Kazanskyella minima* vista lateral y ventral del ejemplar ML20-3, estrato 20. K1-2: *Caseyella aguilerae* vista lateral y ventral del ejemplar ML20-17, estrato 20. L1-2: *Colombiceras* cf. *crassicostatus* vista lateral y ventral del ejemplar ML20-16, estrato 20. La escala gráfica es igual a 1 cm.

posición bioestratigráfica de *G.*? *adkinsi* es también diferente, en este trabajo se establece que toda la subbiozona debe ser atribuida a la base del Aptiense superior mientras que en el trabajo de Moreno-Bedmar *et al*. (2013) se estableció que parte de la misma debería ser Aptiense inferior terminal y su parte superior Aptiense superior basal pero en dicho trabajo ya se ponía de manifiesto que la posición del límite Aptiense inferior-superior no estaba bien establecido y se planteaba su posible posición con dudas. En la sección estratigráfica estudiada esta subbiozona se extiende del estrato 13 al 15 (Figura 1) donde se han identificado los siguientes ammonites: *Gargasiceras*? *adkinsi*; *Kazanskyella minima*; *Caseyella aguilerae*; *Epiheloniceras martini*; *Epicheloniceras* sp.; *Colombiceras* cf. *sinzowi* y un ancylocerátido que no ha sido posible identificar.

DISCUSIÓN

El límite Aptiense inferior-superior ha podido ser establecido con gran precisión en la sección aquí estudiada. El inicio del Aptiense superior ha quedado bien fijado mediante la primera aparición de *Kazanskyella minima*, *Caseyella aguilerae* y *Gargasiceras*? *adkinsi* taxones que aparecen junto con *Epicheloniceras martini*. En la biozonación mediterránea estándar de Reboulet *et al*. (2014) se emplea para caracterizar este límite la primera aparición de *Epicheloniceras martini* y en la sección estudiada sería posible emplear este mismo criterio sin embargo las primeras

apariciones de las tres especies endémicas anteriormente mencionadas parecen ser un criterio mucho más adecuado para establecer este límite en la provincia faunística del Atlántico central pues estos tres taxones son más comunes que *E. martini* especialmente en el caso de *Caseyella aguilerae* y *Gargasiceras*? *adkinsi* siendo *Kazanskyella minima* una especie más escasa. En trabajos anteriores Moreno-Bedmar *et al*. (2013 y 2015) exploraron el valor bioestratigráfico del taxón endémico *Huastecoceras trispinosoides* pero todo parece indicar que el rango de esta especie es muy variable extendiéndose desde el Aptiense inferior terminal hasta el Aptiense superior por encima de la Subbiozona *Gargasiceras*? *adkinsi.* Este rango tan variable hace que esta especie no puede ser empleada desde un punto de vista biostratigráfico de forma precisa a nivel de la Provincia faunística del Atlántico central. En la sección estudiada *Huastecoceras trispinosoides* es bastante común en el estrato 18 que parece registrar el Acme de este taxón. A nivel regional, zona de La Sierra del Rosario, parece probable que la posición del Acme de *Huastecoceras trispinosoides* tuviera un cierto valor bioestratigráfico pero será necesario el estudio de varias secciones de esta región para contratar esta hipótesis.

CONCLUSIONES

La sección de la Sierra del Patrón ha permitido colectar 202 ammonites que se distribuyen en cinco unidades bioestratigráficas: Biozona *Dufrenoyia justinae*, Superbiozona *Kazanskyella minima*, Biozona *Caseyella aguilerae*, Subbiozona *Dufrenoyia scotti/Burckhardtites nazasensis* y Subbiozona *Gargasiceras*? *adkinsi*. Esta biozonación permite establecer con gran precisión el límite Aptiense inferior-superior. El esquema biozonal de la sección de La Sierra del Patrón muestra diferencias sustanciales con esquemas biozonales previos constituyendo un punto de inflexión para el desarrollo de la zonación de ammonites estándar para la Provincia Atlántico central para el piso Aptiense.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo económico del proyecto PAPIIT IA104715 de la DGAPA, Universidad Nacional Autónoma de México. Quisiéramos también agradecer la inestimable ayuda en las dos campañas de campo realizadas a Jesús Quiroz Barragán quien conoce con detalle varios afloramientos de la Fm. La Peña en La Sierra del Rosario y nos mostró la localidad de La Sierra del Patrón junto con algunas otras que actualmente están siendo objeto de estudio.

REFERENCIAS

Barragan, R. 2000. *Ammonite biostratigraphy, lithofacies variations, and paleoceanographic implications for Barremian-Aptian sequences of northeastern Mexico*. Tesis de doctorado sin publicar. Florida, Miami, U.S.A. Florida International University, Department of Geology, 296 pp.

Barragan, R. 2001. Sedimentological and paleocological aspects of the Aptian transgressive event of Sierra del Rosario, Durango, northeast Mexico. *Journal of South American Earth Sciences*, 14, 189-202.

Barragán-Manzo, R. y Méndez-Franco, A.L. 2005. Towards a standard ammonite zonation for the Aptian (Lower Cretaceous) of northern Mexico. *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas*, 22 (1), 39-47.

Barragán, R., Moreno-Bedmar, J.A. y González-Arreola, C. (en prensa). Aptian ammonites from Mazapil, Zacatecas State (north-central Mexico) studied by Burckhardt in 1906: A revision. *Carnets de Géologie* [*Notebooks on Geology*].

Barragán, R. y González-Arreola, C. 2009. *Rodighieroites belimelensis* (MANDOV) (Ammonoidea) from the Taraises Formation (upper Valanginian), Durango, northeastern Mexico: biostratigraphic and paleobiogeographic implications. *Cretaceous Research*, 30, 300-306.

Burckhardt, C. 1925. Faunas del Aptiano de Nazas (Durango). *Instituto de Geología de México, Boletín*, 45, 1-71.

Cantú Chapa, C.M. 1976. Estratigrafía de la Formación La Peña (Aptiano Sup.) en el área de Monterrey, N. L. *Revista del*

Instituto Mexicano del Petróleo, 8 (4), 7-16.

González-Arreola, C. y Barragán, R. 2007. *Oosterella* (Ammonoidea) from the Taraises Formation (upper Valanginian), Durango, northeast Mexico. *Cretaceous Research*, 28, 419-427.

González-Arreola, C., Barragán, R. y Moreno-Bedmar, J.A. 2014. Olcostephanidae (Ammonoidea) from the upper Valanginian Taraises Formation (Durango State, Mexico), *Cretaceous Research*, 49, 55-62.

Humphrey, W.E. 1949. Geology of Sierra de Los Muertos area, Mexico (with descriptions of Aptian cephalopods from the La Peña Formation). *Geological Society of America Bulletin* 60, 89-176.

Moreno-Bedmar, J.A., Bover-Arnal, T., Barragán, R. y Salas, R. 2012. Uppermost Lower Aptian transgressive records in Mexico and Spain: chronostratigraphic implications for the Tethyan sequences. *Terra Nova*, 24 (4), 333-338.

Moreno-Bedmar, J.A., Barragán Manzo, R., Company Sempere, M. y Bulot, L.G. 2013. Aptian (lower Cretaceous) ammonite biostratigraphy of the Francisco Zarco Dam stratigraphic section (Durango State, northeast Mexico). *Journal of South American Earth Sciences,* 42, 150-158.

Moreno-Bedmar, J.A. y Delanoy, G. 2013. About the generic attribution of *Megatyloceras casei* Humphrey, 1949 (Ammonoidea, Ancyloceratina), from the Aptian of Mexico. *Carnets de Géologie* [*Notebooks on Geology*], Brest, Letter 2013/06 (CG2013_L06), 315-323.

Moreno-Bedmar, J.A., Mendoza-Rosales, C.C., Minor, K.P., Delanoy, G., Barragán, R. y González-León, O. 2015. Towards an Aptian (Lower Cretaceous) ammonite biostratigraphy of the Mina Texali section, Central Atlantic province (Puebla State, Central Mexico). *Cretaceous Research*, 54, 203-211.

Ovando-Figueroa, J.R., Moreno-Bedmar, J.A., Chávez-Cabello, G. y Minor, K.P. 2015. Lower Aptian ammonites of the Sierra de Parras, Coahuila State, northern Mexico. Carnets de Géologie [Notebooks on Geology], Brest, vol. 15 (1), 1-11.

Ovando-Figueroa, J.R. 2016. *Ammonites del Aptiano superior-Albiano inferior (Cretácico inferior) de la sección de Cerro Chino del estado de Chihuahua, noroeste de México*. Tesis de licenciatura sin publicar. Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Ciudad de México, 98 pp.

Reboulet, S., Szives, O., Aguirre-Urreta, B., Barragán, R., Company, M., Idakieva, V., Ivanov, M., Kakabadze, M.V., Moreno-Bedmar, J.A., Sandoval, J., Baraboshkin, E.J., Çaglar, M.K., Fozy, I., González-Arreola, C., Kenjo, S., Lukeneder, A., Raisossadat, S.N., Rawson, P.F. y Tavera, J.M. 2014. Report on the 5th International Meeting of the IUGS Lower Cretaceous Ammonite Working Group, the Kilian Group (Ankara, Turkey, 31st August 2013). *Cretaceous Research*, 50, 126-137.

Young, K. 1974. Lower Albian and Aptian (Cretaceous) ammonite of Texas. *Geoscience and Man*, 8, 175-228.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

THE EARLIEST JURASSIC BRACHIOPOD RECORD IN THE LUSITANIAN BASIN: PALAEOECOLOGICAL INSIGHTS

R. Paredes[1,2], M.J. Comas-Rengifo[1], L.V. Duarte[2], F. García Joral[1] and A. Goy[1]

[1] Departamento de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, Universidad Complutense de Madrid, C/ José Antonio Nováis, 12-2, 28040 Madrid, España. ricardo.paredes@ucm.es
[2] MARE - Marine and Environment Research Centre, Faculdade de Ciências e Tecnología, Universidade de Coimbra, R. Sílvio Lima, Polo II, 3030-709 Coimbra, Portugal.

ABSTRACT

In this work the study of the earliest Lower Jurassic brachiopod record in the Lusitanian Basin (Portugal) is reassessed. New perspectives are given regarding the palaeoecology of the terebratulinid "*Terebratula*" *ribeiroi*. These animals are the first colonizer brachiopods in the platform and are the dominant filter-feeding elements in macrofauna assemblages and often are the exclusive taxa. They occur in abundance in lowermost Oxynotum Chronozone and became extinct during the Oxynotum Subchronozone in the transition from Coimbra to Água de Madeiros formations in S. Pedro de Moel area. There is a slight size reduction over time and the smooth ornamentation is a more common trend than the morphologies with ribs. As a dominant species it shows all morphology disparity until the moment of brachiopod diversity increase. It was a pioneer colonizer species in the basin and it dominates the benthic assemblages. The recent terebratellinid *Magellania venosa* is used as analogue to infer and corroborate palaeoecological aspects of "*T.*" *ribeiroi*.

Key words: Terebratulinida, radial ornamenting, opportunistic, Lusitanian Basin, Upper Sinemurian.

RESUMEN

Se estudian los primeros registros de braquiópodos del Jurásico Inferior de la Cuenca Lusitánica (Portugal) que corresponden al terebratulínido "*Terebratula*" *ribeiroi* y su aparición se enfoca bajo una perspectiva paleoecológica. Estos braquiópodos son los primeros colonizadores de la plataforma siendo la macrofauna filtradora dominante y frecuentemente única. Se encuentra de forma abundante en la parte inferior de la Cronozona Oxynotum y se extingue durante la Subcronozona Oxynotum en la transición entre las formaciones Coimbra y Água de Madeiros en el área de S. Pedro de Moel. A lo largo del tiempo, se ha observado una ligera reducción del tamaño y un aumento de las formas lisas sobre las costuladas. Como especie dominante muestra una gran variabilidad morfológica en un momento en que la diversidad de los braquiópodos era muy baja. Fue una especie colonizadora y pionera en la cuenca que dominó en las asociaciones de bentónicos. El estudio de poblaciones de la especie actual *Magellania venosa* ha servido para inferir posibles condicionantes paleoecológicas de "*T.*" *ribeiroi*.

Palabras clave: Terebratulinida, ornamentación radial, oportunista, Cuenca Lusitánica, Sinemuriense Superior.

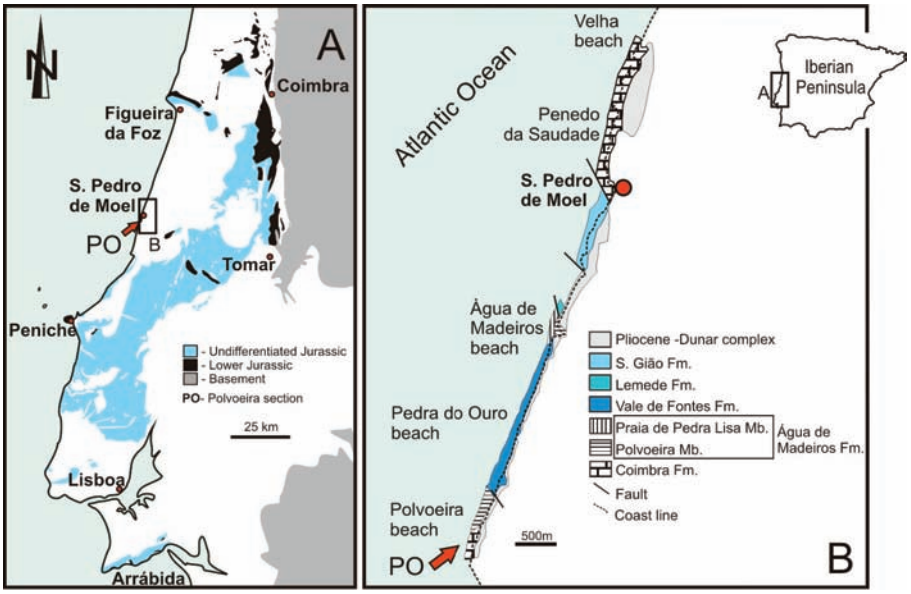


Figure 1. Geographic and geological framework of the studied section (arrows). Detailed geologic map (B) adapted from Duarte *et al.* (2008).

INTRODUCTION

The Lusitanian Basin is an N-S elongated, protected and shallow water basin recording the first marine sedimentation process during the Upper Sinemurian (Lower Jurassic) transgression, related with the north-Atlantic oceanic opening. The Upper Sinemurian stratigraphic succession evidences the first brachiopod records which are constricted to the Oxynotum Chronozone interval. Those records are of "*Terebratula*" *riberoi* Choffat, 1901, a species supposedly endemic to the basin (Choffat, 1948; Mouterde *et al.*, 1981; Paredes *et al.*, 2013) although some controversy is established with an unclear citation from Costero-Catalan Range (Almerás *et al.*, 2014).

These occurrences are better observed in the south S. Pedro de Moel (SPM) outcrops, namely Polvoeira section (=Pentelheira, historical name), which is the type locality for the species. Afterwards and more recently a putative Genus name assignations were attempted, such as *Plectoidothyris* (Colo, 1953; Almerás *et al.*, 2014), *Hesperithyris* (Ager and Walley, 1977), *Plectothyris* (Paredes *et al.*, 2012) or *Merophricus* (Paredes *et al.*, 2013). In fact it is recognized as a high polymorphic species regarding shape and ornamentation.In the present work a new insight in the palaeocological perspective is preferred and the taxonomic approach to future work is relegated. So it will be referred as "*Terebratula*" *ribeiroi* hereafter.

The adaptive value of shell ribs in brachiopods still not demonstrated (Cohen *et al.*, 2014). But it is reasonable to postulate the hypothesis that ribs play a different role in hydrodynamics and fitness of ribbed or smooth individuals. Is the ribbing presence related to the sedimentary facies and sequences as well? Our data may give new insights on that matter as those effects are likely to be an advantage in turbulent regimes in opposite to smooth ornamentation in laminar sedimentary regime.

METHODS

A bed-by-bed, hand-chisels picking sample method was performed in the Polvoeira section along the 28 m outcrop (Fig. 1). Those records materialize the Coimbra Fm. top succession in SPM area (Duarte and Soares, 2002;

Duarte *et al*., 2014), and have an ideal exposure at erosional periods of the year, when the work was carried out. The succession consists in metrical to decimetrical limestones, mainly wackstones, that pass to centimetrically layered and more rhythmic marly-limestone alternation until the base of Água de Madeiros Fm. A total of 357 articulated brachiopod individuals were obtained from 20 consecutive sampled levels. Specimens of all different sizes were collected in order to perform a biometrical population study including all morphologies observed in the field.

Length, width and height were determined with a digital vernier calliper and measures were taken to the lower 0.1 mm significance.

RESULTS AND DISCUSSION

"*T.*" *riberoi* is the earliest brachiopod occurrence in the Jurassic record of the basin. It is abundant in lowermost Oxynotum Chronozone and became extinct during the Oxynotum Subchronozone in the transition from Coimbra to Água de Madeiros formations in S. Pedro de Moel area. New detailed stratigraphic observations evidenced that the occurrence of "*T.*" *riberoi* is related with the beginning of transgressive influxes marked by thin marly sedimentation that overlaps bioturbated hardgrounds several times with sub-aerial exposures and with *Liostrea* pavements. The succession is interpreted as a 2nd-order transgressive sequence (Duarte *et al*., 2014). The monospecific brachiopod occurrence is related with the first transgressive 3rd order sequence (Fig. 2).

The commonly observed geopetal infilling of the shell or geode features gives the perspective of sudden burial sedimentation episodes with no evidence of transportation or other taphonomic process.

A morphologically similar modern brachiopod *Magellania venosa* (Solander, 1789) could be compared to those Lower Jurassic terebratulids mass occurrences, because both occur as dominant or even exclusive in benthos community. With a coastal Antartic to Subantartic distribution (Chile and south Argentina) is usually found from sub-tidal (or even inter-tidal) to 1900 m depth bathyal zones (McCammon, 1973), pedicle-attached to bioclasts, pebbles or even clustering each others. "*T.*" *ribeiroi* and also the recent *Magellania* species exhibit apparently random shell ribbing. Cohen *et al.* (2011) underwent studies to better understand ribbing development in those modern shells and its morphogenesis and achieved scarcet evidences.

The performed analysis shows that the first appearing individuals are more costulated and that costulation and size decreases over time (Fig. 2, left). Although there is a preference to larger forms to develop ribs, ribbing as a purely ontogenetic process is discarded because not all juvenile or adult specimens feature that type of ornamentation. So a hypothesis is to explain this morphological disparity merely by the expression of species genetic pool. During the occurrence as an opportunistic species, "*T.*" *ribeiroi* colonized the platforms and displayed very disparate morphologies. That corresponds to the dominance time when there was no competition for space. Thereafter, the beginning of diversity in the platform forced those populations to stay in their stable morphology. So when species diversity increases, a decrease in "*T.*" *ribeiroi* disparity is observed (Fig. 2, right below). The hypothesis that ribbed and smooth could correspond to different morphospecies is disregarded by the high correlation as evidenced in length vs. with and width vs. high variograms (Fig. 2, right above).

It is plausible to relate those terebratulid assemblages to a palaeocommunity and to compare to their south-hemisphere *Magellania* analogues. In both cases they can be regarded as opportunistic species because they are dominant benthic macrofauna assemblages exhibiting all morphologies, even aberrant forms. *M. venosa* is a successful competitor and a pioneer with low juvenile mortality, as indicated by settling dynamics (Baumgarten *et al*., 2014). As inferred by the data, "*T.*" *ribeiroi* could have had a similar ecological status. Furthermore, regarding the observed population density it might had a high growth rate, a difficult fact to prove. But the analogue *M. venosa* has the highest growth rate among modern brachiopods (Baumgarten *et al*., 2014). Cold and nutrient-rich waters are the main ecologic limitation factors governing the *M. venosa* distribution, more than bathymetry (McCommon, 1973). This author pointed out that this species apparently lives directly in muddy substrate. That possibility could be also be attributed to "*T.*" *ribeiroi* because high density occurrence was observed in the maximum flooding interval (MFI, Fig. 2, left) associated to 3rd order phase evolution. Nevertheless the individuals featured mainly smooth ornamentation (Fig. 3.1-3) in that interval. This can be an adaptive function to more laminar hydrodynamic flux as a selective advantage comparing to ribbed shells (Cohen *et al*., 2011).

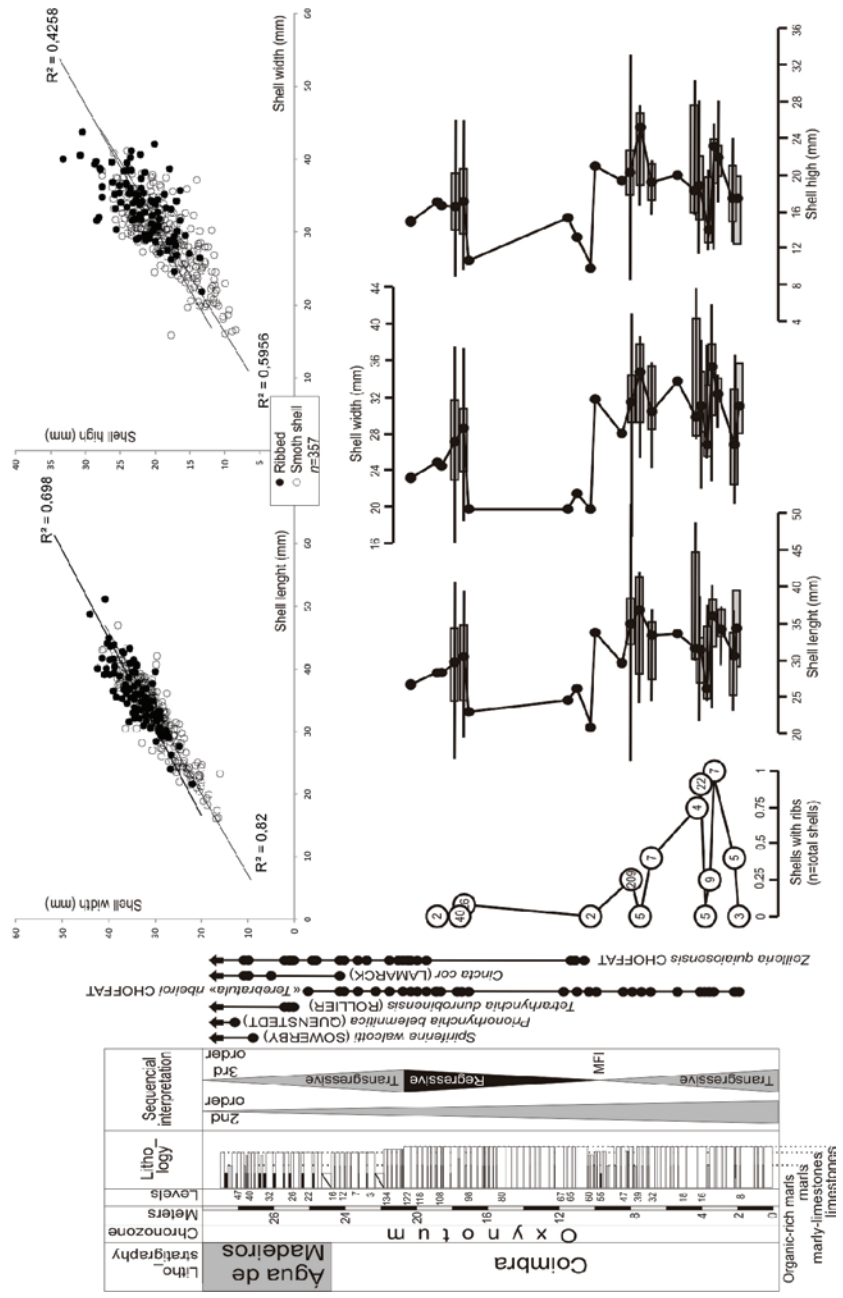


Figure 2. Left: Stratigraphic log of the Polvoeira section, sequence interpretation (based on Duarte *et al.*, 2014), with the stratigraphic brachiopod distribution in the upper part of the Coimbra to the Água de Madeiros formations transition across the Upper Sinemurian (*p. p.*). Taxa distribution partially adapted from Paredes *et al.* (2013); right, above: "*Terebratula*" *ribeiroi* biometric analysis; below: evolution of size and of the percentage of ribbed shells in the studied individuals.

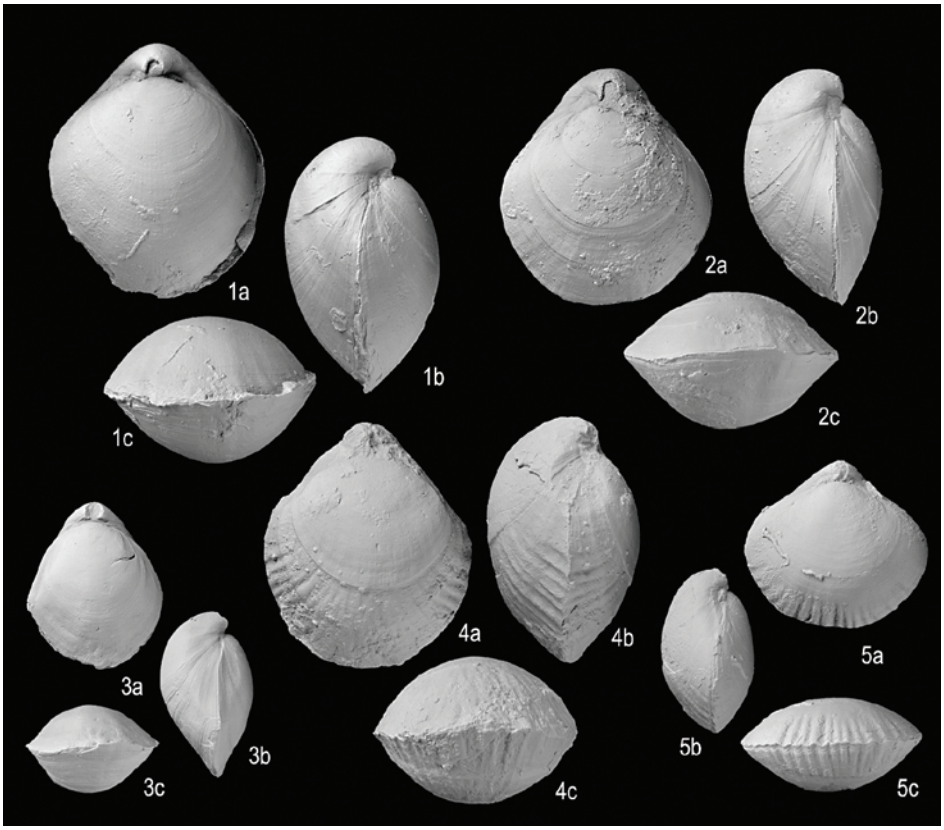


Figure 3. "*Terebratula*" *ribeiroi* Choffat -1a-c: PO100t.2; 2a-c: PO40.85; 3a-c: PO101b.8; 4a-c: PO14.6; 5a-c: PO14.6; 6a-c: PO16b.11. (a) dorsal; (b) lateral; (c) frontal. All specimens are figured at natural size.

CONCLUDING REMARKS

The epi-oceanic to epi-continental colonization process is a plausible hypothesis to explain how "*T.*" *ribeiroi* was established in the Lusitanian Basin during the Oxynotum Chronozone. That species is regarded as opportunistic, developing large forms and a high disparity in morphologies. A dominance mechanism is interpreted as a result of vacant niche occupancy in the platforms. Thereafter, the increase of brachiopod species diversity led to species disparity decrease and a stable morphology predominated. Smaller and smooth individuals were the last representatives of that endemic terebratulid species. Ribbed shells were no longer present prior to the taxa extinction during the middle-late Oxynotum Subchronozone. Data may also suggest a possible relation with bathymetry increase as confirmed by sequence interpretation.

ACKNOWLEDGMENTS

We are grateful to Carlos Alonso (UCM) for the photographic work. This is a contribution to the research project CGL2015-66604-R (MINECO-Spain) and to the UCM research group: Procesos Bióticos Mesozoicos (PBM).

REFERENCES

Ager, D. V. and Walley, C. D. 1977. Mesozoic brachiopod migrations and the opening of the North Atlantic. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 21, 85-99.

Alméras, Y., Cougnon M. et Fauré, P. 2014. Les brachiopodes jurassiques (Terebratulidina) - Principaux genres et leur évolution, les espèces, extensions verticales et répartition géographique. *Strata*, 49, 198 pp.

Baumgarten, S., Laudien, J., Jantzen, C., Häussermann, V. and Försterra, G. 2014. Population structure, growth and production of a recent brachiopod from the Chilean fjord region. *Marine Ecology*, 35, 401-413.

Choffat P. 1901. Espèces nouvelles ou peu connues du Mésozoique portugais. *Journal de Conchyliologie*, 49 (8), 33-41.

Choffat P. 1948. *Description de la Faune Jurassique du Portugal - Brachiopodes (ouvrage posthume)*. Mémoires du Services Géologique du Portugal, Lisboa, 108 pp.

Cohen, B.L., Bitner, M.A., Harper, E.M., Lee, D.E., Mutschke, E. and Sellanes, J. 2011. Viacariance and convergence in Magellanic and New Zealand long-looped brachiopod clades (Pan-Brachiopoda: Terebratelloidea). *Zoological Journal of the Linnean Society,* 162 (3), 631-645.

Colo, G. 1953. Sur la faune de Térébratules multiplissés d´un gisement du Lias moyen de la region d´Ifrane (Causse-moyen atlasique). *Notes et Mémoires du Service Géologique du Maroc*, 117, 145-171.

Duarte, L.V. and Soares, A.F. 2002. Litostratigrafia das séries margo-calcárias do Jurássico inferior da Bacia Lusitânica (Portugal). *Comunicações Instituto Geológico e Mineiro*, 89, 135-154.

Duarte, L.V., Silva, R.L., Duarte, C.B., Azerêdo, A.C. and Comas-Rengifo, M.J., 2008. Litostratigrafia do Jurássico Inferior da região de S. Pedro de Moel (Bacia Lusitânica). En: P.M. Callapez, R.B. Rocha, J.F. Marques, L.S. Cunha e P.M. Dinis, (eds.). A Terra, Conflitos e Ordem. Homenagem ao Professor Ferreira Soares, MMGUC, 175–185.

Duarte, L.V., Silva, R.L., Azerêdo, A.C., Paredes, R. and Rita, P. 2014. A Formação de Coimbra na região de S. Pedro de Moel (Oeste de Portugal). Caracterização litológica, definição litostratigráfica e interpretação sequencial. *Comunicações Geológicas*, 101, Especial I, 421-425.

McCammon, H. 1973. The Ecology of *Magellania venosa*, an articulate brachiopod. *Journal of Paleontology*, 47 (2), 266-278.

Paredes, R., Comas-Rengifo M. J. and Duarte L. V. 2012. Prevalências e mudanças da macrofauna bentónica (bivalves e braquiópodes) do Sinemuriano superior da Bacia Lusitânica. En: L.V. Duarte, R.L. Silva e R. Paredes (eds.), *Fácies orgânicas no Jurássico carbonatado da Bacia Lusitânica: da Estratigrafia clássica ao potencial de geração de hidrocarbonetos*, Conímbriga, 9-10.

Paredes, R., Comas-Rengifo M.J., Duarte L.V. and Goy, A. 2013. Braquiópodes do Sinemuriano superior da região de S. Pedro de Moel e de Peniche (Bacia Lusitânica, Portugal). *Comunicações Geológicas*, 100 (Especial I), 29-35.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LOS AMMONOIDEOS DEL TRIÁSICO MEDIO DE ESPAÑA. IMPLICACIONES BIOESTRATIGRÁFICAS Y PALEOBIOGEOGRÁFICAS

J.A. Pérez-Valera[1], M.J. Escudero-Mozo[2,3], A. Arche3, A. Goy[1], J. López-Gómez[3], A. Pérez-López[4] y F. Pérez-Valera[5]

[1] Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, España-Spain. jalbertoperez@geo.ucm.es, angoy@geo.ucm.es
[2] Departamento de Estratigrafía, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid, España-Spain. mjescudero@geo.ucm.es
[3] Instituto de Geociencias (CSIC, UCM), José Antonio Nováis 12, 28040 Madrid, España-Spain. aarche@geo.ucm.es, jlopez@geo.ucm.es
[4] Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, 18071 Granada, España-Spain. aperezl@ugr.es
5 Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Alicante, 03080 Alicante, España-Spain. fperez@ua.es

RESUMEN

En este trabajo se presenta una recopilación de las especies de ammonoideos conocidas en los materiales de facies Muschelkalk del Triásico Medio de las diferentes cuencas españolas, como la Cordillera Costero Catalana, la isla de Menorca, la Cordillera Ibérica, la Cordillera Bética y la isla de Mallorca. Se aportan también las observaciones bioestratigráficas y las precisiones cronoestratigráficas de las especies más relevantes, así como la información paleobiogeográfica derivada de las características de las asociaciones de ammonoideos registradas en cada cuenca.

Palabras clave: Ammonoideos, bioestratigrafía, paleobiogeografía, Muschelkalk, Ladiniense.

ABSTRACT

In this paper it have been listed all species of Middle Triassic ammonoids collected to date from Muschelkak facies in spanish basins as the Catalan Coastal Range, the Minorca island, the Iberian Range, the Betic Range and the Majorca island. It is also provided the biostratigraphic remarks and the chronostratigraphic details of the relevant species, and the paleobiogeographic data of the ammonoids associations registered in each basin.

Key words: Ammonoids, biostratigraphy, paleobiogeography, Muschelkalk, Ladinian.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, se ha producido un gran avance en el conocimiento de los ammonoideos registrados en las distintas cuencas del Triásico Medio de España (Fig. 1) y, en consecuencia, en relación a su paleontología sistemática y a su posición bioestratigráfica. Esto ha sido posible gracias a la realización de trabajos llevados a cabo por varios

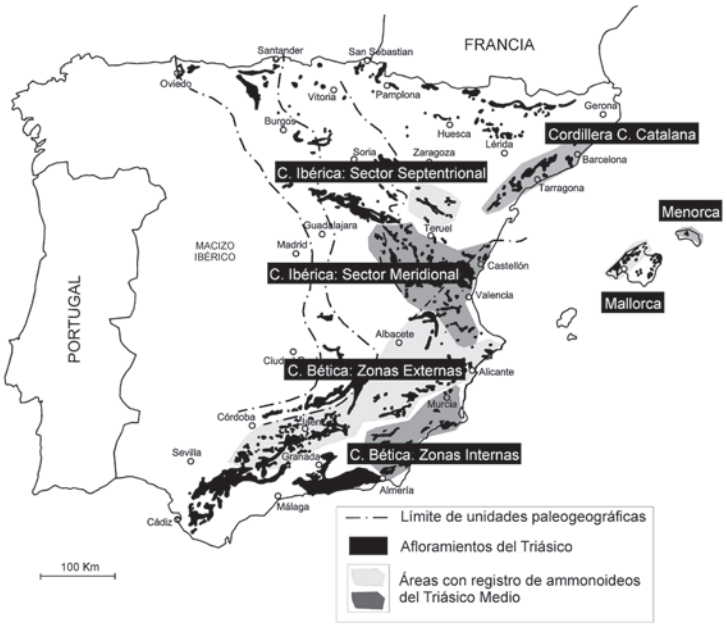


Figura 1. Principales cuencas españolas que presentan materiales del Triásico. Se han señalado y sombreado las áreas que han proporcionado ammonoideos.

investigadores y grupos de investigación, que se han traducido en recientes monografías y publicaciones científicas (para ampliar datos véase Pérez-Valera, 2005; Escudero-Mozo *et al*., 2014; Escudero-Mozo, 2015; Escudero-Mozo *et al*., 2015; Pérez-Valera, 2015 y Pérez-Valera *et al*., 2016). En estos estudios, también ha quedado sintetizada y precisada la información de monografías previas como las de Mojsisovics (1882), Schmidt (1935), Virgili (1958) y Goy (1995), que habían aportado importantes conocimientos sistemáticos y bioestratigráficos.

Este trabajo tiene por objetivo realizar una puesta a punto de los conocimientos sobre los ammonoideos del Triásico Medio de España a partir de los datos disponibles, resaltando los aspectos biocronoestratigráficos y paleobiogeográficas más relevantes, lo cual es de interés para la datación y caracterización de los materiales triásicos en las diferentes cuencas analizadas.

AMMONOIDEOS DEL TRIÁSICO MEDIO

Cordillera Costero Catalana

En la parte inferior del Muschelkalk de la Cordillera Costero Catalana, en el área de Montseny-Llobregat se han descrito varias especies de "*Paraceratites*" del grupo *P. occidentalis* (Tornquist), como *P. flexuosiformis* y *P. evoluto-spinosus,* además de otras de carácter endémico como *P. catalanicus* (Bataller), *P. guerini* y *P. almerai*. También se han registrado otros taxones como *Olesites villaltai* (Virgili) y *Beyrichites* sp. (Fig. 2). Esta asociación puede ser atribuida a la parte más alta del Pelsoniense o a la parte inferior del Illyriense (Goy, 1995).

La parte superior del Muschelkalk presenta un mayor contenido de fósiles de ammonoideos, lo que ha permitido establecer la distribución bioestratigráfica de las especies en relación con las zonas propuestas para el NE de España (Figs. 2 y 3) en Escudero-Mozo *et al.* (2015). En la región del Bajo Ebro, la sección de la Venta de Camposines (Tarragona) muestra una importante sucesión del Ladiniense. Primero se encuentran: *Eoprotrachyceras curionii* (Mojsisovics), *Eoprotrachyceras* sp., *Anolcites* sp. y *Gymnites* cf. *incultus* (Beyrich), y en niveles superiores *Eoprotrachyceras vilanovai* (D'Archiac), *Anolcites* sp. y ejemplares asimilados a *Iberites* sp. También, en las proximidades de Benifallet (Tarragona), se han identificado *Anolcites*

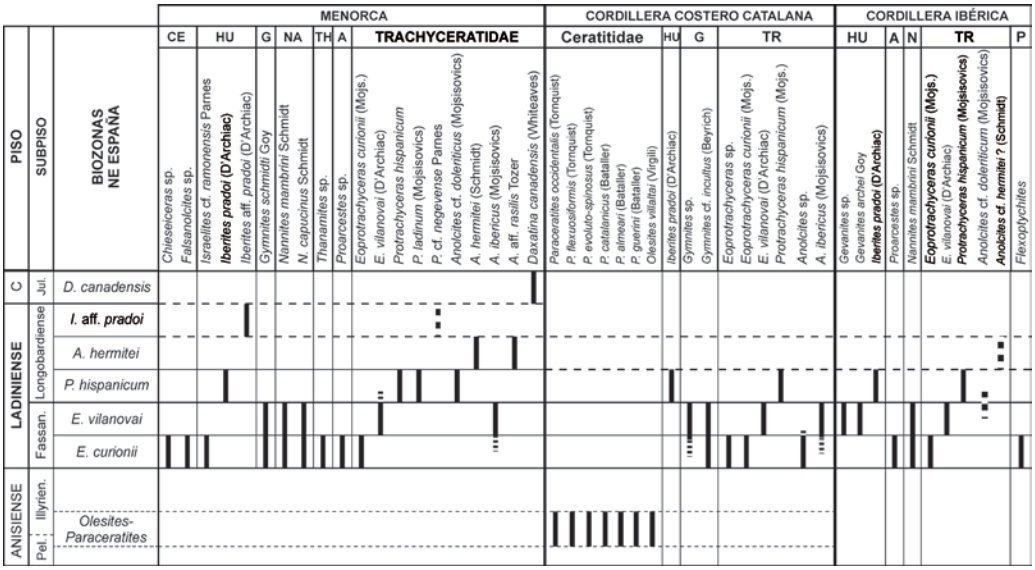


Figura 2. Distribución bioestratigráfica de los ammonoideos del Triásico Medio de la isla de Menorca, la Cordillera Costero Catalana y la Cordillera Ibérica. Biozonación propuesta para el NE de España. CE: Ceratitidae; HU: Hungaritidae; G: Gymnitidae; NA: Nannitidae; TH: Thanamitidae; AR: Arpaditidae; TR: Trachyceratidae. Modificado de Escudero-Mozo (2015).

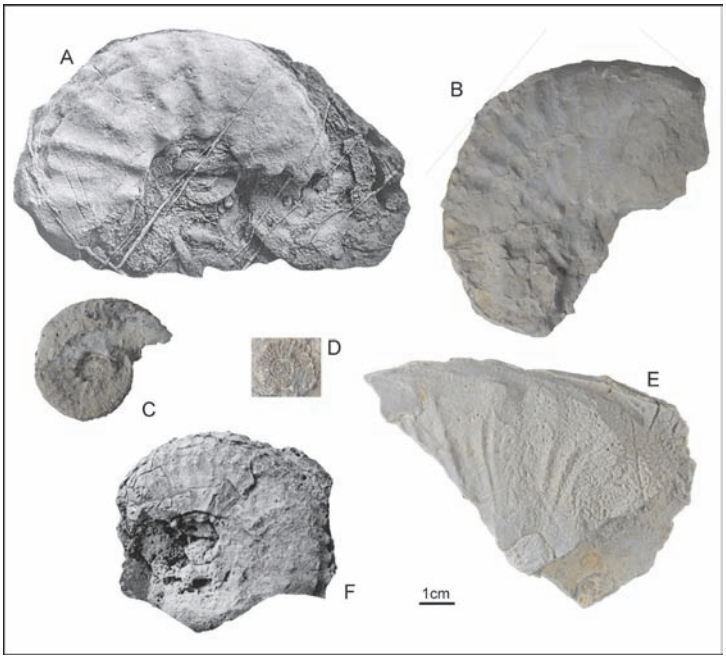


Figura 3. Ammonoideos índices de zona para el NE de España. A) *Eoprotrachyceras curionii* (Mojsisovics). Ladiniense Inferior. Zona de *E. curionii*. Addaya (Menorca). Refigurado de Goy (1995, lám. 2, fig.1). B) *Eoprotrachyceras vilanovai* (D'Archiac). Ladiniense Inferior. Zona de *E. vilanovai*. Venta de Camposines (Tarragona). C) *Protrachyceras hispanicum* (Mojsisovics). Ladiniense Superior. Zona de *P. hispanicum*. Venta de Camposines. D) *Anolcites hermitei* (Schmidt). Ladiniense Superior. Zona de *A. hermitei*. Arenal d'en Castell (Menorca). E) *Iberites* aff. *pradoi* (D'Archiac). Ladiniense Superior. Zona de *I.* aff. *pradoi*. Punta d'es Vernis (Menorca). F) *Daxatina canadensis* (Whiteaves). Carniense. Zona de *D. canadensis*. Punta de S'Apres (Menorca). Refigurado de Goy (1995, lám. 4, fig. 3). Modificado de Escudero-Mozo (2015).

próximos a *A. ibericus* (Mojsisovics) junto a formas de *E. vilanovai*. Esta asociación es característica del Ladiniense Inferior (Fassaniense). Por encima, se ha citado *Protrachyceras hispanicum* (Mojsisovics) asociado a *Iberites pradoi* (D'Archiac). Esta asociación caracteriza el Ladiniense Superior (Longobardiense). Asimismo, en estos niveles se han citado otros ejemplares de *Protrachyceras*, alguno de los cuales pueden corresponder a especies del genero *Anolcites*. Por último, también se han descrito especímenes de *Nannites bittneri* (Mojsisovics) y *N.* cf. *fugax* (Mojsisovics), que presentan una línea de sutura simple y han sido considerados por Tozer (1994) como congenéricos a *Thanamites schooleri* (McLearn).

Isla de Menorca

En comparación con el resto España, las facies Muschelkalk de Menorca son ricas en ammonoideos (Fig. 2), presentando una de las sucesiones triásicas más completas y representativas del Triásico español, desde el Ladiniense Inferior hasta el Carniense inferior (Juliense). Esto ha permitido la caracterización de seis biozonas, cinco para el Ladiniense y una para el Carniense inferior (Fig. 2).

La sucesión de ammonoideos más completa proviene de la sección de Arenal d'en Castell, donde se ha descrito una asociación que contiene *Chieseiceras* sp., *Falsanolcites* sp., *Hungarites* sp., *Iberites*? sp., *Gymnites schmidti* Goy, *Nannites* sp., *N. mambrini* Schmidt, *N. capucinus*, *Thanamites* sp., *Proarcestes* sp., *Eoprotrachyceras* sp., *E. curionii*, *E. vilanovai* y *A. ibericus*, que caracteriza el Ladiniense Inferior. En la parte media y superior de la sección se encuentra otra asociación compuesta por *I. pradoi*, *Protrachyceras hispanicum* (Mojsisovics), *Anolcites* cf. *doleriticus* (Mojsisovics) y *A. hermitei* (Schmidt), que caracterizaría el Ladiniense Superior (Fig. 2).

Otros hallazgos importantes se han descrito en la sección de Punta de S'Apres, donde se han identificado *Protrachyceras* cf. *negevense* Parnes y *Daxatina canadensis* (Whiteaves), característicos del Ladiniense Superior y Carniense inferior, respectivamente.

La sucesión de ammonoideos descrita en Punta d'es Vernis es muy similar a la obtenida en Arenal d'en Castell. Cabe destacar la presencia, con dudas, de *Israelites* cf. *ramonensis* Parnes, en la base de la sucesión. Hacia la parte media alta de la sección se ha reconocido además *Iberites* aff. *pradoi* (D'Archiac) como taxón característico del Ladiniense Superior.

La sección de El Toro presenta la misma asociación de ammonoideos descrita en los anteriores afloramientos, si bien es destacable la presencia de *Falsanolcites* sp. y *A. ibericus* junto a *E. curionii* y *E. vilanovai*.

Por último, en la base de la sucesión de Turdonell de Dalt se han citado *N. mambrini*, *N. pinguis* Schmidt, *Eoprotrachyceras* sp., *E. curionii* y *Anolcites*? sp., taxones característicos del Ladiniense Inferior, mientras que en la parte media y superior se han identificado *P. hispanicum*, *A. hermitei* y *Anolcites* aff. *rasilis* Tozer, que son propios del Ladiniense Superior.

Cordillera Ibérica

En el Triásico Medio, en facies Muschelkalk, de la Cordillera Ibérica, los ammonoideos son más escasos que en otras áreas del NE de España, pero se han podido caracterizar las mismas biozonas que en la Cordillera Costero Catalana y Menorca (Fig. 2).

Los ammonoideos son muy escasos en las formaciones del tránsito Ansiense-Ladiniense. No obstante, en la sección de El Molinar (Castellón), se ha citado un ejemplar que ha sido atribuido a *Schreyerites* aff. *S. abichi* (Mojsisovics) y varios moldes mal conservados de *Ptychitidae* indeterminados.

En la parte superior de la sucesión estratigráfica, los ammonoideos son algo más abundantes. Así, en la sección de Agujas de Santa Águeda (Castellón), se han identificado *E.* cf. *curionii*, *Proarcestes subtridentinus* (Mojsisovics) y *Flexoptychites* sp., asociación característica del Ladiniense Inferior. Procedentes del afloramiento de Bugarra (Valencia), se ha citado en la parte inferior de la sucesión, *Proarcestes* sp., y hacia la parte superior *A.* cf. *doleriticus,* que es distintivo del Ladiniense Superior. En la columna de Calanda (Teruel), se han distinguido *Eoprotrachyceras* sp., *Iberites* sp., y un posible "*Falsanolcites*", además de varios ejemplares de *E. vilanovai* y *N. mambrini* que ya habían sido descritos anteriormente. Por encima, se han citado *Protrachyceras* sp., *P.* cf. *hispanicum* y un posible *Anolcites* del que sólo se conservan las vueltas internas.

Por último, en la sección de Henarejos (Cuenca), se han citado varios ejemplares de *Gevanites archei* Goy y un ejemplar de *P. hispanicum.* Por encima, cerca del techo de la sección de Moya (Cuenca), se conocen varios especímenes de

I. pradoi y *Anolcites* sp. En la sección de El Paraíso (Teruel), se han encontrado *Iberites* sp., y unos metros por encima varios ejemplares asignados al género *Gevanites*, *G. archei* y, por encima, *I. pradoi*, taxón frecuente en el Ladiniense Superior.

Cordillera Bética

Los ammonoideos procedentes de la Cordillera Bética tradicionalmente han sido recogidos en materiales de las Zonas Externas. La mayoría de estas especies han sido analizadas en la reciente monografía de Pérez-Valera (2015), donde se incluyen casi la totalidad de los taxones que habían sido descritos en esta cordillera. Se han estudiado varias secciones en el sector oriental de la Cordillera Bética (Calasparra, Canara, Arroyo Hurtado, en la provincia de Murcia; Siles, en Jaén o Talave, en Albacete, entre otras), donde se han registrado algunas de las sucesiones de ammonoideos más completas de la península. Se han distinguido las especies *E. curionii, E.* cf. *wahrmani* (Parnes), *E.* cf. *vilanovai, Eoprotrachyceras* aff. *gredleri* (Mojsisovics), *Thanamites* aff. *parvus* (McLearn), *Israelites ramonensis* [mf. *compressus* y mf. *gracilis*] Parnes, *Negebites zaki* Parnes, *Gevanites awadi* Parnes, *G. altecarinatus* Parnes, *G. virgiliae* Goy, *G. hornosianus* Parnes, *G. epigonus* Parnes, en el Ladiniense Inferior; y los taxones *P.* cf. *hispanicum*, *I. pradoi*, *Iberites* nov. sp., en el Ladiniense Superior. Gracias al hallazgo de estas especies, recogidas *in situ*, se ha propuesto una escala bioestratigráfica (Figs. 4 y 5) que completa la que había sido propuesta por Goy (1995). Esta escala comprende tres biozonas correspondientes al piso Ladiniense y es correlacionable con las definidas en el NE de España (Escudero-Mozo *et al.*, 2015) y en regiones más alejadas.

Por otro lado, cabe destacar el hallazgo de dos ejemplares atribuidos a *Ceratites* sp., procedentes de las Zonas Externas (localidades de Espejeras y "Font" de la Reina, Alicante), si bien la presencia de este género se considera anecdótica en esta cordillera.

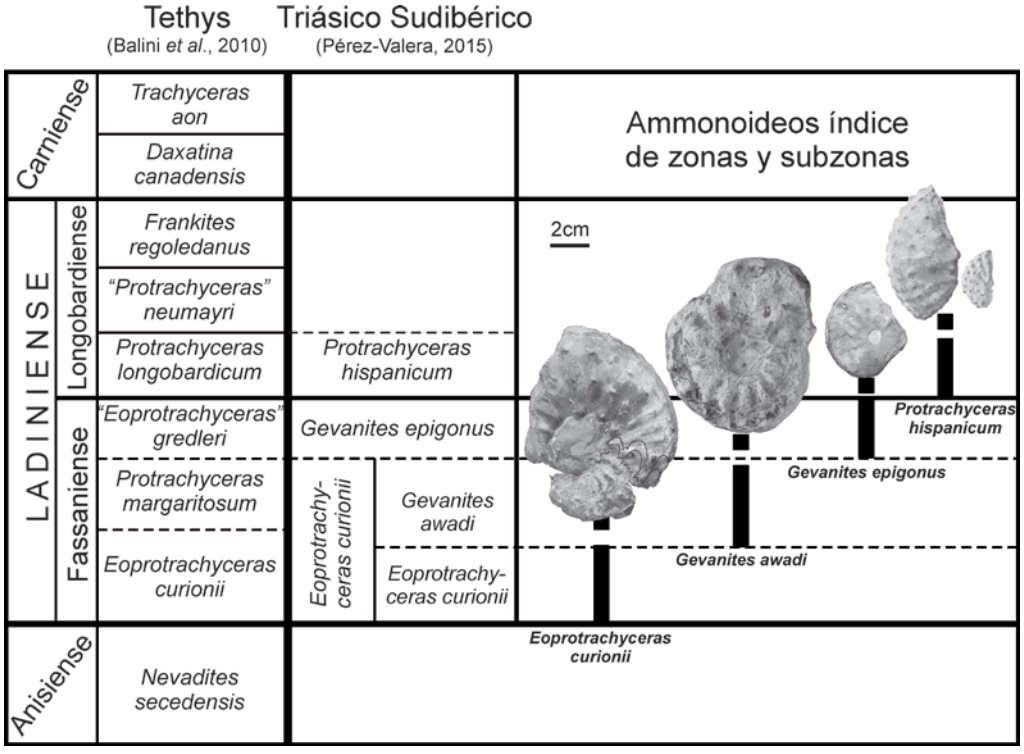


Figura 4. Distribución bioestratigráfica de los ammonoideos índices de zona del Triásico Medio (Ladiniense) de las Zonas Externas de la Cordillera Bética. Biozonación propuesta para el SE de España en comparación con la estándar del Tethys.

Respecto de los ammonoideos procedentes de las Zonas Internas de la Cordillera Bética, es importante el hallazgo de varios especímenes de *Anolcites* en la sección de Cabo Cope (complejo Maláguide, Águilas, Murcia) que fueron figurados por Goy *et al.* (2005). En este trabajo se describe la presencia de *A. doleriticus* por primera vez en esta cordillera, lo que permite inferir que el nivel de procedencia corresponde a la Zona Longobardicum-Neumayri de la escala estándar de la Provincia del Tethys, que son casi equivalentes a las Zonas Meginae y Maclearni de Norteamérica. Por otra parte, en investigaciones que se están llevando a cabo actualmente, se ha conocido la existencia de un ejemplar que fue recogido por el Dr. O. J. Simon en la Sierra de Orihuela (Alicante), en unidades atribuidas al complejo Alpujárride. Este espécimen no está figurado y se encuentra depositado en la Universidad de Zurich (Suiza). Fue asignado a *Semiornites* sp. indet. (determinación del Prof. Dr. B. Kummel), aunque es compatible con el género *Gevanites*. Asimismo, en relación a la atribución cronoestratigráfica Ladiniense de estas unidades, en la Sierra de Carrascoy (Murcia) y Sierra de Almagro (Almería) se han reconocido varios géneros de nautiloideos (*Germanonautilus* e *Indonautilus*) afines a los estudiados en Pérez-Valera *et al.* (2016), que han sido descritos en el Ladiniense Inferior de las Zonas Externas.

Isla de Mallorca

Los ammonoideos del Triásico Medio procedentes de la isla de Mallorca han sido revisados recientemente por Pérez-Valera y Goy (2012) y por Pérez-Valera (2015), llegando a la conclusión de que todos los especímenes encontrados hasta el momento pertenecen al género *Gevanites* Parnes. Se trata de cuatro ejemplares clasificados como *G. virgiliae*, otros cuatro como *G. hornosianus*, dos como *G.* cf. *altecarinatus*, uno como *G.* aff. *archei* y uno como *Gevanites* sp. Las especies de *Gevanites* citadas caracterizan el Ladiniense Inferior, si bien no se puede descartar que *G. archei* proceda de niveles del tránsito Ladiniense Inferior-Superior.

IMPLICACIONES BIOESTRATIGRÁFICAS Y PALEOBIOGEOGRÁFICAS. DISCUSIÓN

El hallazgo de diversas especies de ammonoideos, de gran importancia bioestratigráfica, ha permitido construir dos biozonaciones que caracterizan el Triásico Medio del NE y SE de España (Figs. 2, 4 y 5). Así, en base a la primera aparición del taxón *E. curionii* se ha podido establecer con cierta precisión el comienzo del piso Ladiniense en todas las cuencas españolas. En el Ladiniense Inferior (Fassaniense) sobre la Zona de *E. curionii*, se ha caracterizado una Zona de *E. vilanovai*, en el NE de España, que es más o menos equivalente a la parte superior de la Zona de *E. curionii* (Subzona de *G. awadi*) y a la Zona de *G. epigonus*, definidas mediante Hungarítidos en el SE de España. Por encima, se ha reconocido, en ambas áreas, la Zona de *P. hispanicum*, con la que comienza el Ladiniense Superior (Longobardiense). Para el resto del Ladiniense Superior y Carniense inferior no se han registrado ammonoideos en la Cordillera Bética, ya que tiene lugar el cambio a las facies Keuper. Por el contrario, en el área de Menorca se han hallado de manera sucesiva especímenes de *Anolcites hermitei, Iberites* aff. *pradoi* y *Daxatina canadensis*, por lo que se han definido las zonas del mismo nombre que caracterizan el final del Ladiniense Superior y el Carniense inferior (Figs. 2 y 5).

Respecto a la posición paleobiogeográfica que tenía en el Anisiense, la Cordillera Costero Catalana, la asociación de *Paraceratites* y *Olesites* dominante está compuesta por especies que derivaron de géneros de la Provincia del Tethys que pudieron evolucionar de forma endémica en la cuenca catalana.

Cuando se analizan las asociaciones de ammonoideos del Ladiniense registradas en el E y S de España, se pueden reconocer taxones en común con dos provincias paleobiogeográficas (Provincia del Tethys y Provincia Sefardí) destacando también la importancia de ciertas especies endémicas en el Triásico español. Así, se pueden agrupar en primer lugar las localidades que presentan ammonoideos de carácter endémico con cierta influencia de taxones provenientes de la Provincia del Tethys. En esta categoría se incluyen los afloramientos de la Cordillera Costero Catalana e isla de Menorca, algunos del sector septentrional de la Cordillera Ibérica (ej. Calanda) y, hasta el momento y para el Ladiniense Superior, el afloramiento de Cabo Cope (Murcia, Zonas Internas de la Cordillera Bética). En estas áreas existe una mayor proporción de Traquicerátidos, algunos endémicos (como *E. vilanovai, A. ibericum* y *A. hermitei,* entre otros) frente a Hungaritidos (que son de tipo *I. pradoi).* También se pueden encontrar otros Traquicerátidos (*E. curionii, A. doleriticus*) y representantes de otras familias características de la Provincia del Tethys (*Nannites* y *Thanamites*, entre otros).

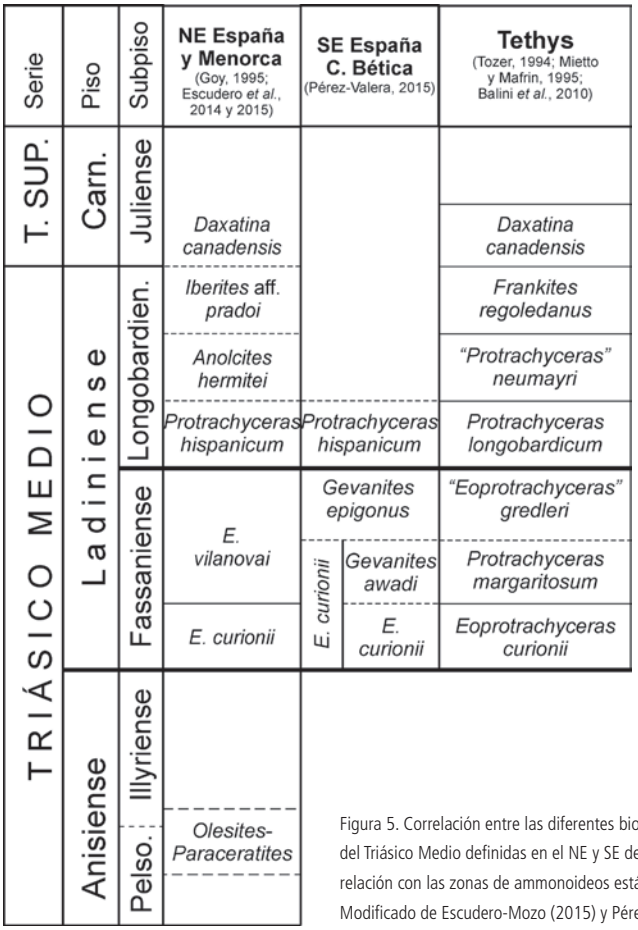


Figura 5. Correlación entre las diferentes biozonaciones del Triásico Medio definidas en el NE y SE de España en relación con las zonas de ammonoideos estándar del Tethys. Modificado de Escudero-Mozo (2015) y Pérez Valera (2015).

En segundo lugar, se pueden distinguir localidades con mayor influencia de la Provincia Sefardí donde suele existir una mayor proporción de Hungarítidos frente a Traquicerátidos y otras familias. Se podrían incluir en esta categoría algunos afloramientos del sector meridional de la Cordillera Ibérica (Libros, Manzanera y Henarejos), las Zonas Externas de la Cordillera Bética y los afloramientos del Triásico de la isla de Mallorca. Los afloramientos de la parte meridional de la Cordillera Ibérica han proporcionado Hungarítidos de los géneros *Gevanites* (G. *archei*) e *Iberites* (*I. pradoi)*. La primera de estas especies, de alguna manera tendría relación con la Provincia Sefardí ya que el género se ha descrito en ella. El taxón *I. pradoi* puede tener una distribución más amplia pues ha sido citada en Turquía y en algunos afloramientos de la Cordillera Bética. En las Zonas Externas de la Cordillera Bética existe una influencia clara de los ammonoideos sefardíes que en algunas ocasiones son endémicos, si bien se han descrito también otros taxones generalistas o procedentes del Tethys como *E. curionii* o algunas especies de *Thanamites*, que facilitan las correlaciones con la Provincia del Tethys.

AGRADECIMIENTOS

Investigaciones financiadas con los Proyectos CGL2014-52699 y CGL2015-66604-R (MINECO).

REFERENCIAS

Escudero-Mozo, M. J., Martín-Chivelet, J., Goy, A. y López-Gómez, J. 2014. Middle-Upper Triassic carbonate platforms in Minorca (Balearic islands): Implications for Western Tethys correlations. *Sedimentary Geology*, 310, 41–58.

Escudero-Mozo, M. J., Márquez-Aliaga, A., Goy, A., Martín-Chivelet, J., López-Gómez, J. y Márquez, L. 2015. Middle Triassic carbonate platforms in eastern Iberia: evolution of their fauna and palaeogeographic significance in the western Tethys. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 417, 236–260.

Escudero-Mozo, M. J. 2015. *Las plataformas carbonáticas del Triásico (facies Muschelkak) del este de Iberia y Menorca: implicaciones en la evolución paleogeográfica del oeste del Tethys*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 349 págs.

Goy, A. 1995. Ammonoideos del Triásico Medio de España: Bioestratigrafía y Correlaciones. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 19, 21–60.

Goy, A., Pérez-López, A. y Pérez-Valera, F. 2005. Ammonoideos del Ladiniense en la Unidad de Cabo Cope (Zonas Internas, Cordillera Bética). *Geo-Temas*, 8, 179–182.

Mojsisovics, E. von. 1882. Die Cephalopoden der mediterranen Triasprovinz. *Abhandlungen der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt,* Wien, 10, 1–322.

Pérez-Valera, J. A. 2005. Ammonoideos y bioestratigrafía del Triásico Medio (Anisiense superior-Ladiniense) en la sección de Calasparra (sector oriental de la Cordillera Bética, Murcia, España). *Coloquios de Paleontología*, 55, 125–161.

Pérez-Valera, J. A. 2015. *Ammonoideos y Bioestratigrafía del Triásico Medio (Ladiniense) del sector oriental de la Cordillera Bética*. Tesis Doctoral. Universidad Complutense de Madrid, Madrid, 489 págs.

Pérez-Valera, J. A., Barroso-Barcenilla, F., Goy, A. y Pérez-Valera, F. 2016. Nautiloids from the Muschelkalk facies of the Southiberian Triassic (Betic Cordillera, southern Spain). *Journal of Systematic Palaeontology*, 1-21.

Pérez-Valera, J. A. y Goy, A. (2012). Ammonoideos del Triásico Medio (Ladiniense) de la Isla de Mallorca. *In* J. C. Liao, J. A. Gámez Vintaned, J. I. Valenzuela-Rios, y A. García-Forner (Eds.), *XXVIII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología. Libro de Resúmenes*, 179–182. Valencia y Sóller.

Schmidt, M. 1935. Fossilien der Spanischen trias. *Abhängungen Heidelberg Akademie Wissenschaften Mathematische Naturkunde,* 22, 1–140.

Tozer, E. T. 1994. Canadian Triassic ammonoid faunas. *Geological Survey of Canada Bulletin*, 467, 1–663.

Virgili, C. 1958. El Triásico de los Catalánides. *Boletín Geológico y Minero*, 69, 1–856.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

ALOMETRÍAS INTERTAXÓNICAS Y ONTOGENÉTICAS ENTRE EL ÁREA DEL SEPTO Y EL VOLUMEN DEL FRAGMOCONO EN CEFALÓPODOS CON CONCHA ESPIRAL ACTUALES Y EXTINTOS

J.A. Pérez-Claros[1], P. Palmqvist[1], B. Figueirido[1] y F. Olóriz[2]

[1] Depto. de Ecología y Geología. Fac. de Ciencias. Universidad de Málaga.
Campus de Teatinos s/n. 29071 Málaga. Spain. Johnny@uma.es, ppb@uma.es, frafigcas@uma.es
[2] Depto. de Estratigrafía y Paleontología. Fac. de Ciencias. Universidad de Granada.
Campus de Fuentenueva s/n. 18002 Granada. foloriz@ugr.es

RESUMEN

La interpretación funcional del replegamiento periférico de los septos de los ammonoideos constituye todo un reto dada la inexistencia de representantes actuales del grupo y, por consiguiente, la imposibilidad de experimentación directa. Por tal motivo las líneas de evidencia se han de basar en gran medida en comparaciones con otros cefalópodos camerados actuales. En este trabajo se comparan las alometrías ontogenéticas que siguen el área septal respecto al volumen del fragmocono en cefalópodos con concha espiral (interna o externa) con las obtenidas para ammonoideos adultos del Jurásico tardío. Las similitudes entre los coeficientes alométricos indican que el aumento de superficie que supone replegar los septos no aparenta ser muy diferente en las primeras etapas del crecimiento de los ammonoideos del de otros cefalópodos con concha espiral. Por el contrario, las discrepancias con los coeficientes alométricos para los ammonoideos adultos parecen apuntar a que la complejidad septal no se alcanza por una mera extrapolación de la ontogenia.

Palabras clave: Alometría, cefalópodos, ammonoideos, septos.

ABSTRACT

The functional explanation of the marginal corrugation of ammonoid septa is a challenge given the lack of extant representatives and hence the impossibility of direct experimentation on them. For this reason, the lines of evidence must be based on comparisons of ammonites with other extant cephalopods. Here, we study the ontogenetic allometries of septal area on phragmocone volume for a set of cephalopods with spiral shells (internal or external) and the intertaxonic allometry for Late Jurassic adult ammonoids. Ammonoid septa are very similar to other cephalopod septa at early ontogenetic stages. Conversely, the allometric coefficient for adult ammonoids shows that the septal complexity is not achieved by simple ontogenetic scaling.

Key words: Allometry, cephalopods, ammonoids, septa.

INTRODUCCIÓN

Los cefalópodos ammonoideos son uno de los grupos fósiles mejor estudiados, debido en gran medida a su importancia bioestratigráfica y paleobiogeográfica, la última en tanto que interpretada de acuerdo con la dinámica ecológica subyacente (Olóriz y Villaseñor, 2010). Aún así, persisten numerosos aspectos enigmáticos concernientes a su paleobiología, entre ellos el del significado funcional del repliegue periférico de sus septos, lo que se refleja en la complejidad de sus suturas.

El *bauplan* de los cefalópodos ammonoideos y nautiloideos incluye una concha con una cámara de habitación (anterior) y un fragmocono (posterior), este último dividido en cámaras mediante septos; las cámaras se conectan entre sí y con el animal mediante el sifúnculo. La conexión de la periferia de los septos con la superficie interna de la concha da como resultado la línea de sutura, que sólo se hace visible en los moldes internos. Las conchas septadas de *Nautilus* (y esto se acepta también para los ammonoideos y otros grupos extintos) tienen una función hidrostática (flotación). Dicha función se logra en *Nautilus* manteniendo cámaras estancas rellenas de gas; cada nueva cámara formada está llena de agua, que es evacuada por el sifón y sustituida pasivamente por gas a menos de una atmósfera de presión. Con ello el animal mantiene una flotabilidad neutra, pese al incremento de peso debido al crecimiento.

Si bien es esta la función primaria aceptada ampliamente para el septo, la polémica está servida si tratamos de explicar qué requerimiento o función concreta cumpliría el replegamiento del mismo. Así, se han propuesto diversas hipótesis (para una revisión sobre el tema, véase Klug y Hoffmann, 2015), las cuales se pueden esquematizar en: (i) aumento de la resistencia estructural de la concha (vg., Hewitt y Westermann, 1997); (ii) control activo o pasivo de la flotabilidad por diversos mecanismos (vg., Seilacher y LaBarbera, 1995; Mutvei 1967; Kulicki, 1979; Reyment, 1958); (iii) anclaje de las partes blandas a la concha (vg., Lewy, 2002); y (iv) mejora de alguna función fisiológica, tal como la respiración (vg., Newell, 1949; Pérez-Claros, 2005).

En anteriores trabajos hemos presentado evidencias a favor de un significado fisiológico, aunque no asociado a un mecanismo concreto (Pérez-Claros, 2005), basándonos para ello el exponente alométrico que relaciona la superficie del septo con el volumen de concha y, por ende, con el tamaño del organismo. A fin de esclarecer el significado funcional de tal exponente, en este trabajo comparamos los exponentes alométricos derivados de distintas series ontogenéticas de cefalópodos actuales y fósiles con concha interna y externa.

MATERIAL Y MÉTODOS

En Olóriz *et al.* (1997) se detalla el origen de la inmensa mayoría de los datos de superficies septales y volúmenes del fragmocono de ammonoideos adultos empleados en este trabajo. La base de datos comprende principalmente representantes de las superfamilias Haploceratoidea, Phylloceratoidea y Perisphinctoidea, complementados con algunos representantes de Lytoceratoidea y Stephanoceratoidea, todos ellos del Jurásico tardío. Las áreas septales se han aproximado mediante el cuadrado del perímetro de la sutura externa (Pérez-Claros, 2005). Los datos correspondientes a las series ontogenéticas provienen de Lemanis *et al.* (2016), quienes los obtuvieron mediante tomografías computerizadas, por lo que son medidas directas. Dichos datos abarcan series de cefalópodos actuales con concha espiralada externa (*Nautilus* y *Allonautilus*) e interna (*Spirula*), así como ammonitinos del Jurásico (*Cadoceras*, *Amauroceras* y *Kosmoceras*) y un goniatitino del Carbonífero (*Arnsbergites*). Como medio de ajuste se ha optado por la regresión mínimo-cuadrática de los logaritmos decimales del área frente al volumen (en mm^2 y mm^3, respectivamente).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1 se representan gráficamente las nubes de puntos provenientes de ambas bases de datos, así como el ajuste de sus respectivas rectas mínimo-cuadráticas. Se constata que los valores de superficie del septo en aquellos nautiloideos actuales que alcanzan tamaños de fragmocono comparables al de los ammonoideos adultos son parecidos a los de los ammonites con suturas más simples, lo cual respalda la aproximación del área del septo mediante el cuadrado del perímetro de sutura en el caso de los ammonoideos del Jurásico tardío.

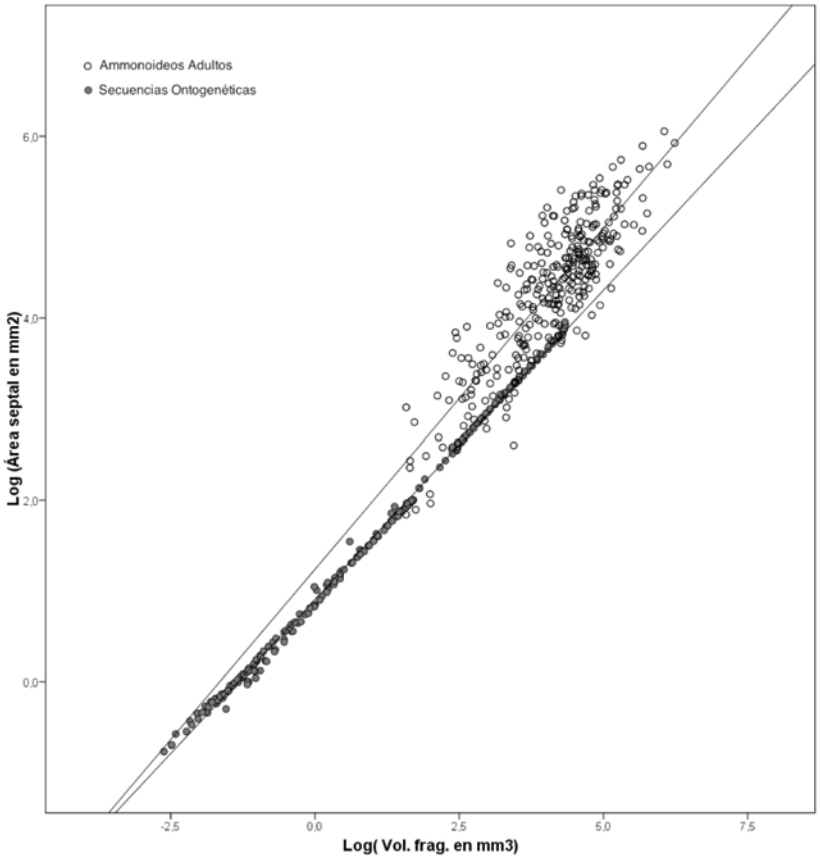


Figura 1. Logaritmos decimales del área septal (en mm^2) frente al volumen del fragmocono (en mm^3) para las series ontogenéticas en cefalópodos con concha espiral y ammonoideos adultos del Jurásico tardío.

En el caso de las series ontogenéticas, el ajuste rinde un exponente alométrico de 0,679, con un intervalo de confianza al 95% de [0,675 , 0,683], el cual resulta sorprendentemente estrecho dada la diversidad taxonómica y morfológica de los cefalópodos que componen dichas series. Como se puede observar, este coeficiente es muy próximo a 2/3, aunque resulta estadísticamente distinto ($p < 10^{-5}$). En el caso de los ammonoideos del Jurásico tardío, el valor obtenido para la pendiente es de 0,750 [0,698 , 0,801]. La diferencia con la pendiente de las series ontogenéticas es de nuevo estadísticamente significativa ($p = 0,002$), con lo que se puede concluir que el aumento del área que supone el replegamiento septal no se consigue mediante la simple extrapolación de la ontogenia temprana a fases más tardías de la misma.

Es un hecho que, en términos generales, los ammonoideos fueron complicando cada vez más sus septos desde la aparición del grupo en el Devónico temprano hasta aproximadamente el inicio del Jurásico, mostrando una de las tendencias más remarcables del registro fósil. Dicha tendencia se ajusta mejor a un modelo dirigido (Saunders *et al*., 1999) que a uno de mera difusión desde una condición inicial simple (Boyajian y Lutz, 1992). Al mismo tiempo, el aumento de complejidad se verifica de forma iterativa en varias líneas independientes y con distintas morfologías de concha, lo que apoya la hipótesis de que realmente existió una presión de selección subyacente a la tendencia, hecho que demanda una interpretación funcional para el repliegue de los septos. Clásicamente, la complejidad de los septos se

había relacionado con un refuerzo estructural del fragmocono frente a la presión hidrostática (vg., Hewitt y Westermann, 1997). Sin embargo, los trabajos de Olóriz y Palmqvist (1995) y Olóriz *et al.* (1997) han puesto de manifiesto que, tras caracterizar la complejidad sutural mediante su dimensión fractal (Pérez-Claros *et al.*, 2002), no existe una relación clara entre la complejidad y la profundidad potencial del hábitat (estimada por el carácter epicontinental o epioceánico del medio de depósito); se aprecia, incluso, una mayor complejidad sutural en los fragmoconos procedentes de plataformas someras que en los de ambientes epioceánicos. Igualmente, se observó que, pese a que las distintos tipos de fragmocono muestran diferencias estadísticamente significativas en sus valores medios de dimensión fractal (Olóriz *et al.*, 2002), los valores de complejidad sutural no se ajustan en general a los estilos de vida y profundidades de hábitat inferidos por Westermann (1996) para tales morfologías. Sin embargo, la pregunta ¿cuál sería la función de la complejidad septal? queda aún por contestar.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se inscribe dentro del marco Campus de Excelencia Internacional Andalucía Tech de la Universidad de Málaga y los grupos RNM-146 y RNM-178 de la Junta de Andalucía.

REFERENCIAS

Boyajian, G.E. & Lutz, T. 1992. Evolution of biological complexity and its relation to taxonomic longevity in the Ammonoidea. *Geology,* 20(11), 983-986.

Hewitt, R.A. & Westennann, G.E.G. 1997. Mechanical significance of ammonoid septa with complex sutures. *Lethaia*, 30(3), 205-212.

Klug, C. & Hoffmann, R. 2015. Ammonoid septa and sutures. In: C. Klug, K. De Baets, I. Kruta & R. H. Mapes (Eds.), *Ammonoid paleobiology, Volume I: from anatomy to ecology. Topics in Geobiology,* 43 (pp. 45-90). Dordrecht: Springer.

Kulicki, C. 1979. The ammonite shell, its structure, development and biological significance. *Palaeontologica Polonica* 39, 97-142.

Lemanis, R., Korn, D., Zachow, S., Rybacki, E. & Hoffmann, R. 2016. The Evolution and Development of Cephalopod Chambers and Their Shape. *PloS one,* 11(3), 1-21.

Lewy, Z. 2002. The function of the ammonite fluted septal margins. *Journal of Paleontology, 16* (1), 63-69.

Mutvei, H. 1967. On the microscopic shell structure in some Jurassic ammonoids *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen,* 129(2), 157-166.

Newell, N. O. 1949. Phyletic size increase, an important. trend illustrated by fossil invertebrates. *Evolution,* 3(2), 103-124.

Olóriz, F. & Palmqvist, P. 1995. Sutural complexity and bathymetry in ammonites: fact or artifact? *Lethaia, 28*(2), 167-170.

Olóriz, F., Palmqvist. P. & Pérez-Claros, J.A. 1997. Shell features, main-colonized enviroments, and fractal analysis ofsutures in Late Jurassic ammonites. *Lethaia,* 30(3), 191-204.

Olóriz, F., Palmqvist. P. & Pérez-Claros, J.A. 2002. Morphostructural constraints and phylogenetic overprint on sutural frilling in Late Jurassic ammonites. *Lethaia,* 35(2), 158-168.

Olóriz, F., & Villaseñor, A. B. 2010. Ammonite biogeography: from descriptive to dynamic, ecological interpretations. In K., Tanabe, Y., Shigeta, T. Sasaki, & H. Hirano (Eds.), *Cephalopods – Present and Past* (pp. 253–265). Tokyo: Tokai University Press.

Pérez-Claros, J. A. 2005. Allometric and fractal exponents indicate a connection between metabolism and complex septa in ammonites. *Paleobiology, 31*(2), 221-232.

Pérez-Claros, J. A., Palmqvist, P. & Olóriz, F. 2002. First and second orders of suture complexity in ammonites: a new methodological approach using fractal analysis. *Mathematical Geology,* 34(3), 323-343.

Reyment, R.A. 1958. Some factors in the distribution of fossil Cephalopods. *Stockholm contributions. Geology,* 1, 97–184

Saunders, W.B., Work, D.M. & Nikolaeva, S.V. 1999. Evolution of complexity in Paleozoic ammonoid sutures. *Science,* 288(5440), 760-763.

Seilacher, A. & LaBarbera, M. 1995. Ammonites as Cartesian Divers. *Palaios,* 10(6), 493-506.

Westennann. G.E.G. 1996. Ammonoid life and habitat. In: N.H. Landman, K. Tanabe & A. Davis (Eds.), *Ammonoid Paleobiology. Topics in Geobiology* 13 (pp. 607-707). New York. Plenum Press.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

EPIBIONTS ASSEMBLAGES OF LATE PLEISTOCENE COLD-WATER CORALS FROM MALDIVES ARCHIPELAGO

M. Reolid[1], J. Reolid[2], C. Betzler[2], S. Lindhorst[2], M.G. Wiesner[2] and N. Lahajnar[2]

[1] Departamento de Geología, Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas s/n, 23071 Jaén, Spain. mreolid@ujaen.es
[2] Institute of Geology, Universität Hamburg, Bundesstraße 55, 20146 Hamburg, Germany.

ABSTRACT

Cold-water corals rubble of the Late Pleistocene (21,400 – 22,500 BP) are recorded from the sea-bottom of two channels (Kardiva Channel at 457 m depth and Malé Vaadhoo Channel at 443 m depth) of the eastern Maldives atolls. Coral assemblages are mainly composed of *Lophelia pertusa,* and secondarily of *Madrepora oculata* and *Enallopsammia* sp. The benthic life (mainly sessile forms) is concentrated in areas with deep-water coral patches, whereas it is clearly absent off-mound. The main epibionts are tube-dwelling polychaetes (mainly *Spirorbis* and *Serpula*), bryozoans, siliceous sponges, barnacles, gorgonids, solitary corals, encrusting foraminifera and microbial mats. The analysis of epibionts assemblages shows different biocoenoses between both studied sites as well as a dependency of the epibiont coverage with regard to the coral genus. Some living benthic organisms such as brachiopods, bivalves, gastropods, barnacles and ophiurids find refuge among coral branches. The common record of juvenile specimens of vagile organisms such as small ophiurids is probably related to the nursery function of the cold-water corals, in spite of the fact that they are fossils.

Key words: Cold-water corals, encrustations, borings, Indian Ocean.

INTRODUCTION

Cold-water coral buildups host faunal communities that are distinct from the surrounding background deep-sea fauna. They have high species diversity and sometimes a high level of endemism (Rogers, 2004). This work introduces the first record of cold-water corals from the northern Indian Ocean according to distribution maps of Roberts *et al.* (2009). This study is focused on the analysis of the composition of coral assemblage and the associated epibionts and their relationships.

GEOLOGICAL SETTING

The Maldives archipelago in the central equatorial Indian Ocean is an isolated tropical carbonate platform constituting the central part of the Chagos-Laccadives Ridge, southwest of India. A north-south oriented double row of atolls encloses the Inner Sea of the Maldives. Atolls are separated from each other by inter-atoll channels, which deepen towards the Indian Ocean. Deep-water corals were found at two stations at the eastern flank of the archipelago in two of these channels at the foot of submarine cliffs. The northern site is located at the eastern end of the Kardiva Channel (KC) between Gaafaru Atoll and Kaashidhoo Atoll at a water depth of 457 m. The southern site is located between Malé Atoll and South Malé Atoll in the eastern part of the Malé Vaadhoo Channel (MVC) at a water depth of

443 m. The surrounding sediments consist of carbonate sands with a bioclastic rudstone texture including bryozoans, pectinids, gastropods, *Halimeda* plates, pteropods, and benthic foraminifera. Most of these bioclasts, such as *Halimeda* and *Amphistegina*, are allochthonous and exported from shallow water areas.

The studied samples were recovered during RV Sonne Cruise SO-236 (August 2014) organized by the Institute of Geology, University of Hamburg (Germany) and the Marine Research Center Malé (Maldives) (Betzler *et al*., 2015). Seafloor sampling was performed with the RV Sonne video grab sampler and a box corer. The video grab sampler also provided a record of the seafloor surface that allowed the identification of sedimentary features and cold-water coral distribution prior the sampling. Sample preparation, measurement, correction for $^{13}C/^{12}C$ ratio and calculation of conventional radiocarbon ages were performed by Beta Analytic Inc., USA.

RESULTS

Late Pleistocene cold-water coral assemblages

The survey with the video grab sampler shows that living scleractinian corals are absent at both sites. The age of these corals ranges between 21,400 – 22,500 BP, and only living *Gorgonia* and solitary corals are found colonizing the coral rubble. The fossil coral assemblage consists of representatives of the Order Scleractinia such as *Enallopsammia* (Family Dendrophylliidae), *Lophelia* and *Desmophyllum* (Family Caryophylliidae), *Madrepora* (Family Oculinidae) and *Stephanophilia* (Family Merulinidae). The Order Alcyonacea is represented by the genus *Gorgonia* (Family Gorgoniidae). Coral assemblages from both settings are dominated by *Lophelia pertusa* (88% at MVC, 68% at KC site) followed by *Madrepora oculata* (10% at MVC and 20% at KC site) and *Enallopsammia* (1 % at MVC and 8% at KC site). *Desmophyllum* and *Stephanophyllia* are only recorded at the MVC site.

Coral fragments are characterized by distinct color classes. At the KC site, *Enallopsammia* and some *Madrepora* mostly have a brown stain. Such specimens are dense and do not have an inner porosity. The upper surface of *Enallopsammia* specimens are affected by corrosion and abundant borings and microborings. The white specimens (*Lophelia* and *Madrepora*) are comparatively well preserved, without corrosion facets and low incidence of borings, which are generally located in the calices in the growth density bands of *Lophelia*. Corals from the MVC site are white, grey-light blue, and brown in color. Corrosion facets and borings are scarcer than in KC samples. Growth density bands are well developed where borings of sponges are located around the calices.

Epibiont assemblages

At the MVC site, the main epibionts are tube-dwelling encrusting polychaetes (serpulids) with mainly *Spirorbis corallinae* and *Serpula vermicularis*, and secondarily *Filograna*, *Hydroides*, and *Placostegus*. Other undifferentiated serpulids with a prominent keel have been included in the morphogroup *Dorsoserpula*. *Spirorbis* constitutes 79% of the encrusters, while the remaining serpulids constitute 19%. The proportion of *Spirorbis* with respect to other encrusters is lower on *Lophelia* (73%) than on *Madrepora* (87%) specimens. Other encrusters such as bryozoans, bivalve and barnacles are scarce. Bryozoans mainly are recorded on *Madrepora* (2 % of the encrusters), and bivalves and barnacles exclusively on *Lophelia* (<1 % of the encrusters). *Spirorbis* exclusively colonizes the external surface of the corals, whereas other serpulids are also located over the coral calice and within the calice between the septa in *Lophelia* (e.g. *Filograna*). Macro-bioerosions by sponge *Alectona millari* of growth density bands are well developed on *Madrepora*.

At the KC site, the assemblage of epibionts is more diverse than at the MVC site. It encompasses serpulids, bryozoans, microbial biofilms, encrusting foraminifera, sponges, solitary corals, *Gorgonia* and terebellids, as well as abundant fauna of ophiuroids, ostracods, echinoids, gastropods and brachiopods living between the coral branches. The epibionts assemblage strongly differs between brown corals (mainly *Enallopsammia*) and white corals (*Lophelia* and *Madrepora*). The brown corals are covered by a diverse assemblage of living encrusters dominated by bryozoans (30% uniserial morphotypes, 14% massive morphotypes) and siliceous sponges (23%). The rest of the assemblage consists of encrusting agglutinated foraminifera (11%), *Gorgonia* (5%), ophiuroids (5%), encrusting calcitic foraminifera (4%), serpulids (3%), microbial biofilms (2%), solitary corals (2%) and barnacles (> 1%). Among the sessile foraminifera, the arborescent dendrophryid form *Spiculidendron* is generally attached to the lower *Enallopsammia* surfaces. Siliceous

sponges and microbial biofilms are commonly located between the coral branches. Moreover, sponges and ostracods are common in the calices of *Enallopsammia*.

The assemblage of encrusters on white corals is composed mainly of dead organisms and is dominated by serpulids such as *Spirorbis* (74% on *Madrepora* and 71% on *Lophelia*) and other serpulids (20% on *Lophelia* and 5% on *Madrepora*). Uniserial encrusting bryozoans (12% on *Madrepora* and 3% on *Lophelia*) and massive encrusting bryozoans (6% on *Madrepora* and 5% on *Lophelia*) are very diverse. Less common encrustations correspond to siliceous sponges and terebellids.

INTERPRETATION

The benthic community thriving in the Kardiva Channel is more diverse than the benthic assemblage from the Malé Vaadhoo Channel both, with regard to the corals and the epibionts. In addition, the density of epibionts on the corals is also higher at the KC than at the MVC site.

The abundance and diversity of epibionts of the KC association are probably related to the higher stability and longer time of exposure of the coral substrate. Low sedimentation rates mean longer exposure, thereby favouring the colonization by epibionts including encrusters and borers, as well as the effect of corrosion. Sessile epibionts recorded at both sites are mainly suspension feeders and are very sensitive to any influx of fine, clay-rich sediments. Low sedimentation rates and low terrigenous input would be well indicated by the most diverse encruster assemblages and by high abundances of encrusters per surface.

The corals were colonized during both their lifetime and after death. According to Sanfilippo *et al*. (2013), serpulids copiously encrust dead colonies of corals and fragments, or tissue-barren branches of living colonies. Consequently, *Spirorbis* and other serpulids probably colonized the tissue-barren surfaces of coral branches during coral lifetime. In contrast to the unstable sandy or muddy bottom, corals offer a well exposed hard substrate for sessile fauna such as *Spirorbis*. However, we cannot exclude the colonization of death corals and fragments by *Spirorbis*. Some bryozoans and serpulids (*Filograna*) occur within calices, where they found shelter between the septa. This is not compatible with the colonization of the polyps during lifetime. Some living epibionts were obtained at the time of sampling at the KC site, including siliceous sponges, microbial biofilms, solitary corals, *Gorgonia*, bryozoans, brachiopods, ophiurids, and scarce serpulids other than *Spirorbis*. Living specimens were more common at the KC site and very scarce at the MVC site. Several corals, especially *Enallopsammia* from the KC site, were colonized by microborers previously to the encrustation by epibionts. Rapid rates of microbial activity have also been measured from experiments in carbonate substrates in shallow areas, with initial phases of microendolithic organism infestation occurring during the first week (Chazottes *et al*., 1995). Cases of encrustation in previously microbored surfaces, mostly of *Enallopsammia,* are common, but epibionts affected by microboring were not observed. Thus, an initial phase of microboring activity could be halted by later colonization by encrusting organisms. Accordingly the time for settlement was longer for encrusters than for microborers.

In KC, some living encrusters (bryozoans, sponges, foraminifera, *Gorgonia*, solitary corals, balanids, and microbial mats) and other epibionts (brachiopods, ostracods, and ophiuroids) are recorded. However, living specimens of serpulids are uncommon and living specimens of *Spirorbis* have not been recorded. From MVC site, living specimens are less common, and they are restricted to bryozoans, sponges and *Gorgonia*.

The differential colonization of siliceous sponges by microencrusters is well known in Jurassic buildups and biostromes (Gaillard, 1983). This phenomenon has also been observed in the analyzed cold-water coral assemblages. Changes in the composition of epibiont assemblages are identified in both settings depending on the infested coral genus. The differences in the proportions of encrusters as well as differences in diversity are stronger in the Kardiva Channel. Moreover, colonization preferences are related to the location of the different encrusters in the coral specimens. Therefore, *Spirorbis*, large serpulids and massive bryozoans among others are found exclusively on the external surface of the corals but other small serpulids are preferently located within the calice between the septa (e.g. in *Lophelia* from MVC). Sponges are commonly recorded within the calices of *Enallopsammia* from KC samples or between the coral branches just in the bifurcation. Because light is not a controlling parameter in the analyzed deposits,

this preferential location in protected, less exposed parts respond to a cryptobiontic behaviour almost for larvae fixation. This cryptobiontic distribution might be aimed to avoid predation, with a preferential location of small sessile animals on sheltered parts of available substrates. Vagile organisms recorded in KC site, such as small specimens of ophiurids, are interpreted as juvenile specimens that obtain trophic resources and protection within the coral branches. These deep-water coral patches are places where the –mainly sessile- benthic life is concentrated, whereas it is clearly absent off-mound.

CONCLUSIONS

This is the first record of cold-water corals from Maldives atolls, where such forms thrived from 21,400 to 22,500 BP. Coral assemblages are composed mainly of *Lophelia*, followed by *Madrepora* and *Enallopsammia*. However, the composition and state of preservation varies between the sampling points in the Kardiva Channel and the Malé Vadhoo Channel. The epibionts assemblages are very diverse and abundant, and show different abundances between both studied sites as well as differences with regard to the colonized coral genus. Some living benthic organisms such as brachiopods, bivalves, gastropods, barnacles and ophiurids actually find refuge among coral branches. The main conclusions are:

– Corals are dead, but still the coral debris serve as a cradle for other species.
– A tentative sequence of colonization is proposed with borers and *Spirorbis* being the first colonizers.
– Colonizers are selective and look out for different coral genera.

REFERENCES

Betzler, C. 2015. RV Sonne Cruise Report / Fahrtbericht SO-236, Malé to Colombo, 9 to 29 August 2014. 48 pp. Institut für Geologie, Universität Hamburg. DOI: 10.2312/cr_so236.

Chazottes, V. Le Campion-Alsumard, T. and Peyrot-Clausade, M. 1995. Bioerosion rates on coral reefs: interactions between macroborers, microborers and grazers (Moorea, French Polynesia). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 113, 189-198.

Gaillard, C. 1983. Les biohermes à spongiaires et leur environment dans l'Oxfordian du Jura méridional. *Documents Laboratoires Géologie Lyon*, 90, 515 pp.

Roberts, J.M., Wheeler, A.J., Freiwald, A. and Cairns, S.D. 2009. *Cold-water corals: The biology and geology of deep-sea coral habitats*. Cambridge University Press, 334 pp.

Rogers, A.R. 2004. *The biology, ecology and vulnerability of deep-water coral reefs.* International Union for Conservation of Nature & Natural Resources, 11 pp.

Sanfilippo, R., Vertino, A., Rosso, A., Beuck, L., Freiwald, A. and Taviani, M. 2013. *Serpula* aggregates and their role in deep-sea coral communities in the southern Adriatic Sea. *Facies,* 59, 663-677.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

FORAMINIFERAL ASSEMBLAGES AND GEOCHEMICAL PROXIES FOR INTERPRETING THE IMPACT OF THE EARLY TOARCIAN OCEANIC ANOXIC EVENT IN THE LUSITANIAN BASIN (RABAÇAL SECTION, PORTUGAL)

P. Rita[1], M. Reolid[2] and L.V. Duarte[1,3]

[1] MARE UC (Marine and Environmental Sciences Centre) and
[2] Universidad de Jaén, Campus Las Lagunillas, 23071 Jaén, Spain. patricia_costarita@gmail.com
[3] Department of Earth Sciences, University of Coimbra, Portugal

ABSTRACT

This work pretends to evaluate the influence of the Toarcian Oceanic Anoxic Event (T-OAE) on the foraminiferal assemblages from the Rabaçal section (Lusitanian Basin, Portugal) through a geochemical proxies analysis. Polymorphum – Levisoni zones boundary (early Toarcian) records a high productivity event, indicated by increased values of Ba/Al and P/Ti ratios and total organic carbon. The lower part of the Levisoni Zone (around 7 m) is marked by a negative carbon isotopic excursion, coincident with a biotic crisis phase for benthic foraminifera (low abundance and diversity). Redox proxies, such as U/Th, Mo/Al and Ni/Al, increase just in this interval indicating depleted oxygen conditions. After this interval, geochemical proxies, stable isotopes and foraminiferal data return to values equivalent to those of the Polymorphum Zone, suggesting a recovery from the stress conditions related with the T-OAE. This trend is similar and comparable to the trend observed in the Peniche reference section (Lusitanian Basin) but also with other Tethyan and NW European sections.

Key words: Benthic foraminifera, geochemical proxies, Toarcian Oceanic Anoxic Event, Lusitanian Basin.

INTRODUCTION

The Toarcian Oceanic Anoxic Event (T-OAE) is a global episode known by its palaeoenvironmental perturbations and their impact on marine biota (Little and Benton, 1995). This work aims to evaluate the influence of the T-OAE, indicated by geochemical proxies (major and trace elements, carbon and oxygen stable isotopes, and total organic carbon (TOC)) on the foraminiferal assemblages from the Rabaçal section. This section is located in the northern part of the Lusitanian Basin (Portugal), and is known for the excellent outcrop conditions of the Toarcian, which is represented by marl-limestone alternations enriched in benthic and nektonic fauna (e.g., Duarte, 1997; Duarte and Soares, 2002; Comas-Rengifo *et al*., 2013).

GEOLOGICAL SETTING

The Coimbra-Rabaçal area is located in the northern part of the Lusitanian Basin (Portugal). The Lower Toarcian sequence in this sector corresponds to the base of the S. Gião Formation, dominated by hemipelagic marls and

limestones enriched in benthic and nektonic macrofauna. Despite these general sedimentary characteristics, the base of Levisoni Zone marks a great facies variation in this basin, evidenced by thin nodular limestones (centimetre-scale), sometimes silty to sandy, alternating with marly-clay interbeds (Duarte, 1997; Duarte and Soares, 2002).

RESULTS

A total of 19 marly samples of the Polymorphum – Levisoni (=Serpentinum) ammonite zones interval (around 20 m thick) were analysed. Foraminiferal morphogroups were differentiated according to life-styles and trophic strategies. A total of 24 genera distributed in 12 morphogroups were identified. MG-J1 (*Dentalina, Marginulina, Lingulina, Tristix, Pseudonodosaria, Nodosaria, Lagena, Ichtyolaria, Citharina*), MG-J2 (*Astacolus, Planularia, Marginulinopsis, Falsopalmula, Vaginulinopsis*) and MG-J3 (*Eoguttulina*) are the most abundant morphogroups in the studied section. Foraminifera are characterized by diverse assemblages with high abundance during the Polymorphum Zone (first 7 m) (Fig. 1) with dominance of calcitic shallow infaunal forms of the Order Lagenina. However, from the Polymorphum–Levisoni zones boundary the abundance and the diversity decrease reaching very low values from 2.45 to 6.3 m over the zone boundary (Fig. 1).

Concerning geochemical proxies, palaeoproductivity proxies such as Ba/Al and P/Ti reach a maximum just in the Polymorphum-Levisonizones boundary (Fig. 1). This level records the highest TOC values of the section (0.44 wt.%) (Fig. 1) although they are quite low compared with Lower Toarcian deposits from central and north Europe. From the Polymorphum-Levisonizone boundary upwards, $\delta^{13}C$ decreases (2 to -0.2‰). The base of Levisoni Zone records the lowest TOC values of the studied succession and is also characterized by a negative isotopic excursion. Regarding the redox proxies, U/Th, Mo/Al and Ni/Al ratios show a peak coincident with the minimum values of $\delta^{13}C$ (Fig. 1). Geochemical proxies from the marls and marly limestones of the upper part of Levisoni Zone are similar to those from marls and marly limestones of the Polymorphum Zone (Fig. 1).

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The geochemical analysis of the lower Toarcian in the Rabaçal section allowed the characterization of environmental changes across the Polymorphum–Levisoni zones boundary. Coinciding with this boundary, palaeoproductivity proxies such as Ba/Al and P/Ti reach a maximum indicating a high productivity event (Fig. 1). Following this high productivity conditions, foraminiferal diversity strongly decreases, and opportunist forms such as *Eoguttulina* record maximum abundance values

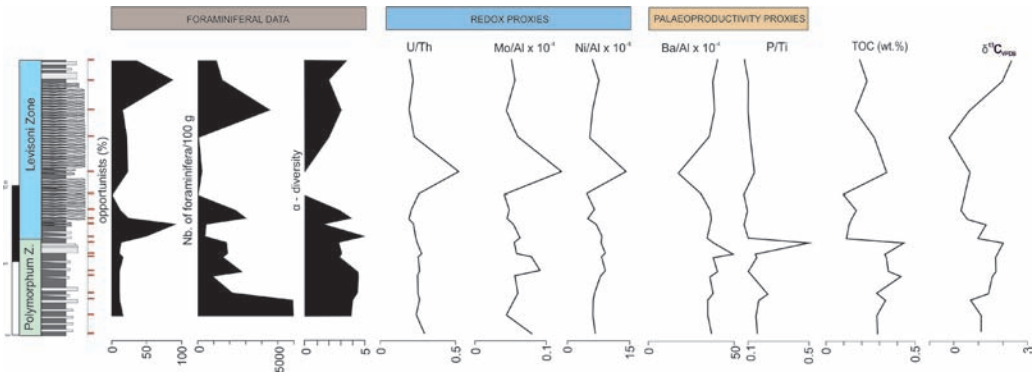


Figure 1. Foraminiferal and geochemical proxies data (redox and palaeoproductivity proxies, TOC, carbon and oxygen isotopes) from Lower Toarcian of the Rabaçal section (Lusitanian Basin, Portugal). MHH: Marls and marly limestones with *Hildaites* and *Hildoceras* Formation.

(Fig. 1). The negative carbon isotopic excursion observed at the base of Levisoni Zone agrees with previous works of Duarte *et al.* (2007) and Suan *et al.* (2010), and is coincident with the lowest values of diversity and abundance of foraminifera. This interval is almost barren of foraminifera and ostracods (Fig.1; see also Cabral *et al.*, 2013).

Despite the lowest TOC values, the highest values of redox proxies (U/Th, Mo/Al and Ni/Al) coincident with $\delta^{13}C$ minimum values indicate oxygen depleted conditions related to the T-OAE (Fig. 1). The most extreme conditions are located just above the base of the Levisoni Zone (3.8 m thick interval), where low diversity and abundance of foraminifera point to a biotic crisis related to the T-OAE (Fig. 1). Above this interval, geochemical proxies, isotopic and foraminiferal data return to values recorded in the Polymorphum Zone, suggesting a recovery from the stress conditions related with the T-OAE (Fig. 1).

The influence of T-OAE in the foraminiferal record of the Rabaçal section is clear and comparable to the trend observed in the Peniche reference section of the Lusitanian Basin (Rita *et al.*, 2016). Foraminiferal assemblages from Rabaçal section are dominated by the suborder Lagenina, as recorded in the same stratigraphic interval in other Tethyan (Betic Cordillera in South Spain, Iberian Range in East Spain, Middle Atlas in Morocco, Saharan Atlas and Traras Mountains in Algeria and Umbria Marche in Central Italy) and NW European sections (England and France) (e.g. Bartolini *et al.*, 1992; Herrero, 1994, 1998, 2006; Nocchi and Bartolini, 1994; Rey *et al.*, 1994; Hylton, 2000; Mailliot *et al.*, 2009; Reolid *et al.*, 2012a, b, 2013, 2014; Herrero and Ramírez, 2013). The ecostratigraphic analysis of foraminiferal assemblages and the use of geochemical proxies for palaeoproductivity and redox conditions, allowed us to identify environmental changes in the Coimbra-Rabaçal area, such as suboxic conditions at the time of negative carbon isotopic excursion during the lower part of Levisoni Zone, correlative to the T-OAE.

ACKNOWLEDGEMENTS

PR had the support of the Erasmus + program and the Fundação para a Ciência e Tecnologia (FCT), through the strategic project UID/MAR/04292/2013 granted to MARE.

REFERENCES

Bartolini, A., Nocchi, M., Baldanza, A. and Parisi, G. 1992. Benthic life during the Early Toarcian Anoxic Event in the Southwestern Tethyan Umbria-Marche Basin, Central Italy. *Studies in benthic foraminifera Benthos'90*, Sendai, Japan, Tokai University Press, 323–338.

Cabral, M.C., Loureiro, I.M., Duarte, L.V. and Azerêdo, A.C. 2013. Registo da extinção dosMetacopina (Ostracoda, Crustacea) no Toarciano de Rabaçal, região de Coimbra.Comunicações Geológicas, 100 (Especial I), 63–68.

Comas-Rengifo, M.J., Duarte, L.V., García Joral, F. and Goy, A. 2013. Os braquiópodes do Toarciano inferior (Jurássico) da região de Rabaçal-Condeixa (Portugal): distribuição estratigráfica e paleobiogeografia. *Comunicações Geológicas*, 100, Especial I, 37–42.

Duarte, L.V. 1997. Facies analysis and sequential evolution of the Toarcian-Lower Aalenian series in the Lusitanian Basin (Portugal). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, 83, 65–94.

Duarte, L.V., Oliveira, L.C. and Rodrigues, R. 2007. Carbon isotopes as a sequence stratigraphic tool: examples from the Lower and Middle Toarcian marly limestones of Portugal. *Boletín Geológico y Minero*, 118, 3–18.

Duarte, L.V. and Soares, A.F. 2002. Litostratigrafia das séries margo-calcárias do Jurássico inferior da Bacia Lusitânica (Portugal). *Comunicações do Instituto Geológico e Mineiro*, 89, 135– 154.

Herrero, C. 1994. Lower Toarcian foraminifera from the northern sector of the Iberian Range (Spain). *Geobios M.S.*, 17, 287–295.

Herrero, C. 1998. Pliensbachian Foraminifera at Camino section (Basque-CantabrianBasin, Spain). *Cuadernos de Geología Ibérica*, 24, 121–139.

Herrero, C. 2006. Sucesión de asociaciones de foraminíferos en el tránsito Pliensbachiense-Toarciense en Almonacid de La Cuba (Zaragoza, España). *Revista Española de Micropaleontología*, 38, 339–354.

Herrero, C. and Ramírez, R.W.S. 2013. Upper Pliensbachian–Middle Toarcian Foraminiferal Assemblages in the Camino Section (Basque–Cantabrian Basin, Spain). In: Rocha, R., Pais, J., Kullberg, J. C., Finney, S. (Eds.). *STRATI 2013 First International Congress on Stratigraphy - At the Cutting Edge of Stratigraphy.* Springer Geology, 1099–1103.

Hylton, M.D. 2000. *Microfaunal investigation of the early Toarcian (Lower Jurassic) extinction event in NW. Europe.* PhD Thesis University of Plymouth, 287 pp.

Little, C.T.S. and Benton, M.J. 1995. Early Jurassic mass extinction: a global long-term event. *Geology*, 23, 495–498.

Mailliot, S., Mattioli, E., Bartolini, A., Baudin, F., Pittet, B. and Guex, J. 2009. Late Pliensbachian-Early Toarcian (Early Jurassic) environmental changes in an epicontinental basin of NW Europe (Causses area, central France): a micropaleontological and geochemical approach. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 273, 346–364.

Nocchi, M. and Bartolini, A. 1994. Investigation on Late Domerian-Early Toarcian Lagenina and Glomospirella assemblages in the Umbria-Marche Basin (Central Italy). *Geobios M.S.*, 17, 689–699.

Reolid, M., Rodríguez-Tovar, F.J., Marok, A. and Sebane, A.2012a. The Toarcian oceanic anoxic event in the Western Saharan Atlas, Algeria (North African paleomargin): Role of anoxia and productivity. *Geological Society of America Bulletin,* 124, 1646–1664.

Reolid, M., Sebane, A., Rodríguez-Tovar, F.J. and Marok, A. 2012b. Foraminiferal morphogroups as a tool to approach the Toarcian Anoxic Event in the Western Saharan Atlas (Algeria). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 323–325, 87–99.

Reolid, M., Chakiri, S. and Bejjaji, Z. 2013. Adaptative strategies of the Toarcian benthic foraminiferal assemblages from the Middle Atlas (Morocco): Palaeoecological implications. *Journal of African Earth Sciences*, 84, 1–12.

Reolid, M., Marok, A. and Sebane, A. 2014. Foraminiferal assemblages and geochemistry for interpreting the incidence of Early Toarcian environmental changes in North Gondwana palaeomargin (Traras Mountains, Algeria). *Journal of African Earth Sciences*, 95, 105–122.

Rey, J., Bonnet, L., Cubaynes, R., Qajoun, A. and Ruget, C. 1994. Sequence stratigraphy and biological signals: statistical studies of benthic foraminifera from Liassic series. *Palaeogeograpy, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 111, 149–171.

Rita, P., Reolid, M. and Duarte, L.V. 2016. Benthic foraminiferal assemblages record major environmental perturbations during the Late Pliensbachian–Early Toarcian interval in the Peniche GSSP, Portugal. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* (doi:10.1016/j.palaeo.2016.04.039).

Suan, G., Mattioli, E., Pittet, B., Lécuyer, C., Suchéras-Marx, B., Duarte, L.V., Philippe, M., Reggiani, L. and Martineau, F. 2010. Secular environmental precursors to Early Toarcian (Jurassic) extreme climate changes. *Earth and Planetary Science Letters*, 290, 448–458.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

BIOEVENTOS Y PALEOAMBIENTES DURANTE EL EOCENO MEDIO Y SUPERIOR BASADOS EN FORAMINÍFEROS DE TORRE CARDELA (GRANADA)

L. Rivero-Cuesta, L. Alegret y E. Molina

Ciencias de la Tierra e Instituto Universitario de Ciencias Ambientales de Aragón, IUCA.
Facultad de Ciencias, Universidad de Zaragoza, Pedro Cerbuna 12, 50009 Zaragoza.
lucia.rivero.cuesta@gmail.com

RESUMEN

Con el objetivo de reconstruir el paleoambiente y correlacionar bioeventos que caractericen el Eoceno medio-superior se ha realizado un estudio cuantitativo de foraminíferos bentónicos en Torre Cardela, un afloramiento situado en la cordillera Subbética donde se extendía la parte suroeste del Tetis. Las muestras analizadas corresponden al Bartoniense e incluyen tanto su base como su techo, lo que le confiere a la sección estudiada un interés añadido desde el punto de vista cronoestratigráfico, pudiendo contribuir a la definición del GSSP del Bartoniense. Los primeros resultados muestran una predominancia de especies bentónicas infaunales, tales como *Bolivina* y *Bolivinoides*, que junto con el resto de la asociación indican un medio batial con alto aporte de alimento. Además se han identificado especies típicas de medio litoral como *Asterigerina*, *Cibicidoides* y *Osangularia*, que han sido consideradas como alóctonas ya que tienen un estilo de vida epifítico y pueden haber sido transportadas penecontemporaneamente.

Palabras clave: Foraminíferos, Eoceno, Bartoniense, Tetis, bioestratigrafía.

ABSTRACT

Aiming for the paleoenvironmental reconstruction and correlation of bioevents characteristic from the Middle-Upper Eocene, a quantitative study of benthic foraminifera has been carried out in Torre Cardela (Spain). The outcrop is located in the Subbaetic System, were the SW part of the Tethys Ocean lied during the Bartonian. Samples analyzed from this age shows a high abundance of infaunal species such as *Bolivinas* and *Bolivinoides* which indicates conditions of high nutrients, while the rest of the assemblage suggest a middle bathyal depth. Certain species typical from shallower waters (*Asterigerina*, *Cibicidoides* and *Osangularia*) has been also found, but they are likely allochthonous as they lived attach to seaweed that could be easily transported by currents or through the continental slope.

Key words: Foraminifera, Eocene, Bartonian, Tethys, biostratigraphy.

INTRODUCCIÓN

El concepto de GSSP (Global Boundary Stratotype Section and Point) fue introducido por la Comisión Internacional de Estratigrafía en los años 70 para estandarizar la edad y significado de las edades geológicas, en especial en su base.

En la mayoría de los casos existen localidades tipo donde se han ido definiendo las diferentes edades, la mayoría de ellas adoptando ese mismo nombre. Sin embargo, algunas de esas localidades tipo sólo poseen rasgos locales o regionales, por lo que las características que las definen no son extrapolables a otros afloramientos de la misma edad y su correlación resulta difícil. Para casos en los que los estratotipos clásicos de pisos no son suficientemente adecuados para definir el límite aún continúa la búsqueda como es el caso de la base del Bartoniense (~41.2 Ma).

El estratotipo del piso Bartoniense fue originalmente definido en la cuenca de Hampshire (costa SE de Reino Unido) en una capa que contiene abundantes macroforaminíferos bentónicos, concretamente la especie *Nummulites prestwichianus* (Curry, 1937). No obstante, la extensión paleogeográfica de dicha capa es limitada por lo que no es posible su correlación con otros afloramientos de la misma edad. Tampoco la unidad litoestratigráfica (Formación Barton Clay) coincide con el concepto cronoestratigráfico de la edad Bartoniense, por lo que son necesarios nuevos criterios para su reconocimiento. En la última versión de la escala de tiempo geológico se propone el límite entre los magnetocrones C19n/C18r como marcador de la base del Bartoniense (Vandenberghe *et al*., 2012), ya que los eventos magnetoestratigráficos son globales, rápidos y reconocibles en medios tanto marinos como terrestres.

Respecto a la bioestratigrafía, la base del Bartoniense corresponde a las biozonas E11 (foraminíferos planctónicos), SBZ17 (macroforaminíferos bentónicos del Tetis) y NP16 (nanoplancton calcáreo). Se han reconocido bioeventos específicos justo por encima del límite Luteciense-Bartoniense, como la primera aparición del foraminífero planctónico *Turborotalia cerroazulensis* (41.91 Ma), la última aparición del también planctónico *Guembelitrioides nuttalli* (41.53 Ma) o la última aparición de la espacie de nanoplancton calcáreo *Reticulofenestra reticulata* (40.98 Ma) (Fluegeman, 2014). Para confirmar la validez global de estos marcadores y encontrar otros nuevos, se han explorado afloramientos con potencial para albergar el GSSP del Bartoniense donde se han llevado a cabo estudios multidisciplinares de estratigrafía (sedimentología, magnetoestratigrafía, cicloestratigrafía), bioestratigrafía (nanofósiles calcáreos, foraminíferos planctónicos y bentónicos), isótopos de carbono y oxígeno, etc.

Dentro de las investigaciones realizadas recientemente en la búsqueda del GSSP del Bartoniense, destacan los estudios realizados en el Cabo de Oyambre (cuenca vasco-cantábrica), que han aportado valiosa información pero también se han revelado discrepancias entre algunos bioeventos de foraminíferos planctónicos con la escala de tiempo estándar. La sección más prometedora hasta el momento se sitúa en la carretera de Contessa (Gubio, Italia), y ha sido propuesta por Jovane y colaboradores (2007, 2010), donde un completo estudio del afloramiento confirma la validez del cron C19n (41.25 Ma) como marcador para la base del Bartoniense. No obstante, algunos problemas como la existencia de fallas y la accesibilidad al afloramiento dificultan su ratificación como GSSP.

Con el objetivo de encontrar nuevos bioeventos, que ayuden a la identificación de la base del Bartoniense a nivel global, se han estudiado muestras de Torre Cardela, un corte situado en la zona subbética de la Cordillera Bética, al suroeste de España. Se trata de una serie de margas hemipelágicas que alternan con algunos niveles turbidíticos interestratificados que abarca el tránsito Eoceno medio - superior. En dicho corte se han analizado previamente los foraminíferos planctónicos (Gonzalvo y Molina, 1996), lo cual permitió reconocer biozonas que ayudaron a su precisa datación. Tomando como punto de partida dichos datos, se han seleccionado las muestras pertenecientes al Bartoniense para realizar un estudio cuantitativo de los foraminíferos bentónicos que aporta nuevos datos para una reconstrucción paleoambiental. Los resultados serán utilizados para comparar las asociaciones encontradas en Torre Cardela con las presentes en otros afloramientos como Oyambre y Contessa.

MATERIAL Y MÉTODOS

El material estudiado consiste en 25 muestras recogidas en un afloramiento de unos 100 metros de espesor correspondiente a la edad Bartoniense. Previamente al análisis, las muestras fueron preparadas mediante técnica de levigado, disgregadas con agua oxigenada al 10% y tamizadas utilizando una luz de malla de 63 micras.

Una vez separado el contenido micropaleontológico, éste fue microcuarteado hasta 5 y 6 veces para obtener una pequeña fracción representativa de cada muestra. Para realizar el análisis cuantitativo se separaron más de 300 foraminíferos bentónicos de cada muestra, los cuales fueron identificados y clasificados a nivel de especie en su

mayoría, y a nivel de género los ejemplares muy escasos o peor conservados. Los foraminíferos bentónicos presentan una conservación moderada a pobre en Torre Cardela. Los ejemplares más representativos fueron fotografiados en el servicio de microscopía electrónica de la Universidad de Zaragoza, donde se obtuvieron imágenes de alta resolución.

RESULTADOS

Los grupos de foraminíferos bentónicos dominantes incluyen principalmente formas biseriadas, fundamentalmente bolivínidos (*Bolivina* spp. y *Bolivinoides* spp.), y formas trocoespiraladas como *Cibicidoides* spp., *Asterigerina* spp. y *Osangularia* spp. Otros grupos comúnmente presentes son *Gyroidinoides* spp., *Anomalinoides* spp., *Uvigerina* spp., *Angulogerina* spp., *Globobulimina* spp y *Reussella* spp. Se puede destacar la presencia de especies uniloculares (*Lagena* spp.) así como uniseriadas tubulares (*Stilostomella* spp. y *Siphonodosaria* spp.). Grupos calcáreos menos comunes incluyen representantes de *Pullenia* spp., *Aragonia* spp., *Pectofrondicularia* spp., *Quinqueloculina* spp., *Loxostomoides* spp. y *Pleurostomella* spp., entre otros. Las especies aglutinadas son muy escasas a ausentes en gran parte de las muestras.

Tras el análisis cuantitativo de la primera parte de las muestras, los resultados preliminares indican una predominancia de especies infaunales (fundamentalmente *Bolivina* y *Bolivinoides*) sobre especies epifaunales (*Asterigerina*, *Osangularia y Cibicidoides*) en la base del Bartoniense.

En distintas muestras a lo largo de la sección aparece de forma común a abundante en la fracción de entre 63 y 150 micras un foraminífero de morfología trocoespiralada que resulta difícil de identificar. Por su tamaño y morfología general de la concha parece pertenecer a algún género bentónico como *Nuttallinella* o *Nuttallides*, sin embargo la textura de su pared se corresponde a la de un foraminífero planctónico. Tentativamente, se ha considerado planctónico y asignado a la especie *Planorotalites capdevilensis* ya que es el único género planctónico del Eoceno que presenta este tipo de morfología.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las asociaciones son diversas y están constituidas por morfogrupos tanto epifaunales como infaunales profundos, e indican un buen aporte de materia orgánica al fondo marino, pero sin alcanzarse condiciones de baja oxigenación. Los bolivínidos son uno de los grupos más abundantes en las asociaciones, y se caracterizan por presentar un modo de vida infaunal, asociándose a un significativo aporte de materia orgánica al fondo oceánico, probablemente ligado a una reducción de la oxigenación en las aguas del fondo oceánico (Murray, 1991). La presencia de especies de morfología cilíndrica, y de uvigerínidos, apoyan la interpretación de un alto aporte de nutrientes al fondo marino. Además, las asociaciones observadas contienen representantes comunes de los géneros *Bulimina, Bolivina, Globobulimina* y *Uvigerina*, entre otros, que se asocian a un elevado y relativamente continuo aporte de materia orgánica al medio bentónico (Gooday *et al*., 2001).

Siguiendo los criterios de van Morkhoven (1986), la composición de las asociaciones identificadas se asocia a un ambiente batial medio. El porcentaje significativo de *Asterigerina* spp., típica de batimetrías más someras, puede ser engañoso ya que este género tiene un estilo de vida epifítico, adheriéndose a algas y otros restos orgánicos que pueden ser transportados fácilmente por las corrientes.

En relación a la especie que presenta morfología característica de un foraminífero bentónico pero textura de la pared típica de los planctónicos, la dificultad en su identificación ha sido recientemente descrita en la literatura (Boscolo-Galazzo *et al*., 2015). Estos autores analizaron la composición isotópica de carbono y oxígeno en ejemplares de edad y características muy similares a los encontrados en Torre Cardela. Concretamente, analizaron material procedente de dos afloramientos del Tetis, Alano y Monte Cagnero (Italia) a lo largo del Óptimo Climático del Eoceno Medio (MECO, 40.0 Ma). Los resultados confirman la naturaleza planctónica de esta especie, que identificaron como *Planorolites capdevilensis* tras comparar sus ejemplares con el material tipo en la institución Smithsonian, destacando la gran similitud de sus ejemplares con las formas juveniles de *P. capdevilensis*. Consideramos que existen suficientes indicios para atribuir los ejemplares encontrados en Torre Cardela a la especie *P. capdevilensis*. Se trata

de una especie que habitaba en la capa mixta de aguas tropicales y subtropicales (Boscolo-Galazzo *et al*., 2015). Sin embargo, es importante confirmar y cuantificar la presencia de esta especie ya que puede causar importantes sesgos en interpretaciones paleoecológicas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen financiación del proyecto CGL2014-58794-P (Ministerio de Economía y Competitividad, fondos FEDER), del Grupo Consolidado E05 (Gobierno de Aragón/Fondo Social Europeo), y beca predoctoral BES-2015-075140 (Ministerio de Economía y Competitividad) a Lucía Rivero Cuesta.

REFERENCIAS

Curry, D. 1937. The English Bartonian Nummulites. *Proc. Geol. Assoc*., 48, 229–IN3.

Dawber, C.F., Tripati, A.K., Gale, A.S., MacNiocaill, C. & Hesselbo, S.P. 2011. Glacioeustasy during the middle Eocene? Insights from the stratigraphy of the Hampshire Basin, UK. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.,* 300, 84–100.

Dinarès-Turell, J., Payros, A., Monechi, S., Orue-Etxebarria, X., Ortiz, S., Apellaniz, E. & Bernaola, G. 2004. In Search of the Bartonian (Midlle Eocene) GSSP (II): Preliminary Results form the Oyambre Section (Northern Spain). *STRATI 2013: First International Congress on Stratigraphy At the Cutting Edge of Stratigraphy*. Rocha, R., Pais, J., Kullberg, J. C. & Finney, S. (Eds.) Springer.

Fluegeman, R.H. 2014. The Bartonian (Middle Eocene) GSSP: Historical Considerations and Challenges. *STRATI 2013: First International Congress on Stratigraphy At the Cutting Edge of Stratigraphy*. Rocha, R., Pais, J., Kullberg, J. C. & Finney, S. (Eds.) Springer.

Gonzalvo, C. y Molina, E. 1996. Bioestratigrafía y cronoestratigrafía del tránsito Eoceno Medio-Eoceno Superior en la Cordillera Bética. *Rev. Esp. Micropaleontol.* XXVIII, pp. 25–44.

Gooday, A.J., Hughes, J.A. & Levin, L.A., 2001. The foraminiferan macrofauna from three North Carolina (USA) slope sites with contrasting carbon flux: a comparison with the metazoan macrofauna. *Deep Sea Res. Part Oceanogr. Res. Pap*. 48, 1709–1739.

Jovane, L., Florindo, F., Coccioni, R., Dinares-Turell, J., Marsili, A., Monechi, S., Roberts, A.P. & Sprovieri, M. 2007. The middle Eocene climatic optimum event in the Contessa Highway section, Umbrian Apennines, Italy. *Geol. Soc. Am. Bull.* 119, pp. 413–427.

Jovane, L., Sprovieri, M., Coccioni, R., Florindo, F., Marsili, A. & Laskar, J. 2010. Astronomical calibration of the middle Eocene Contessa Highway section (Gubbio, Italy). *Earth Planet. Sci. Lett.* 298, pp. 77–88.

Murray, J. W. 1991. *Ecology and paleoecology of benthic foraminifera*. Longman, Harlow, 397 pp.

Payros, A., Dinarès-Turell, J., Orue-Etxebarria, X., Monechi, S., Ortiz, S., Apellaniz, E. & Bernaola, G. 2014. In Search of the Bartonian (Middle Eocene) GSSP (I): Potential in the Basque-Cantabrian and Aquitanian Basins (Western Pyrenees). *STRATI 2013: First International Congress on Stratigraphy At the Cutting Edge of Stratigraphy*. Rocha, R., Pais, J., Kullberg, J. C. & Finney, S. (Eds.) Springer.

Vandenberghe, N., Hilgen, F.J. & Speijer, R.P. 2012. The Paleogene Period. *The Geologic Time Scale 2012*, Gradstein F. M. *et al.* Eds. Elsevier, 855-921.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

CORRELACIÓN DE LAS ESCALAS ZONALES DE BRAQUIÓPODOS, FORAMINÍFEROS Y PALINOMORFOS DEL TRÁNSITO JURÁSICO INFERIOR-JURÁSICO MEDIO EN LA PENÍNSULA IBÉRICA. CALIBRACIÓN CON LA ZONACIÓN DE AMMONOIDEOS

S. Ureta[1], A. Goy[1], B. Andrade[2], E. Barrón[3], M.L. Canales[1], F. García Joral[1], M.H. Henriques[4], G. Martínez[1] y J. Sandoval[5]

[1] Departamento de Paleontología, Facultad de C.C. Geológicas e Instituto de Geociencias (UCM-CSIC), José Antonio Novais 12, 28040, Madrid. solureta@ucm.es, angoy@ucm.es, mcanales@ucm.es, fgjoral@ucm.es, gemmamar@ucm.es
[2] I.E.S. Valle Inclán, Gran Vía Montero Ríos s/n, 36000 Pontevedra. bandrade@edu.xunta.es
[3] Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid.e.barron@igme.es
[4] Centro de Geosciencias y Departmento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Coimbra (Polo II), Rua Sílvio Lima, 3030-790 Coimbra, Portugal. hhenriq@dct.uc.pt
[5] Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Universidad de Granada, Av. Fuentenueva s/n, 18002, Granada. sandoval@ugr.es

RESUMEN

Se han revisado las escalas zonales, basadas en ammonoideos, definidas en la Península Ibérica (cordilleras Ibérica y Bética y cuencas Lusitánica y Vasco-Cantábrica) y se han comparado con la Zonación Estándar establecida para las provincias del NW de Europa y Mediterránea. Así mismo se han calibrado las escalas regionales de braquiópodos, foraminíferos y palinomorfos, con la escala de ammonoideos, remarcando cuales son los elementos útiles para establecer correlaciones en el ámbito ibérico y con otras cuencas del O del Tethys.

Palabras clave: Cronoestratigrafía, bioestratigrafía, límite Toarciense-Aaleniense, ammonoideos, correlaciones.

ABSTRACT

The zonal scales based on ammonoids defined in the Iberian Peninsula (Iberian and Betic Cordilleras, Lusitanian and Basque-Cantabrian Basins) are reviewed. These scales are compared with the Standard zonation established for the North Western European and the Mediterranean provinces, and calibrated with the regional scales based on brachiopods, foraminifers and palinomorphs. The useful elements to establish correlations between the Iberian area and with other basins of Western Tethys are signaled.

Key words: Cronostratigraphy, biostratigraphy, Toarcian-Aalenian boundary, ammonoids, correlations.

INTRODUCCIÓN

El limite Toarciense-Aaleniense (Zona Aalensis-Zona Opalinum) está bien representado en la Península Ibérica por alternancias calcáreo-margosas con abundantes fósiles de organismos bentónicos y nectónicos y de palinomorfos.

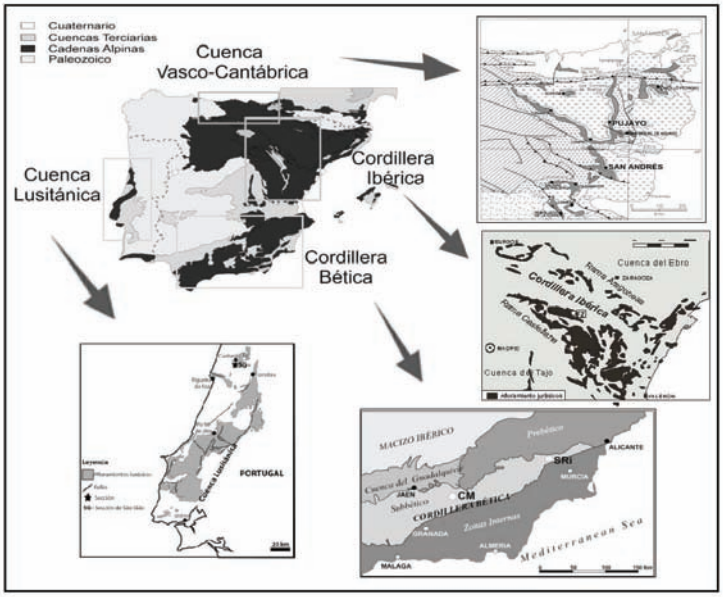


Figura1. Situación de las cuencas estudiadas en la Península Ibérica y ubicación de las secciones de referencia en cada una de ellas. SG: Sao Giao (Cuenca Lusitánica), CM: Cerro Méndez y SRI. Sierra de Ricote (Cordillera Bética); FZ: Fuentelsaz (Cordillera Ibérica); Pujayo y San Andrés (Cuenca Vasco-Cantábrica).

Sin embargo son las sucesiones de ammonoideos las que han permitido establecer una bioestratigrafía de alta resolución a partir de las secciones más representativas de las cordilleras Ibérica (Fuentelsaz), Bética (Sierra de Ricote y Cerro Méndez) y Cuenca Lusitánica (São Gião) (Sandoval *et al.*, 2001). En este trabajo se añaden datos obtenidos en la Cuenca Vasco-Cantábrica (Fig. 1) y se presenta la correlación de las escalas zonales realizadas con Braquiópodos, Foraminíferos y Palinomorfos. La calibración de los límites de sus unidades se hará respecto a la escala de ammonoideos establecida para la Península Ibérica.

ESTRATIGRAFÍA

Los estudios bioestratigráficos, en el tránsito Jurásico Inferior-Jurásico Medio se han intensificado en la Península Ibérica desde la década de los "80". Estos trabajos han permitido establecer escalas bioestratigráficas de detalle, basadas en ammonoideos, braquiópodos, foraminíferos y palinomorfos. Estas escalas han servido para perfeccionar el marco bioestratigráfico existente y realizar una correlación precisa entre las diferentes cuencas de la Península Ibérica.

Cordillera Ibérica

Los sedimentos del al tránsito Toarciense-Aaleniense presentan espesores variables en la Cordillera Ibérica, pero es en la Rama Castellana donde se encuentran los valores más altos. La sección más significativa se encuentra en Fuentelsaz, GSSP del piso Aaleniense, donde se han medido más de 35 m de espesor. Estos sedimentos están constituidos por alternancias de calizas y margas de la Fm. Turmiel (Goy *et al.*, 1976), a las que siguen calizas nodulosas de la Fm. Casinos (Gómez *et al.*, 2003; Gómez y Fernández-López, 2004). Estas alternancias están organizadas en secuencias de somerización, interrumpidas por pulsos de profundización donde la fracción margosa es dominante (Fuentelsaz, Subzona Comptum). En general este intervalo estratigráfico es notablemente rico en fósiles, siendo los ammonoideos uno de los grupos mejor representados. La sucesión de Fuentelsaz, está constituida por asociaciones con individuos juveniles y adultos macro y microconchas. Ello ha permitido el reconocimiento y caracterización detallada de todas las subzonas de la Zona Aalensis (Mactra, Aalensis y Buckmani) del Toarciense superior y de la Zona Opalinum (Opalinum y Comptum) del Aaleniense inferior (Sandoval *et al.,* 2001) (Fig. 2). Así mismo, grupos como los

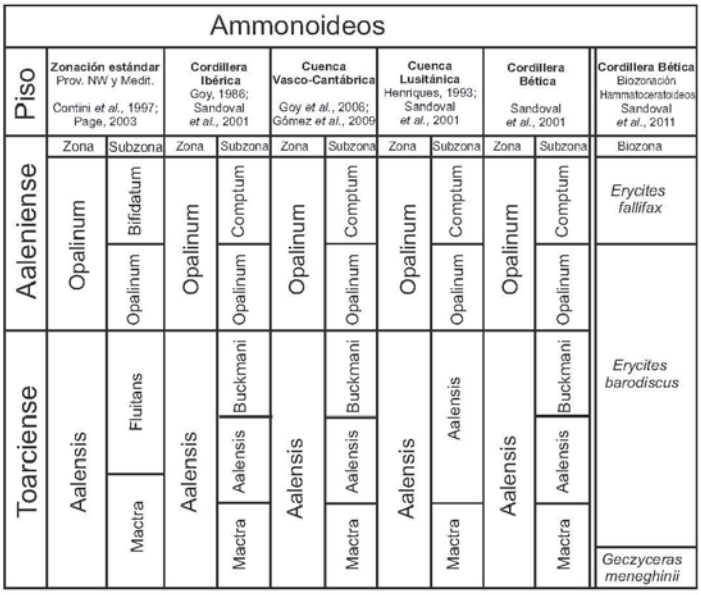


Figura 2. Correlación entre las escalas zonales de Ammonoideos establecidas en las diferentes cuencas de la Península Ibérica con la Escala Zonal Estándar de las provincias NW-Europea y Mediterránea.

braquíopodos, foraminíferos y palinomorfos, por su abundancia, han permitido establecer escalas zonales que pueden ser correlacionadas con la escala de ammonoideos (Fig. 3).

La escala zonal de braquiópodos del Jurásico Inferior fue propuesta por Goy *et al.* (1985). En ella el límite Toarciense-Aaleniense se sitúa dentro de la Zona Cynocephala, cuya base coincide aproximadamente con la base de la Subzona Buckmani. Esta zona está precedida por la Zona Infraoolithica, que comienza en la base de la Subzona Thouarsense y está subdividida en tres subzonas (Marini, Blakei y Goyi en orden sucesivo). Posteriormente, García Joral y Goy (2010) proponen una nueva zonación basada exclusivamente en braquiópodos del orden Rhynchonellida. En esta zonación se mantiene la Zona Cynocephala y se eleva a categoría de zona la Subzona Goyi de la Zona Infraoolithica (Fig. 3).

Las asociaciones de foraminíferos son abundantes y diversas (Herrero y Canales, 1997; Canales, 2001). En ellas, los representantes del Suborden Lagenina son predominantes, al igual que en otras secciones de las plataformas marinas situadas en las cuencas jurásicas del hemisferio norte. Entre ellos, la presencia de la especie *Astacolus dorbignyi* (Roemer) ha permitido el reconocimiento de la Zona Astacolus dorbignyi. Esta zona se extiende desde la Subzona Mactra (Toarciense superior) hasta el límite inferior de la Subzona Bradfordensis (Aaleniense medio) y su reconocimiento en diferentes cuencas, de la Placa Ibérica, y del Dominio Boreal, permite la caracterización de este intervalo estratigráfico.

El estudio palinológico de la sección de Fuentelsaz muestra asociaciones con una baja diversidad de taxones, muy diferentes de las descritas en sedimentos de la misma edad en zonas boreales y australes (Barrón *et al.*, 2010). Esto pudo ser así porque Iberia se encontraba en el Hemisferio Norte, al norte de una banda desértica subtropical (Dera *et al.*, 2009). Además, las asociaciones inferidas siempre están sobrerrepresentadas por polen anemófilo de gimnospermas lo que indica transporte desde una relativa larga distancia.

Se han podido inferir cinco asociaciones palinológicas. La primera coincide con la Subzona Insigne y está caracterizada por altos porcentajes de granos de polen de *Classopollis torosus*. La segunda comprende las subzonas Pseudoradiosa y Mactra, y la mitad inferior de la Subzona Aalensis. Está dominada por *Spheripollenites psilatus,* aunque hay niveles que muestran hasta algo más de un 40% de *C. torosus*. En la tercera asociación que se desarrolla en la mitad superior de la Subzona Aalensis y en gran parte de la Subzona Buckmani, aparecen más de un 85%, de *S. psilatus* mientras que los de *C. torosus* decrecen por debajo de un 10%. En esta asociación, los palinomorfos acuáticos, y en particular el acritarco acantomorfo *Michrystridium lymensis*, incrementan su presencia en el límite entre las subzonas Aalensis y Buckmani.

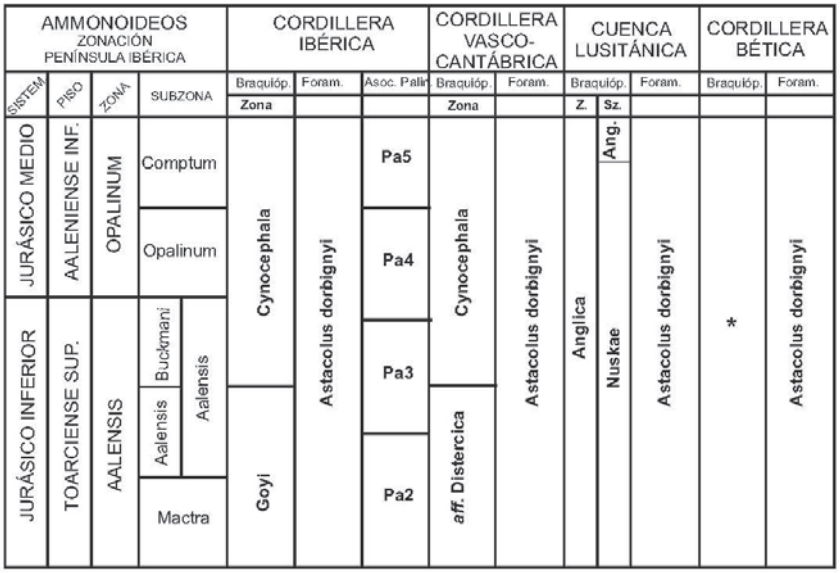


Figura 3. Calibración de las escalas de braquiópodos, foraminíferos y palinomorfos establecidas en las diferentes cuencas peri-ibéricas con la escala zonal de Ammonoideos propuesta para la Península Ibérica.

En los niveles del límite Toarciense-Aaleniense (parte superior de la Subzona Buckmani y Subzona Opalinum) se ha descrito una cuarta asociación que es muy similar a la segunda, presentando porcentajes similares. La última está registrada en la Subzona Comptum, con palinomorfos mal preservados y está caracterizada por porcentajes de *S. psilatus*, que exceden en casi todos los niveles el 95%. Los granos de *Classopollis* son escasos, y tienen una representación menor de un 2%.

Cordillera Vasco-Cantábrica

Los sedimentos del tránsito Toarciense-Aaleniense tienen notables variaciones de espesor. En la parte suroccidental hay un hiato local que afecta al Toarciense terminal y al Aaleniense basal En la parte central, depocentro de la cuenca, es donde se localizan los mayores espesores siendo las secciones de referencia San Andrés y Pujayo (Goy *et al.* 2006; Gomez *et al.* 2009), donde se han encontrado las sucesiones de ammonoideos más completas. Este intervalo está representado por sucesiones rítmicas de calizas margosas y margocalizas hemipelágicas, organizadas en secuencias de somerización, que pertenecen a la Formación Castillo Pedroso (Quesada *et al.* 2005) y están depositadas en un ambiente de plataforma externa (Gomez *et al.* 2009). Las sucesiones de ammonoideos están constituidas por asociaciones ricas en especímenes con notable diversidad. En el Toarciense superior (Zona Aalensis) se han identificado las subzonas Mactra, Aalensis y Buckmani y dentro del Aaleniense inferior las subzonas Opalinum y Comptum.

Las especies de braquiópodos presentes son algo diferentes de las de la cuenca Ibérica, de manera que García Joral y Goy (2010) reconocen la Zona Cynocephala y definen dos nuevas zonas por debajo de ésta: Renzi y *Aff.* Distercica

Las asociaciones de foraminíferos fueron estudiadas por primera vez con detalle por Canales (2001). Están constituidas por un elevado número de ejemplares y taxones, en general bien conservados, en las que predominan los representantes del Suborden Lagenina. El análisis de la distribución estratigráfica de las especies permitió establecer una escala zonal basada en este grupo. En concreto, para el intervalo estratigráfico comprendido entre el Toarciense superior (Zona Aalensis-Subzona Mactra) y el Aaleniense inferior (Zona Opalinum, Subzona Comptum), fue propuesta la Zona Astacolus dorbignyi, cuyo límite superior se extiende hasta la base de la Biozona Bradfordensis, cuando se produce el primer registro de *Lenticulina quenstedti*, especie índice de la Zona Lenticulina quenstedti. En cuencas del Dominio Boreal esta zona se extiende hasta el límite Aaleniense-Bajociense. La distribución estratigráfica de estas especies en otras cuencas de la Placa Ibérica ha permitido reconocer biozonas, demostrando su aplicabilidad a escala regional.

Cuenca Lusitánica

El límite Toarciense-Aaleniense está bien representado en el sector norte (región del Cabo Mondego, Coimbra y Degracias). La sección de São Gião, cerca de Coimbra, es representativa del esquema zonal general, reconocido en otras secciones de la Cuenca Lusitánica (Henriques, 1992, 2000a; Henriques *et al*., 1996). En esta sección el tránsito Toarciense-Aaleniense corresponde a un potente intervalo de calizas margosas (más de 40 m) que se desarrollan en cuatro secuencias, en las cuales la frecuencia de las calizas aumenta hacia la parte superior. Las asociaciones de ammonoideos incluyen taxones nor-europeos y mediterráneos en proporciones casi iguales. En el Toarciense superior es posible reconocer la Zona Aalensis (11 m de espesor) con las subzonas Mactra y Aalensis. Las margas y las calizas margosas son dominantes y los ammonites resedimentados son muy abundantes (conchas de adultos incompletas en los niveles calcáreos y núcleos piritosos en las margas). En el Aaleniense inferior se pueden reconocer las subzonas de Opalinum y Comptum de la zona Opalinum (36 m de espesor). A partir de la Subzona Comptum, los ammonoideos característicos son raros, pero se hacen abundantes las formas mediterráneas como *Vacekia*.

Los braquiópodos de esta cuenca presentan numerosos endemismos en el Toarciense superior y el Aaleniense, por lo que la escala propuesta por Andrade (2006) está compuesta por zonas definidas por especies propias de la cuenca. El límite Toarciense-Aaleniense se sitúa dentro de la Subzona Nuskae de la Zona Anglica, cuyo límite inferior está ligeramente por debajo de la base de la Zona Aalensis. Por encima, la subzona Anglica comienza en la parte media de la Subzona Comptum.

Las asociaciones de foraminíferos del intervalo Toarciense superior-Aaleniense inferior de la sección de São Gião son las más abundantes y diversas de todas las secciones analizadas en distintas cuencas jurásicas de la Placa Ibérica (Henriques y Canales, 2013). Las asociaciones están constituidas por ejemplares muy bien conservados y, en la mayor parte de ellas, se observa un claro predominio de los representantes del Suborden Lagenina. Sin embargo, destaca un aumento significativo de los representantes del Suborden Miliolina en la parte inferior de la Subzona Comptum, probablemente relacionado con un aumento local de la temperatura del agua. La presencia abundante y constante de la especie *Astacolus dorbignyi* en las asociaciones estudiadas ha permitido reconocer la Zona Astacolus dorbignyi.

Cordillera Bética

El tránsito Toarciense-Aaleniense está bien desarrollado en el subbético medio con espesores que pueden alcanzar los 35 m. Las secciones más representativas son las de la Sierra de Ricote, Murcia y Cerro Méndez, Jaén y Granada (Linares y Sandoval, 1993; Garcia-Gomez *et al*., 1994). Los sedimentos del Toarciense superior y del Aaleniense inferior están representados por alternancias de margas y calizas margosas. La sedimentación calcárea domina en la Zona Aalensis y en la Subzona Comptum mientras que en la Subzona Opalinum dominan las margas. Las calizas margosas corresponden a *mudstones* con radiolarios, filamentos de *Bositra* y foraminíferos bentónicos. Localmente hay facies calcáreas margosas nodulosas en la Subzona Mactra y en la Subzona Comptum. Las asociaciones de ammonoideos son ricas en número de ejemplares, bien conservados que corresponden a jóvenes y adultos macro y microconchas. La sucesión de asociaciones de ammonites permite reconocer la Zona Aalensis (subzonas Mactra, Aalensis y Buckmani) en el Toarciense superior y la zona Opalinum (subzonas Opalinum y Comptum) en el Aaleniense inferior.

Los braquiópodos son escasos en este intervalo temporal, y no permiten el establecimiento de unidades biostratigráficas basadas en su distribución.

Los foraminíferos del intervalo considerado, han comenzado a ser estudiados recientemente. En la sección de Agua Larga las asociaciones de foraminíferos son abundantes y diversas y los ejemplares presentan un buen estado de conservación. La composición taxonómica no difiere de la identificada en otras cuencas ibéricas, por lo que, en esta sección, el reconocimiento de la Zona Astacolus dorbignyi, basado en el registro constante de la especie índice, es posible en los materiales del tránsito Jurásico Inferior-Jurásico Medio.

CORRELACIONES

La correlación entre la escala estándar y las diferentes escalas establecidas para las cuencas de la Península Ibérica está representada en la Figura 2.

A partir de los años "70", se han utilizado, para el tránsito Toarciense-Aaleniense, escalas de referencia que incluían las zonas Aalensis y Opalinum establecidas con el primer registro del género *Pleydellia* y el primer registro del género *Leioceras* respectivamente. La subdivisión de estas zonas se realizó teniendo en cuenta la evolución de las especies de los géneros citados. La subdivisión de la Zona Aalensis en las suzonas Mactra-Aalensis-Buckmani fue utilizada, en las cordilleras Cantábrica, Ibérica y Bética, por Suárez-Vega (1974), Goy (1985), Goy *et al*. (1988, 1994, 2006, 2010), Elmi *et al*. (1989), Goy y Martínez (1990), entre otros. En la Cuenca Lusitánica, la Zona Aalensis ha sido subdividida en Subzona Mactra y Subzona Aalensis por Henriques (1992, 2000b) y Sandoval *et al*. (2001). No obstante, Elmi *et al*. (2007) proponen considerar una Subzona Buckmani (?) al estudiar la sección de São Gião.

La subdivisión de la Zona Aalensis en Subzona Opalinum y Subzona Comptum, fue utilizada por Fernández-López y Suárez-Vega (1980), Goy y Ureta (1981), Ureta (1985), Goy (1986), Fernández-López *et al*. (1988), Linares *et al*. (1988), Goy y Ureta (1990), Henriques (1992), Linares y Sandoval (1993), Henriques (2000b) Henriques *et al*. (1996), Goy *et al*. (1994, 2006), Cresta *et al*. (2001), Sandoval *et al*. (2001) y Gómez *et al*. (2009), entre otros.

En lo que respecta a los braquiópodos, la diferenciación paleobiogeográfica que se observa en este intervalo temporal (cf. Andrade *et al*., 2016) hace difícil la correlación entre las diferentes cuencas. El único elemento de correlación es *Homoeorhynchia cynocephala*, especie muy extendida por todo el Tethys Occidental y que se ha reconocido en las cuencas Ibérica y Vasco-Cantábrica y, de forma puntual, en la cuenca Lusitánica.

La primera escala zonal basada en foraminíferos del Toarciense superior-Aaleniense inferior en España fue establecida por Canales (2001) en la Cuenca Vasco-Cantábrica. Para este intervalo se estableció la Zona Astacolus dorbignyi, ya reconocida en otras cuencas europeas, con un rango estratigráfico más amplio,ya que se extendía desde el Toarciense superior hasta el límite Aaleniense-Bajociense. Sin embargo, en la Cuenca Vasco-Cantábrica también se definió la Zona Lenticulina quenstedti para el resto del Aaleniense, con un límite inferior en la base de la Biozona Bradfordensis. En estudios posteriores realizados en la Cordillera Ibérica y en la Cuenca Lusitánica se han reconocido estas zonas, confirmando por ello su validez, a escala de la Placa Ibérica. Estudios en curso en la Cordillera Bética parecen indicar que estas zonas se pueden reconocer en ella.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución al Proyecto CGL2015-66604-R (MINECO, España) y al Grupo de Investigación UCM: Procesos Bióticos Mesozoicos (PBM).

REFERENCIAS

Andrade, B. 2006. Los braquiópodos del tránsito Jurásico Inferior–Jurásico Medio de la Cuenca Lusitánica (Portugal). *Coloquios de Paleontología*, 56, 5–194.

Andrade, B., Duarte, L.V., García Joral, F., Goy, A. & Henriques, M.H. 2016. Palaeobiogeographic patterns of the brachiopod assemblages of the Iberian Subplate during the Late Toarcian-Early Aalenian (Jurassic). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 442, 12-22.

Barrón, E., Ureta, S., Goy, A. & Lassaletta, L. 2010. Palynology of the Toarcian–Aalenian Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) at Fuentelsaz (Lower–Middle Jurassic, Iberian Range, Spain). *Review of Palaeobotany and Palynology,* 162, 11–28.

Canales, M.L. 2001. Los foraminíferos del Aaleniense (Jurásico Medio) en la Cuenca Vasco-Cantábrica (N de España). *Revista Española de Micropaleontología*, 33, 253-438.

Canales, M.L. & Henriques, M.H. 2008. Foraminifera from the Aalenian and Bajocian GSSP (Middle Jurassic) of Murtinheira section (Cabo Mondego, West Portugal): biostratigraphy and paleoenvironmental implications. *Marine Micropaleontology*, 67, 155-179.

Cresta, S., Goy, A., Ureta, S., Arias, C., Barrón, E., Bernad, J., Canales, M.L., García-Joral, F., García-Romero, E., Gialanella, P.R., Gómez, J.J., González, J.A., Herrero, G., Martínez, G., Osete, M.L., Perilli, N. & Villalaín, J.J. 2001. The Global

Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Toarcian–Aalenian boundary (Lower-Middle Jurassic). *Episodes*, 24 (3), 166-175.

Dera, G., Pellenard, P., Neige, P., Deconinck, J.-F., Pucéat, E. & Dommergues, J.-L. 2009. Distribution of clay minerals in Early Jurassic Peritethyan seas: Palaeoclimatic significance inferred from multiproxy comparisons. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 271, 39-51.

Elmi, S., Goy, A., Mouterde, R., Rivas, P. y Rocha, R. 1989. Correlaciones bioestratigráficas en el Toarciense de la Península Ibérica. *Cuadernos de Geologia Ibérica*, 13, 265-277.

Elmi, S., Mouterde, R., Rocha, R. & Rulleau, L. 2007. Une succession de référence pour le Toarcien Moyen et Supérieur: les "Margas Calcáreas de Sao Giâo" dans les environs de Cantanhede, sous-bassin nord Lusitanien (Portugal). *Ciências da Terra* (UNL), 16, 113-133.

Fernández-López, S. y Suárez-Vega, L. C. 1980**.** Estudio bioestratigráfico (Ammonoidea) del Aaleniense y Bajociense en Asturias. *Estudios Geológicos*, 35, 231-239.

Fernández-López, S., Henriques, M.H., Mouterde, R., Rocha, R. & Sadki, D. 1988. Le Bajocien inférieur du Cap Mondego (Portugal). Essai de biozonation. In: Rocha, R.B., Soares, A.F. (Eds.), *Proceeding 2nd International Symposium on Jurassic Stratigraphy. INIC* (pp. 301–314). Lisboa.

García Joral, F. y Goy, A. 2010. Biozonas de Rhynchonellida (Brachiopoda) del Toarciense de las Cordilleras Ibérica y Cantábrica (España). *V Congreso del Jurásico de España*. Museo del Jurásico de Asturias, Colunga, 65-72.

García-Gómez, R., Jiménez Jiménez, A.P., Linares, A., Rivas, P. & Sandoval, J. 1994. The Toarcian Aalenian boundary in the Betic Cordillera (Southern Spain). *Geobios*, 17, 211-222.

Gómez, J.J., Goy, A. & Canales, M.L. 2009. Seawater temperatura and carbon isotope variations in belemnites linked to mass extinction during the Toarcian (Early Jurassic) in Central and Northern Spain. Comparison with other European sections. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 258, 28-58.

Gómez, J.J. y Fernández-López, 2004. Las unidades litoestratigráficas del Jurásico medio de la Cordillera Ibérica. *Geogaceta*, 35, 91-94.

Gómez, J.J., Comas-Rengifo, M.J. y Goy, A. 2003. Las unidades litoestratigráficas del

Jurásico inferior de las cordilleras Ibérica y Costero Catalana. *Revista Sociedad Geológica de España*, 16 (3-4), 227-237.

Goy, A. 1974. *El Lías de la mitad Norte de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica.* Tesis doctoral inédita. 3 t, XV+940 p. Fac. de Geología, Univ. Complutense de Madrid. Resumen: *Publicaciones del Departamento de Paleontología,* U. C. M., 14: 35 pp.

Goy, A. 1985. Jurassique des Ibérides. *Strata*, 2: 122-142.

Goy, A. y Ureta, M.S. 1981. Bioestratigrafía del Aaleniense en Préjano-Muro de Aguas (Logroño). *Cuadernos de Geología Universidad de Granada*, 10: 107-119.

Goy, A. y Ureta, S. 1990. El Aaleniense en la Cordillera Ibérica. *Les Cahiers de l'Université Catholique de Lyon. Série Sciences,* 4: 73-87.

Goy, A., Comas Rengifo, M.J., Gómez, J.J., Herrero, C., Suárez-Vega, L.C. y Ureta, S. (2010). Biohorizontes de ammonoideos del Toarciense en Asturias. En: Ruiz de Omeñaca, J.J., Piñuela, L. y García Ramos J.C. (eds.), *Comunicaciones V Congreso Jurásico de España* (pp.94-102) (MUJA).

Goy, A., Comas-Rengifo, M.J. & García Joral, F. 1984. The Liassic Brachiopods of the Iberian Range (Spain): Stratigraphic Distribution and Biozonation. En: *International Symposium on Jurassic Stratigraphy. Erlangen, September 1-8, 1984. Volume 1* (O. Michelsen & A. Zeiss, Eds.). Geological Survey of Denmark, Copenhagen, 227-250.

Goy, A., Gómez, J.J. y Yébenes, A. 1976. El Jurásico de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (mitad Norte). I. Unidades Litoestratigráficas. *Estudios geológicos*, 32**,** 391-423.

Goy, A., Jiménez, A., Martínez, G. & Rivas, R. 1988. Difficulties in correlating the Toarcian ammonite sucesión of the Iberian and Betics Cordilleras. En Rocha, R. and Soares, A. (eds), *2nd International Symposium on Jurassic Stratigraphy*, Lisboa, 155-178.

Goy, A., Martínez, G. y Ureta, S. 1994. El Toarciense de la Región de Pozazal-Reinosa (Cordillera Cantábrica, España). *Coloquios de Paleontología*, 46, 93-127.

Goy, A., Martínez, G. & Ureta, S. 2006. Ammonoidea Toarcian biohorizon in the Basque-Cantabrian Basin (N Spain): A correlation betwen the Iberian Range and the Mediterranean province standard scale. *Volumina Jurassica*, 4, 166-167. Varsovia: Warsaw University.

Henriques, M.H. 1992. *Biostratigrafia e paleontologia (Ammonoidea) do Aaleniano em Portugal (Sector setentrional da Bacia Lusitaniana). Tese doutoramento, Centro Geociências Univ. Coimbra*, Inédita, pp. 1-301, fig. 1.1-2.32, est. 1-7.

Henriques, M.H. 2000a. Biostratigraphie (Ammonoidea du passage Lias-Dogger dans la Bassin Lusitanien: la coupe de S. Giâo. *Strata*, 10, 31-35.

Henriques, M.H. 2000b. Aalenian of the Zambujal de Alcaria Section (Central Lusitanian Basin, Portugal). *GeoResearch Forum*, 6, 85-94.

Henriques, M.H., Linares, A., Sandoval, J. & Ureta, M.S. 1996. The Aalenian in the Iberia (Betic, Lusitanian and Iberian Basins). *GeoResearch Forum*, 1-2: 139–150.

Henriques, M.H. & Canales, M.L. 2013. Ammonite-benthic foraminifera biostratigraphy across the Lower-Middle Jurassictransition of São Gião section (Lusitanian Basin, Portugal). *Geobios*, 46, 395-408

Herrero, C. y Canales, M.L. 1997. Diversidad en los foraminíferos del tránsito Toarciense/Aaleniense en la sección de Fuentelsaz (Cordillera Ibérica). *Revista Española de Paleontología*, 12, 233-242.

Linares, A. y Sandoval, J. 1993. El Aaleniense de la Cordillera Bética (Sur de España). Análisis bioestratigráfico y caracterización paleobiogeográfica. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 6, 177-206.

Linares, A., Ureta, M.S. & Sandoval, J. 1988. Comparison between the Aalenian ammonite associations from the Betic and Iberian cordilleras: elements of correlation. En: Rocha, R. B. & Soares, A. F. (eds), 2nd International Symposium on Jurassic Stratigraphy. (I.N.I.C), Lisboa, 193–208.

Quesada, S., Robles, S. & Rosales, I. 2005. Depositional architecture and transgressiveregressive cycles within Liassic backstepping carbonate ramps in the Basque-Cantabrian basin, northern Spain. *Journal of the Geological Society*, 162, 531-548.

Sandoval, J., Henriques, M.H., Ureta, M.S., Goy, A. & Rivas, P. 2001. The Lias/Dogger boundary in Iberia: Betic and Iberian cordilleras and Lusitanian basin. *Bulletin Societé Géologique France*, 172, 387–395.

Suárez-Vega, L.C. 1974. Estratigrafía del Jurásico en Asturias. *Cuadernos de Geología Ibérica*, 3: 1-304.

Ureta, M.S. 1983. *Bioestratigrafía y Paleontología (Ammonitina) del Aaleniense en el Sector Noroccidental de la Cordillera Ibérica*. Col. Tesis Doctorales, 1581/85, UCM, Madrid, 452 pp.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

ASOCIACIONES PALINOLÓGICAS DEL TRÁNSITO TRIÁSICO-JURÁSICO EN LA RAMA CASTELLANA DE LA CORDILLERA IBÉRICA (ESPAÑA)

E. Barrón[1], M.J. Comas-Rengifo[2], J.J. Gómez[3] y A. Goy[2]

[1] Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid. e.barron@igme.es
[2] Dpto. de Paleontología, Facultad de Ciencias Geológicas, UCM, José Antonio Nováis 12, 28040 Madrid.
angoy@ucm.es, mjcomas@ucm.es
[3] Dpto. Estratigrafía, Facultad de Ciencias Geológicas e Instituto de Geociencias (CSIC-UCM),
José Antonio Nováis 12, 28040 Madrid. jgomez@ucm.es

RESUMEN

El estudio palinológico de los sedimentos del tránsito Triásico-Jurásico enla Rama Castellana de la Cordillera Ibérica ha permitido diferenciar cuatro asociaciones: (i) en las Facies Keuper, (ii) en la parte más alta de las Facies Keuper, (iii) en la Fm Imón y en la Unidad de Miedes de Atienza, y (iv) en la parte inferior de la Fm Cortes de Tajuña. La asociación (i) es típica del Triásico Alpino de Europa. El resto de las asociaciones muestran una baja diversidad de palinomorfos, están sobrerrepresentadas por granos de polen de *Classopollis* y, en la mayor parte de los casos, no se pueden comparar con otras de edad noriense, retiense y hettangiense del norte de la Península Ibérica y Europa.

Palabras clave: Palinología, bioestratigrafía, Cordillera Ibérica, Triásico Superior, Jurásico Inferior.

ABSTRACT

The sediments of the Triassic-Jurassic transition at the Castilian Branch of the Iberian Ranges are palinologicallystudied in this work. Four palynological assemblages have been described: (i) in the Keuper Facies, (ii) in the uppermost portion of the Keuper Facies, (iii) in the ImónFm, and (iv) in the Cortes de Tajuña Fm. The assemblage (i) is typical of the Alpine Triassic of Europe. The rest of assemblages show low diversity of palynomorphs, are over-represented by pollen grains of *Classopollis* and, in most cases, cannot be compared with other Norian, Rhaetian and Hettangian assemblages of the North Iberian Peninsula and Europe.

Key words: Palynology, biostratigraphy, Iberian Range, Upper Triassic, Lower Jurassic.

INTRODUCCIÓN

Las principales unidades litoestratigráficas reconocidas en el límite Triásico–Jurásico (T–J) del centro de la Península Ibérica son las Facies Keuper, los carbonatos de la Fm Imón, las lutitas y carbonatos de la Unidad de Miedes de Atienza equivalentes a la parte inferior de la Fm Lécera y las dolomías, evaporitas y lutitas de la Fm Cortes de Tajuña (Goy *et al*., 1976; Gómez y Goy, 1998; Gómez *et al*., 2007). Las Facies Keuper y la Fm Cortes de Tajuña han

sido tradicionalmente datadas a partir de palinomorfos (Hernando *et al*., 1977; Barrón y Goy, 1994; Sopeña *et al*., 1995) mientras que los materiales de la Fm Imón lo han sido con bivalvos y foraminíferos (Goy y Márquez-Aliaga, 1998; Arnal *et al*., 2002). Sin embargo, los sedimentos del límite T-J por lo general no presentan fósiles característicos que permitansituar de forma precisa dicho límite. Barrón y Goy (1994) presentaron unos primeros datos palinológicos procedentes de asociaciones reconocidas en materiales de las secciones de Sigüenza y la Ventosa del Ducado cercanos al límite T-J que no permitieron resolver el problema de forma satisfactoria. Recientemente, Gómez *et al*. (2007) tras la datación de un nivel de la parte terminal de la Fm Imón a partir de bivalvos, similares a los descritos por Goy y Márquez-Aliaga (1998) en Renales, dieron a conocer en Miedes de Atienza una sucesión palinológica que abarcaba el Rhaetiense y la parte inferior del Hettangiense.

En este trabajo se retoman las investigaciones de 1994 y 2007 y se amplía la recogida de muestras en las secciones citadas con el objetivo de describir las asociaciones palinológicas identificadas en niveles próximos al tránsito T–J en la Cordillera Ibérica y relacionarlas con las de otras cuencas de España y Portugal,así como del norte y centro de Europa y Norteamérica.

RESULTADOS

Se recogieron 28 muestras procedentes de las localidades de Miedes de Atienza (MI, 18), La Ventosa del Ducado (VD, 5) y Sigüenza (SG, 5) (Figura 1) que han permitido estudiar el tránsito T–Jen el NO de la Cordillera Ibérica suroccidental. Dichas muestras fueron tratadas en el Dpto. de Paleontología (UCM) según el método de Traverse (2007) y se obtuvieron palinomorfos en 18, 10 en Miedes de Atienza, 3 en La Ventosa del Ducado y 5 en Sigüenza, cuyo análisis permite agruparlas en cuatro asociaciones distintas:

Asociación (i). Los niveles MI-5, MI-11, y SG-K2/1, SGK2/2 que se encuentran en la base de las secciones en las Facies Keuper, están caracterizados por la presencia de abundantes granos de polen de gimnospermas, en especial "circumpolles" de *Camerosporites secatus* (Fig. 2A), *Duplicisporites granulatus*, *Ovalipollis pseudoalatus* (Fig. 2B) y *Praecirculina granifer*, monosacados como *Patinasporites densus* y *Enzonalasporites* spp. (Fig. 2C), bisacados indeterminables, inaperturados (*Inaperturopollenites orbicularis*), escasos *Cycadopites* y algunas esporas de criptógamas vasculares.

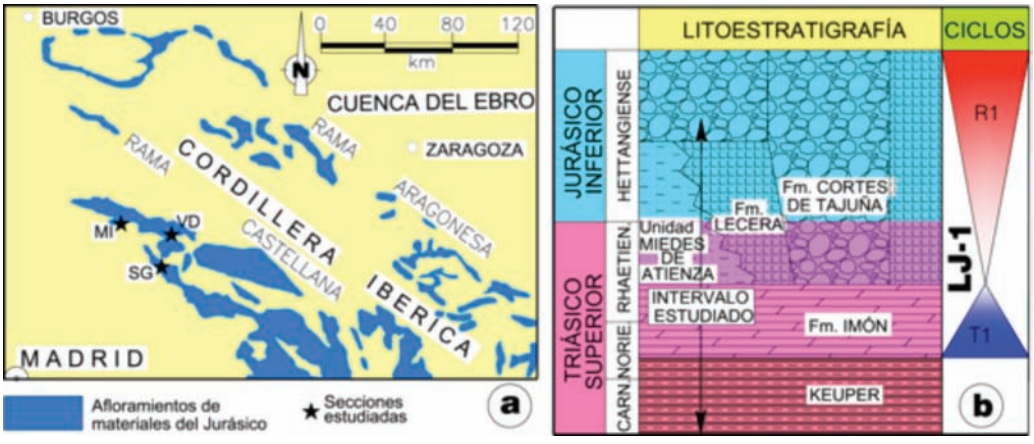


Figura 1. A. Situación geológica y geográfica de los cortes estudiados. MI: Miedes de Atienza; VD: La Ventosa del Ducado; SG: Sigüenza. B. Marco estratigráfico de los materiales del tránsito T-J en la Cordillera Ibérica donde se señala el intervalo muestreado (modificado de Gómez *et al*., 2007).

Asociación (ii).El nivel MI-K2, que se sitúa en la parte superior de las Facies Keuper, tiene una diversidad muy baja de palinomorfos, siendo *Classopollis meyeriana* (Fig. 2F) la forma más abundante. También, es destacable la presencia puntual del género *Paracirculina* (=*Partitisporites*).

Asociación (iii). En la sección MI, las 5 muestras con palinomorfos se sitúan sobre la Fm Imón en materiales de la Unidad Miedes de Atienza.La asociacion tiene baja diversidad, está caracterizada por una sobrerrepresentación de *C. meyeriana* y *C. torosus* (Figura, 2G) (Gómez *et al*., 2007) y no es posible atribuirla al Rhaetiense o al Hettangiense. *C. meyeriana* es la especie más abundante en todos los niveles y de forma puntual se han encontrado esporas de criptógamas vasculares, *Kraeuselisporites reissingeri*, *Deltoidospora* sp. y *Leptolepidites* sp., granos de polen de gimnospermas como *Cycadopites* sp. y *Spheripollenites* sp. y diferentes bisacados que no se han podido identificar por su mal estado de conservación. También de forma muy escasa, se han reconocido acritarcos acantomorfos del género *Michrystridium*.

En la sección de SG, en materiales situados por debajo de la base de la Fm Cortes de Tajuña, se ha obtenido una asociación similar con escasa representación de acritarcos, esporas y granos de polen de gimnospermas. En esta sección y a diferencia de la de MI, *C. torosus* predomina en los niveles del tránsito siendo escasa *C. meyeriana*. Tanto en SG como en VD, en la asociación, está sobrerrepresentada *C. torosus*, aunque en este caso las muestras pueden ser casi monoespecíficas, encontrándose de forma escasa granos de *C. meyeriana* en el nivel VD-L1/2 y, puntualmente, *Cycadopites* y bisacados en mal estado de conservación.

Asociación (iv). En las tres secciones se han identificado asociaciones hettangienses en la parte inferior de la Fm Cortes de Tajuña. Por su composición, es muy parecida a la asociación (iii). Concretamente, en MI y VD se encuentra de forma puntual *Cerebropollenites thiergartii* (Fig. 2I). La asociación MI-3.1(+4) muestra una mayor proporción de *C. meyerian* que de *C. torosus* pero esta proporción se invierte en VD-L2.1/1 donde abunda *C. torosus.* Además, en esta última muestra se ha encontrado una diversa y abundante representación de palinomorfos acuáticos, sobre todo de acritarcos acantomorfos (Fig. 2D), de quistes de dinoflagelados y ficomas de tasmanáceas (Fig. 2E), lo que sugiere un ambiente marino. Por otra parte, en SG, el Hettangiense está caracterizado por una sobrerrepresentación de *C. torosus*, escasos acritarcos del género *Michrystridium* y por la espora *Dictyophyllidites harrisii* (Fig. 2H).

DISCUSIÓN

Las asociaciones obtenidas en el Keuper, de MI y SI, se pueden atribuir al Carniense. Son casi idénticas a las descritas en localidades cercanas (Clement-Westerhof *et al*., 1974; Hernando *et al*., 1977; Sopeña *et al*., 1995). Según Visscher y van der Zwan (1981), estos ecosistemas forestales del Carniense se desarrollaron en un dominio ecuatorial determinado por una flora xerofítica caracterizada por coníferas.

El nivel MI-K2 en la parte superior del Keuper, muestra una asociación triásica muy pobre si se compara con otras identificadas en Canadá, en la isla de Mallorca, los Pirineos y el dominio Ibérico más meridional (Boutet *et al*. 1982; Fréchengues *et al*., 1993; Pérez-López *et al*., 1996), donde hay mezcladas especies típicas del Carniense junto con otras del Rhaetiense. De acuerdo con los rangos estratigráficos de Visscher y Brugman (1981) para el Triásico Alpino europeo, la aparición en la muestra MI de *Classopollis* y *Paracirculina* nos permitiría atribuirla al Noriense inferior.

Las muestras que proceden de la Unidad de Miedes de Atienza, no se pueden atribuir ni al Triásico terminal ni al Jurásico más temprano. Esta indefinición deriva de la presencia de *Classopollis* y la ausencia de elementos típicos del Rhaetiense. Estas asociaciones son similares a las del Rhaetiense de Poza de la Sal (Burgos) y a las de la parte media del Mb Solís de la Fm Gijón en Asturias (Barrón *et al*. 2001, 2006).

Solo tres muestras se han podido atribuir al Hettangiense. Su composición es parecida a las indeterminadas, del tránsito Triásico-Jurásico. No obstante, en MI-AT/3-1(+4) y VD-L2.1/1), la atribución al Hettangiense se señala por la presencia de *Cerebropollenites thiergartii* (Figura 2I), que es una especie típica en el N de Europa del intervalo Hettangiense-Pliensbachiense (Batten y Koppelhus, 1996). En el nivel VD-L2.1/1 la presencia de *Hystrichosphaeridium langi*, también indica una edad Hettangiense. Por su parte, *Dictyophyllidites harrisii,* que tiene sus primeros registros en el Jurásico Inferior del N de Europa, señala una edad Hettangiense para el nivel SG.L1/5.

Por lo general, en la Cordillera Ibérica las asociaciones palinológicas del tránsito Triásico-Jurásico están caracterizadas por la abundante presencia del género *Classopollis*, y tienen una baja diversidad de esporas de

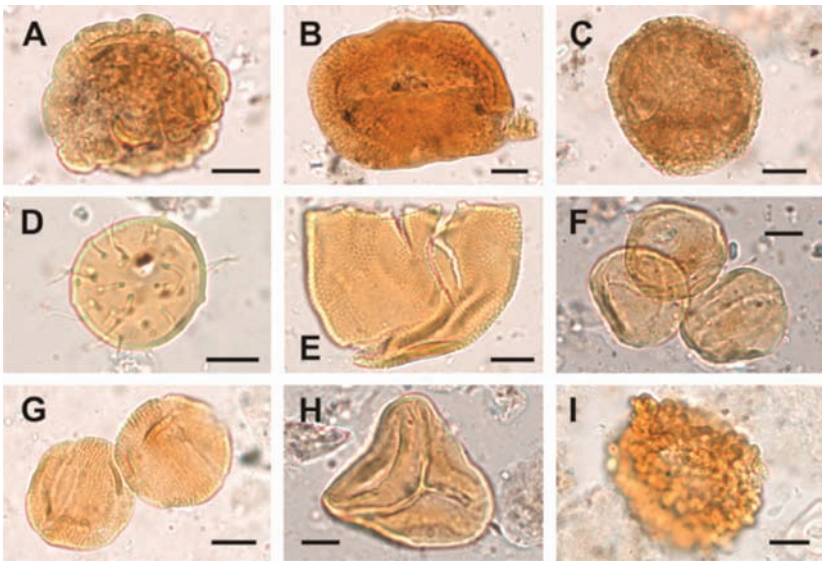


Figura. 2. A. *Camerosporites secatus* Leschik, 1956, Muestra SI.2; B. *Ovalipollis pseudoalatus* (Krutzsch, 1955) Schuurman, 1976, Muestra SI.1; C. *Enzonalasporites vigens* Leschick, 1956, Muestra SI.1; D. *Micrhystridium lymensis* Wall, 1965, Muestra VD.L2.1-1; E. Fragmento de ficoma de *Tasmanites* sp., Muestra VD-L 2.1-1; F. Tétrada de *Classopollis meyeriana* (Klaus, 1960) de Jersey, 1973, Muestra MI.LV-11; G. *Classopollis torosus* (Reissinger, 1959) Balme, 1957, Muestra SI.1.L1/5; H. *Dictyophyllidites harrisii* Couper, 1958, Muestra SI.1.L1/5; I. *Cerebropollenites thiergartii* Schulz, 1967, Muestra VD-L2.1-1. Escala gráfica: 10 µm

criptógamas vasculares y granos de polen de otros tipos de gimnospermas (Barrón y Goy, 1994; Gómez *et al*., 2007). Esto las diferencia claramente de las asociaciones registradas en Norte América y en el N y centro de Europa, así como en Asturias y los Pirineos que, aunque también pueden estar sobrerrepresentadas por granos de polen del género citado, presentan una apreciable diversidad de mioesporas (Fréchengues *et al*., 1993; Batten y Koppelhus, 1996; Barrón *et al*., 2006). Esto podría ser explicado por la situación paleogeográfica de la placa Ibérica durante el Jurásico Inferior, en un cinturón climático latitudinal con climas semiáridos (Rees *et al*., 2000; Dera *et al*., 2009).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución al Proyecto CGL2015-66604-R del Ministerio de Economía y Competitividad.

REFERENCIAS

Arnal, I., Calvet, F., Márquez, L., Márquez-Aliaga, A. y Solé de Porta, N. 2002. La plataforma carbonatada (Formaciones Imón e Isábena) del Triásico superior del Noroeste de la Península Ibérica. *Acta Geológica Hispánica*, 37, 299-328.

Barrón, E. y Goy, A. 1994. Caracterización palinológica del tránsito Triásico/Jurásico en la región de Sigüenza (Guadalajara, España). *III Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Pérmico y Triásico de España*, Cuenca, p. 13.

Barrón, E., Gómez, J.J. y Goy, A. 2001. Dataciones con palinomorfos en los materiales del tránsito Triásico-Jurásico de Poza de la Sal. *Publicaciones del Seminario de Paleontología de Zaragoza*, 5.1, 46-55.

Barrón, E., Gómez, J.J., Goy, A. and Pieren, A. 2006. The Triassic-Jurassic boundary in Asturias (northern Spain): Palynological characterisation and facies. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 138, 187-208.

Batten, D.J. and Koppelhus, E.B. 1996. Biostratigraphic significance of uppermost Triassic and Jurassic miospores in Northwest Europe. In: J. Jansonius and D.C. McGregor (Eds.), *Palynology: principles and applications, vol. 2* (pp. 795-806). Salt Lake City, American Association of Stratigraphic Palynologists Foundation.

Boutet, C., Rángheard, Y., Rosenthal, P., Visscher, H. et Durand-Delga, M. 1982. Découverte d'une microflore d'age Norien dans la Sierra Norte de Majorque (Baléares, Espagne). *Comptes Rendus de l'Academie des Sciences de Paris*, 294, 1267-1270.

Clement-Westerhof, J.A., Van der Eem, J.G.L.A., van Erve, A.W., Klasen, J.J., Schuurman, W.M.L. and Visscher, H. 1974. Aspects of Permian, Triassic and Early Jurassic Palynology of the Western Europe - a research project. *Geologie en Mijnbouw*,53(6), 329-341.

Dera, G., Pellenard, P., Neige, P., Deconinck, J.-F., Pucéat, E. and Dommergues, J.-L. 2009. Distribution of clay minerals in Early Jurassic Peritethyan seas: Palaeoclimatic significance inferred from multiproxy comparisons. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 271, 39-51.

Fréchengues, M., Peybernès, B., Fournier-Vinas, C. et Lucas, C. 1993. Palynologic assemblages within the depositional sequenes from the Middle to Late Triassic series of the Spanish and French Pyrenees. *Revista Española de Micropaleontología*, 25 (3), 91-105.

Gómez, J.J. y Goy, A. 1998. Las unidades litoestratigráficas del tránsito Triásico-Jurásico en la región de Lécera (Zaragoza). *Geogaceta*, 23, 63-66.

Gómez, J.J., Goy, A. and Barrón, E. 2007. Events around the Triassic–Jurassic boundary in northern and eastern Spain: A review. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 244, 89-110.

Goy, A., Gómez, J.J. y Yébenes, A. 1976. El Jurásico de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica (Mitad Norte), I. Unidades litoestratigráficas. *Estudios geológicos*, 32, 391-423.

Goy, A. y Márquez-Aliaga, A. (1998). Bivalvos del Triásico Superior de la Formación Imón (Cordillera Ibérica, España). *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural (Sec. Geol)*, 94 (1-2): 77-91.

Hernando, S., Doubinger, J. y Adloff, M.C. 1977. Datos cronoestratigráficos del Triásico Superior de la región de Ayllón-Atienza. *Cuadernos de Geología Ibérica*,4, 399-410.

Pérez-López, A., Solé de Porta, N. y Ortí, F. 1996. Facies carbonato-evaporíticas del Trías Superior y tránsito al Lías en el Levante español: nuevas precisiones estratigráficas. *Cuadernos de Geología Ibérica* 20, 245-269.

Rees, P.M.C.A., Ziegler, A.M. and Valdes, P.J. 2000. Jurassic phytogeography and climates: new data and model comparisons. In B.T. Huber, K.G. MacLeod and S.L. Wing (Eds.), *Warm climates in Earth history* (pp. 297-318). Cambridge, Cambridge University Press.

Sopeña, A., Doubinger, J., Ramos, A. y Pérez-Arlucea, M. 1995. Palynologie du Permien et du Trias dans le centre de la Péninsule Ibérique. *Sciences Geologiques, Bulletin*, 48 (1-3), 119-157.

Traverse, A. 2007. *Palynology*. Second Edition.Springer, Dordrecht, 813 pp.

Visscher, H. and Brugman,W. A. 1981. Ranges of selected palynomorphs in the Alpine Triassic of Europe. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 34, 115-128.

Visscher, H. and van der Zwan C. J. 1981. Palynology of the Circum-Mediterranean Triassic: Phytogeographical and Paleoclimatological implications. *Geologische Rundschau*, 70 (2), 625-637.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

ENDEMISMOS DE CAROFITAS EN EL CRETÁCICO Y PALEÓGENO DE IBERIA

C. Martín-Closas[1], A. Vicente[1], K. Trabelsi[2] y J. Sanjuan[1,3]

[1] Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà. Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona-UB, 08028 Barcelona, Catalonia, Spain. cmartinclosas@ub.edu, albavicente rodríguez@ub.edu, josepst.juan@hotmail.com
[2] Université de Sfax, Faculté des Sciences de Sfax, C.P. 3000, UR11-ES15, Sfax, Tunisia. trabkhalfss@yahoo.fr
[3] American University of Beirut, Libano. js76@aub.edu.lb

RESUMEN

Durante el Cretácico y Paleogeno Iberia presenta un notable aislamiento paleogeográfico, primero como isla del archipiélago de la Tetis Mesogea y después por la separación de la península Ibérica del resto de Europa mediante los Pirineos. Durante este intervalo se han registrado diferentes grados de endemismo en las floras de carofitas. Estos parecen ser relativamente bajos durante el Cretácico inferior para incrementarse a partir del Cretácico superior y Paleogeno.

Palabras clave: Characeae, Clavatoraceae, paleobiogeografía, especies endémicas, España, Portugal.

ABSTRACT

During Cretaceous and Palaeogene Iberia showed a remarkable palaeogeographic isolation, first as an island of the Mesogean Tethys Archipelago and later by the isolation of the Iberian peninsula from Europe by the Pyrenees. During this interval different degrees of endemism in the charophyte floras were recorded. They appear to be relatively low in the Early Cretaceous to increase during the Upper Cretaceous and Palaeogene.

Key words: Characeae, Clavatoraceae, palaeobiogeography, endemic species, Spain, Portugal.

INTRODUCCIÓN

Durante la mayor parte del Mesozoico la península Ibérica fue una gran isla del Tetis, situada entre los supercontinentes de Laurasia y Gondwana. En el Eoceno, cuando finalmente se convirtió en una península europea, mantuvo gran parte de su aislamiento biogeográfico debido al levantamiento de los Pirineos. Teniendo en cuenta este marco paleogeográfico, se podría esperar que Iberia hubiera desarrollado a lo largo de su historia geológica numerosos endemismos. Sin embargo, esta hipótesis no es fácil de evaluar ya que los endemismos se reconocen en el registro fósil por la ausencia de los taxones candidatos en amplias regiones del planeta, es decir a partir de pruebas negativas. Mientras que los estudios sobre el cosmopolitismo en las carofitas del Cretácico inferior y Paleogeno se han desarrollado en los últimos años (Martín-Closas y Wang, 2008; Martín-Closas 2015; Sanjuan y Martín-Closas 2015), todavía se conoce poco sobre las especies endémicas de estos períodos. En este sentido, la mayoría de estudios biogeográficos se han llevado a cabo en el Eoceno superior y Oligoceno de la cuenca del Ebro (Anadón *et al*., 1992; Sanjuan y Martín-Closas, 2014)

RESULTADOS

Cretácico inferior

Las carofitas clavatoráceas endémicas de Iberia se consideraban abundantes en el pasado (Grambast, 1969; Martín-Closas, 2000) pero en los últimos años muchas de ellas (por ejemplo *Echinochara peckii lazarii, Ascidiella iberica, Pseudoglobator paucibracteatus*) se han documentado en otras paleoislas tetianas, como por ejemplo en las cadenas Subalpinas (Martín-Closas *et al*., 2009) o Túnez (Trabelsi et al., en revisión). Todavía existen algunas especies exclusivas de Iberia, como *Ascidiella cruciata* y otros grupos de plantas ecológicamente afines, como las angiospermas acuáticas, también parecen presentar endemismos ibéricos, p. ej. *Montsechia vidalii* (Gomez *et al*., 2015). Sin embargo, los datos actuales sugieren que durante el Cretácico inferior Iberia compartió muchas especies en exclusiva con otras islas del Archipiélago Tetiano, sin desarrollar numerosos endemismos. La hipótesis de una bioprovincia de carofitas een el Archipiélago tetiano parece estar apoyada también por las diferencias de esta flora con las floras del este del Mediterráneo (Líbano) y África oriental (Somalia) descritas por Grambast y Lorch (1968) y Luger y Schudack (2001) respectivamente. Estas floras todavía presentan un marcado carácter tetiano, por el dominio de las clavatoráceas, sin que quede claro por el momento hasta que longitud este podrían extenderse las floras dominadas por esta familia. En todo caso las diferencias son muy importantes con las floras del Oriente lejano (Kazakstán, Mongolia, China, Corea y Japón), con las que únicamente se compartirían las especies cosmopolitas señaladas por Martín-Closas (2015)

Cretácico superior

En el Cretácico superior, la insularidad de Iberia permanece pero en unión con el sur de Francia, formando la llamada isla Iberoarmoricana. Durante el Maastrichtiense, existieron aparentemente numerosos endemismos de carofitas en esta isla como *Peckichara cancellata, P. sertulata, P. serrata, Clavator brachycerus* y *C. ultimus*. Estas especies por el momento solo se han citado del sur de Francia (Grambast, 1971) y del norte de España (Feist y Colombo, 1983; Vicente *et al*., 2015, 2016). Sin embargo la hipótesis de un elevado grado de endemismo se basa en la ausencia de estos taxones en regiones vecinas mal conocidas desde el punto de vista de las carofitas del Cretácico superior como el centro y norte de Europa. En cambio los datos relativamente completos del Maastrichtiense del norte de África (Mebrouk *et al.,* 2009; Chassagne *et al*., 2013) permitirían afirmar que existieron diferencias notables en la composición de las paleofloras de carofitas entre la isla Iberoarmoricana y las costas adyacentes del continente africano. También existen diferencias notables respeto de las flors coetáneas de las cuencas asiáticas como las de China (Li Sha *et al*., 2016). Por otro lado, también se han descrito endemismos iberoarmoricanos en otros grupos, como los dinosaurios (Csiki-Sava *et al*., 2016), las coníferas queirolepidiáceas (Fernandez-Marrón *et al*., 2004; Villalba-Breva et al, 2012) o las angiospermas dicotiledóneas (Marmi *et al*., 2015). El conjunto de estos datos sugiere que la presencia de endemismos iberoarmoricanos en las floras de carofitas de esta edad sería una realidad.

Paleógeno

En el Eoceno se ha definido una bioprovincia de carofitas a partir de un número importante de especies comunes desde la Península Ibérica hasta el Mar del Norte y desde las Islas Británicas hasta las orillas del Mar Negro (Riveline, 1986). No obstante esta bioprovincia presenta ciertas diferencias latitudinales referidas tanto a los morfotipos dominantes (generalmente más pequeños y menos ornamentados en el sur de Europa, al menos en el Eoceno superior y Oligoceno) como a la existencia de especies propias de esta zona meridional (Sanjuan y Martín-Closas, 2014). En el intervalo mas estudiado del límite Eoceno-Oligoceno de la cuenca del Ebro, se han identificado ciertos los endemismos de *Nodosochara jorbae* y *Chara artesica* que se han interpretado como resultado del aislamiento de la cuenca del Ebro durante su etapa de cuenca endorreica, cuando permanecería separada de las otras cuencas vecinas por sistemas montañosos más o menos desarrollados (Anadón *et al*., 1992; Sanjuan y Martín-Closas, 2014). Estas especies son realmente abundantes y ecológicamente generalistas en los humedales del límite Eoceno-Oligoceno de la cuenca del Ebro, por lo que se descarta que su ausencia en otras cuencas vecinas sea fruto de un registro parcial.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El conocimiento actual sobre el grado de endemismo de las floras de carofitas en Iberia durante el Cretácico y Paleógeno sugiere que a pesar de su situación paleogeográfica aislada durante el Cretácico inferior, Iberia mantuvo un flujo de intercambio de especies de carofitas con las demás islas de la Tetis Mesogea, mientras que este flujo parece disminuir hacia la región oriental de la Tetis. Al final del Cretácico superior, la isla Iberoarmoricana presenta una diferencia clara en las floras de carofitas respeto del norte de África y Asia, sin que se conozca claramente las diferencias con otras islas tetianas o con la Europa continental. En el Paleógeno, con la Península Ibérica ya configurada, los endemismos son menores pero parecen continuar existiendo. Se trata de especies muy abundantes y exclusivas señaladas por lo menos en el límite Eoceno-Oligoceno de la Cuenca del Ebro.

Los datos actuales indican claramente cuáles son los puntos débiles a estudiar en el futuro próximo para progresar en el conocimiento de los endemismos de las floras de carofitas a lo largo del Cretácico y Paleógeno. Especialmente se deben mejorar las comparaciones con las floras de carofitas de regiones cercanas así como las comparaciones con otros grupos ecológicamente afines.

AGRADECIMIENTOS

Este estudio es una contribución al proyecto CGL2015-69805-P (MINECO, FEDER, UE).

REFERENCIAS

Anadón, P., Cabrera, L., Choi, S.J., Colombo, F., Feist, M. y Sáez, A. 1992. Biozonación del Paleógeno continental de la zona oriental de la Cuenca del Ebro mediante carófitas: implicaciones en la biozonación general de carófitas de Europa occidental. *Acta Geologica Hispanica*, 27, 69-94.

Chassagne-Manoukian, M., Haddoumi, H., Cappetta, H., Charrière, A., Feist, M., Tabuce, R. y Vianey-Liaud, M. 2013. Dating the "red beds" of the Eastern Moroccan High Plateaus: Evidence from late Late Cretaceous charophytes and dinosaur eggshells. *Geobios,* 46, 371–379.

Csiki-Sava, Z., Buffetaut, E., Ösi, A., Pereda-Suberbiola, X. y Brusatte, S.L. 2015. Island life in the Cretaceous - faunal composition,biogeography, evolution, and extinction of land living vertebrates on the Late Cretaceous European archipelago. *ZooKeys* 469, 1–161.

Feist, M. y Colombo, F. 1983. La limite Crétacé-Tertiaire dans le nord-est de l'Espagne, du point de vue des charophytes. *Géologie Méditerranéenne*, 10, 303-326.

Fernández-Marrón, M.T., López-Martínez, N., Fonollá-Ocete, J.F. y Valle-Hernández, M.F. 2004. The palynological record across the Cretaceous-Tertiary boundary in two different palaeogographical setting from the Southern Pyrenees, Spain. *Geological Society, London, Special Publications* 230, 243-255.

Grambast, L. 1969. La symétrie de l'utricule chez les Clavatoracées et sa signification phylogénétique. *Comptes Rendus Académie des Sciences,* Paris, 269, 878-881.

Grambast, L. 1971. Remarques phylogénétiques et biochronologiques sur les *Septorella* du Crétacé terminal de Provence et les Charophytes associées. *Paléobiologie Continentale,* 2, 1-38.

Grambast, L. y Lorch, J. 1968. Une flore de Charophytes du Crétacé inférieur du Proche Orient. *Naturalia Monspeliensis,* Série Botanique, 19, 47-56

Gomez, B., Daviero-Gomez V., Coiffard C., Martín-Closas C. y Dilcher, D.L. 2015. An ancient aquatic angiosperm. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 112, 10985-10988.

Li, Sha, Wang, Qifei, Zhang, Haichun, Lu, Huinan y Martín-Closas, C. 2016. Charophytes from the Cretaceous - Paleogene transition in the Pingyi Basin (Eastern China) and their Eurasian correlation. *Cretaceous Research,* 59, 179-200.

Luger, P. y Schudack, M. 2001. On early Cretaceous (earliest Aptian) freshwater Charophyta and Ostracoda from Northern Somalia. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Abhandlungen*, 220, 245-266.

Marmi, J., Martín-Closas, C., Fernández-Marrón, M.T., Fondevilla, V.y Gomez, B. 2015. A riparian plant community from the upper Maastrichtian of the Pyrenees, NE Spain. *Cretaceous Research*, 56, 510 - 529.

Martín-Closas, C. 2000. Els caròfits del Juràssic superior i Cretaci inferior de la Península Ibèrica. *Arxius de les Seccions de Ciències, Institut d'Estudis Catalans,* 125, 304 pp.

Martín-Closas, C. 2015. Cosmopolitanism in Northern Hemisphere Cretaceous Charophyta (Clavatoroidae). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 438, 9-23.

Martin-Closas, C., Clavel, B., Schroeder, R.,Charollais, J. y Conrad, M.-A. 2009. Charophytes from the Barremian-lower Aptian of the Northern Subalpine Chains and Jura Mountains, France: correlation with associated marine assemblages. *Cretaceous Research*, 30, 49-62.

Martín-Closas, C. y Wang, Qifei 2008. Historical biogeography of the lineage *Atopochara trivolvis* Peck 1941 (Cretaceous Charophyta). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology,* 260, 435-451.

Mébrouk, F., Tabuce, R., Cappetta, H. y Feist, M. 2009. Charophytes du Crétacé /Páleocène du moyen Atlas (Maroc): systématique et implications biochronologiques. *Revue de Micropaléontologie,* 52, 131-139.

Riveline, J. 1986. *Les Charophytes du Paléogène et du Miocène Inférieur d'Europe Occidentale*. Ed. C.N.R.S, Paris, 227 pp.

Sanjuan, J. y Martín-Closas, C. 2014. Taxonomy and palaeobiogeography of charophytes from the Upper Eocene-Lower Oligocene of the eastern Ebro basin (Catalonia, NE Spain). *Geodiversitas*, 36, 385-420.

Sanjuan, J. y Martín-Closas, C. 2015. Biogeographic history of two Eurasian Cenozoic charophyte lineages. *Aquatic Botany*, 120, 18-30.

Trabelsi, K., Soussi, M., Touir, J., Houla, Y., Abbes C. y Martín-Closas, C. Charophyte biostratigraphy of the non-marine Lower Cretaceous from the Central Tunisian Atlas (North Africa): palaeobiogeographic implications. *Cretaceous Research* (en revisión).

Vicente, A., Martín-Closas, C., Arz, J.A. y Oms, O. 2015. Maastrichtian-basal Paleocene charophyte biozonation and its calibration to the Global Polarity Time Scale in the southern Pyrenees (Catalonia, Spain). *Cretaceous Research* 52, 268 - 285.

Vicente A., Expósito M., Sanjuan J. y Martín-Closas, C. 2016. Small sized charophyte gyrogonites in the Maastrichtian of Coll de Nargó, Eastern Pyrenees: An adaptation to temporary floodplain ponds. *Cretaceous Research,* 57, 443-456.

Villalba-Breva, S., Martín-Closas, C., Marmi, J., Gomez, B. y Fernández-Marrón, M.T. 2012. Peat-forming plants in the Maastrichtian coals of the Eastern Pyrenees. *Geologica Acta,* 10, 189-207.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

METODOLOGÍA DE MUESTREO PALEOBOTÁNICO Y SUS IMPLICACIONES SOBRE LA EXTENSIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA LAURISILVA OLIGOCENA DE CERVERA

A. Tosal y C. Martín-Closas

Departament de Dinàmica de la Terra i de l'Oceà, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona-UB, 08028 Barcelona, Cataluña, España. atosal@ub.edu, cmartinclosas@ub.edu

RESUMEN

Este trabajo representa una revisión de la hipótesis establecida actualmente sobre la presencia de notables extensiones de laurisilva en el Oligoceno de la Cuenca del Ebro Oriental. Los resultados, basados en un muestreo realizado con criterios tafonómicos en niveles lacustres indican que las lauráceas representaban únicamente una pequeña parte de la asociación y que sufrieron transporte en medio acuático tractivo. Esto permite concluir que las lauráceas crecían cerca del lago, con acceso a los corrientes fluviales que pudieran existir. Sin embargo la fisionomía foliar de estas lauráceas, con un degotador apical marcado, sugiere que no obtendrían el agua enteramente del nivel freático, como habían planteado por autores anteriores, sino que al menos una parte importante se conseguiría por condensación sobre sus hojas de la humedad ambiental procedente del lago.

Palabras clave: Paleógeno, paleoclima, lago, paleoambiente, vegetación.

ABSTRACT

This study reconsiders the present hypothesis that there were significant extensions of the Oligocene Ebro Basin grown by a well-developed laurels forest. The results presented herein are based in a sampling of lacustrine beds taking into account taphonomic parameters. They indicate that lauraceans represented only a small part of the plant association. Most of the lauracean leaves show evidence of being transported by traction in water flows. This leads to the conclusion that the laurels grew near the lake, with access to fluvial channels. Nevertheless, the leaf physiognomy of these lauraceans, which show a well-marked dip-tip, suggests that the plants did not obtain the water mainly from the substrate, as suggested by previous authors, but from condensation of the lake humidity upon their leaves.

Key words: Paleogene, paleoclimate, lake, paleoenvironment, vegetation.

INTRODUCCIÓN

Los niveles ricos en restos vegetales del Oligoceno de Cervera (Cuenca del Ebro) corresponden a niveles margosos intercalados con yesos de la Formación Montmaneu y Formación Talavera, que se han interpretado como depósitos distales de lagos permanentes aunque someros, con importantes oscilaciones del nivel de agua (Anadón *et al.*, 1989). Estos yacimientos han sido objeto de numerosos estudios, principalmente taxonómicos, desde principios del siglo XX

cuando Fliche (1906) mencionó la presencia de restos vegetales y describió siete especies nuevas. Posteriormente, Depape y Bataller (1931, 1950) encontraron nuevas especies adicionales y las compararon con las actuales de morfologías similares, concluyendo que durante el Oligoceno en esta área paleogeográfica dominaba un clima tropical. A mediados del siglo XX Martí Madern, profesor del instituto de enseñanza secundaria de Cervera, realizó una gran tarea de recolección y determinación preliminar de los restos fósiles hallados en diferentes canteras activas de los alrededores de Cervera. Parte de estos fósiles fueron estudiados taxonómicamente por Depape y Brice (1965). Posteriormente, Madern (1966, 1967, 1969) publicó diferentes artículos en revistas locales sobre la flora y la fauna fósil. Fernández Marrón (1971) presentó su tesis doctoral sobre la flora del Eoceno y Oligoceno español basándose en parte en los ejemplares hallados en Cervera. Tras la muerte del Sr. Madern en 1975, su colección fue dividida entre el Museo de Geología de Barcelona y el Museo de Cervera. Sanz de Siria (1992) estudió la taxonomía de las hojas de la colección depositada en el Museo de Geología de Barcelona y más tarde hizo un estudio del fondo paleobotánico del museo Comarcal de Cervera (Sanz de Siria, 1996a, b). En este último trabajo propuso un modelo de zonación de la vegetación del Oligoceno de Cervera y una interpretación paleoclimática. Autores posteriores se han basado en los resultados de estos dos últimos estudios para enmarcar la flora de Cervera en un contexto más general, ya sea ibérico (Barrón *et al.*, 2010) o europeo (Mai, 1995). Recientemente se ha realizado un muestro sistemático con criterios tafonómicos de varios niveles ricos en macrorestos vegetales en la única cantera activa de Cervera. Los datos obtenidos permiten contrastar los resultados de los autores anteriores sobre biodiversidad, paleoecología e implicaciones paleoclimáticas de la flora de Cervera.

RESULTADOS

Los objetivos del muestreo de niveles ricos en restos paleobotánicos han cambiado a lo largo del tiempo. Mientras que a principios y mediados del siglo XX los objetivos eran principalmente taxonómicos y la metodología de muestreo se consideraba poco importante, a partir de la segunda mitad del siglo XX se empezaron a desarrollar estudios tafonómicos y actuotafonómicos con el objetivo de comprender los sesgos existentes durante el transporte y la sedimentación de los restos vegetales. En lo que se refiere a las hojas destacan los trabajos de Gastaldo (1988), Spicer (1981) y Ferguson (1985). Estos trabajos permiten emprender estudios paleoecológicos y paleoclimáticos sobre bases menos sesgadas. Scott (1977) desarrolla una técnica de muestreo (*Point-quadrat technique*) que permite obtener datos numéricos sobre los parámetros tafonómicos por horizontes sedimentarios. Entre estos parámetros cabe destacar la abundancia relativa, la orientación, la posición, las dimensiones, los tipos de rotura o la conservación.

La colección Martí Madern consta aproximadamente de 800 ejemplares y hasta el momento, representa una de las colecciones de flora oligocena más completas de España. Por esta razón ha sido un referente para la obtención de información tanto paleoecológica como paleoclimática del sur de Europa (Sanz de Siria 1996b, Mai 1995, Barrón *et al.* 2010). Sin embargo, esta colección fue realizada sin ningún tipo de criterio tafonómico, lo que limita considerablemente las conclusiones paleoambientales que de ella se puedan extraer. Según entrevistas realizadas con el Sr. Ton Comella, amigo del Sr. Madern, y con la familia Madern la obtención de la colección fue en parte realizada por los trabajadores de las distintas canteras que en aquel momento estaban activas (aproximadamente doce). Las lajas que contenían restos vegetales eran separadas y una vez por semana, el Sr. Madern junto con el Sr. Comella, recogían los ejemplares que más les interesaban, evitando los taxones repetidos y los más incompletos. De algunos ejemplares del Museo de Cervera se conoce la cantera de procedencia pero la gran mayoría no contienen esta información.

Los estudios realizados por Sanz de Siria (1992 y 1996a, b) revelan una gran diversidad de taxones. Este autor reconoció hasta noventa especies que formarían cuatro comunidades (plantas acuáticas, bosque de ribera, laurisilva, bosques abiertos) situadas a diferentes alturas. En las zonas más bajas alrededor del lago oligoceno se encontraría el bosque de ribera formado por salicáceas y algunos helechos. Hasta los 500 metros de altura se situaría una comunidad xerofítica compuesta principalmente por *Ailanthus*, *Bumellia*, *Paullinia*, y especies de la familia de las Mimosaceae. A unos 500 m de altura se encontraría una laurisilva bien desarrollada. Finalmente, por encima de los 500 m estaría formado por bosques de *Pinus*, *Juglans*, *Quercus* y *Celtis*. Según este autor, la enorme presencia de hojas de lauráceas en la colección Madern indicaría la existencia de una laurisilva condicionada por niebla orográfica permanente, como ocurre actualmente en las islas Canarias. Fuera de la franja altitudinal de 500 m, el clima presentaría una estación seca

prolongada como quedaría registrado por las abundantes leguminosas y puesto que la mayoría de las hojas de esta colección son más pequeñas que las encontradas en los yacimientos de Francia. Estas conclusiones se han prolongado en el tiempo hasta nuestros días. Barrón *et al.* (2010), en una síntesis sobre la vegetación del Cenozoico de la Península Ibérica, continúan destacando la existencia de una importante formación de laureles en el Oligoceno de la Cuenca del Ebro. Sin embargo, estos autores proponen que la laurisilva oligocena estaría condicionada por el acceso a la humedad freática, ya que la paleogeografía del Oligoceno no estaría de acuerdo con la existencia de un relieve suficientemente elevado para generar nieblas orográficas en el centro de la Cuenca del Ebro.

El muestreo realizado en el presente trabajo ha permitido hallar hasta cinco niveles ricos hojas en el Miembro Civit de la Formación Montmaneu y en la Formación Talavera cerca de Cervera. Los resultados indican que la diversidad de especies es relativamente baja siendo los principales géneros y especies *Rhus*, *Mimosites, Rhamnus,* algunas especies de la familia de las miricáceas (*Myrica* aff. *faya*, *M. oligocenica, M. arenesi*), salicáceas representadas por *Salix lavateri*, *S. angusta,* algunas especies de lauráceas (*Litsea catalaunica*, *L. mulleri*, *Phoebe cerverensis* y *Daphnogene polymorpha*) y plantas helofíticas con *Typha latissima* y *Phragmites* cf. *oeningensis*. Sin embargo, sus porcentajes varían significativamente dependiendo del nivel:

a) Los niveles 1 y 3 están caracterizados por el predominio (70%) de hojas y foliolos pequeños y enteros. La mayoría presentan una longitud entre 3 y 5 cm y corresponden a foliolos de *Rhus, Mimosites* y hojas de *Rhamnus*. Excepcionalmente, se han encontrado ejemplares de *Rhus* que pueden llegar incluso a los 10 cm de longitud, pero son fragmentos rasgados. Menos frecuente son las hojas alargadas de hasta 15 cm de longitud correspondientes a *Salix lavateri* y *Myrica arenesi*. El 30% restante corresponden a hojas rasgadas o rotas siguiendo el nervio principal o los secundarios. Estos fragmentos corresponden a Myricaceae (*Myrica* aff. *faya*, *M. oligocenica, M. arenesi*), y Lauraceae (*Litsea catalaunica*, *L. mulleri*, *Phoebe cerverensis* y *Daphnogene polymorpha*). Finalmente, el 10% corresponden a fragmentos de plantas helofíticas.
b) En contraste los niveles 2, 4 y 5, presentan un dominio de hojas incompletas mayoritariamente rasgadas siguiendo el nervio principal. El 70% de los ejemplares son fragmentos de menos de 3 cm y corresponden en gran parte a plantas helofíticas y algunos ejemplares de lauráceas y miricáceas (*Myrica oligocena* y *M.* aff. *faya*). Por el contrario, el 30% de ejemplares son completos, 5-7 cm de longitud y corresponden a *Myrica arenesi*, y en menor proporción foliolos de *Rhus* y hojas de *Rhamnus*.

Las hojas de salicáceas y miricáceas (*Myrica arenesi*) no presentan ningún tipo de selección y habrían llegado al lago por caída gravitacional después de un corto período de transporte. Probablemente, estas plantas crecerían cerca del lago y los ríos formando un bosque de ribera. Las plantas helofíticas también habrían llegado por caída gravitacional y formarían un cinturón palustre. Las hojas rotas y rasgadas de lauráceas y miricáceas (*Myrica oligocena* y *M.* aff. *faya*) son restos transportados y erosionados por corrientes fluviales según los experimentos de Ferguson (1985). Estas plantas formarían laurisilvas situadas detrás del bosque de ribera y cerca de los ríos, como ya habían sugerido Barrón *et al.* (2010). Las hojas y folíolos enteros y pequeños de *Rhus*, *Mimosites* y *Rhamnus* habrían estado transportados por el viento ya que muestran una notable selección de tamaño correspondiente a las zonas más externas de la copa de los árboles. Estas hojas se caracterizan por ser más coriáceas y pequeñas en relación a las hojas de sombra. Como resultado la longitud media de las hojas registradas sería menor de la que podrían llegar a alcanzar en los árboles tal y como indica algún ejemplar excepcional del género *Rhus*. Estas plantas crecerían en las zonas más alejadas del sistema lacustre formando comunidades xerofíticas.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Las proporciones de los géneros y especies obtenidas utilizando un método de muestreo que recaba información tafonómica indican que las lauráceas no constituyen una parte importante de la asociación florística del Oligoceno de Cervera. Más bien representan una pequeña porción de hojas, generalmente fragmentadas con pruebas de haber sufrido un transporte tractivo importante. Estos datos contrastan considerablemente con los obtenidos por Sanz de Siria (1996b) utilizando la colección Madern del museo de Cervera que consideraba Lauraceae como la principal familia

representada (24%), seguida por Myricaceae (15%), Simaroubaceae (10%), Fagaceae (11%) y Fabaceae (5%). Estas diferencias sugieren que la colección Madern incluye una sobrerrepresentación de hojas enteras y de mayor tamaño, especialmente de lauráceas y miricáceas. Por el contrario, la mayor parte de hojas de las asociaciones de Cervera corresponden a hojas pequeñas de plantas xerofíticas tales como *Rhus, Rhamnus* y *Mimosites.* Sin embargo estas hojas estarían seleccionadas por el viento lo que resultaría en una sobreestimación de la señal de sequía.

Los resultados obtenidos sugieren que la laurisilva del Oligoceno de Cervera en ningún momento representó una formación vegetal importante, sino que correspondería a pequeñas extensiones de laureles cercanas al paleolago de Cervera. La fisionomía foliar de las hojas de dichos laureles, con un marcado degotador apical permite cuestionar en parte la hipótesis de Barrón *et al*. (2010) de que los laureles estarían condicionados por el agua freática y sugiere más bien que obtendrían la humedad por condensación de la humedad ambiental producida por el lago.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo es una contribución a los proyectos BIOGEOEVENTS (CGL2015-69805-P) del Ministerio de Economía y Competitividad y 2014SGR-251 de AGAUR (Generalitat de Catalunya). La investigación de Aixa Tosal está en parte financiada mediante la beca FI-DGR 2016 de la Generalitat de Catalunya.

REFERENCIAS

Anadón, P., Cabrera, L., Colldeforns, B. y Sáez, A. 1989. Los sistemas lacustres del Eoceno superior y Oligoceno del sector oriental de la Cuenca del Ebro. *Acta Geológica Hispánica,* 24, 205-230.

Barrón, E., Rivas-Carballo, R., Postigo-Mijarra, J.M., Alcalde-Olivares, C., Vieira, M., Castro, L., Pais, J. y Valle-Hernández, M. 2010. The Cenozoic vegetation of the Iberian Peninsula: A synthesis. *Review of Paleobotany and Palynology,* 162, 382-402.

Depape, G. y Bataller, J.R. 1931. Note sur quelques plantes fossiles de la Catalogne. *Bulletín de la Institució Catalana d'Història Natural*, 31 (7), 1-15.

Depape, G. y Bataller, J.R. 1950. Flore oligocène de Cervera (Catalogne). *Annales de la Escuela de Peritos Agrícolas y de Especialidades Agropecuarias y de los Servicios técnicos de Agricultura,* 9, 81-102.

Depape, G. y Brice, D. 1965. La flore oligocène de Cervera. *Données complémentaires. Annales de la Société géologique du Nord, Lille*, 85, 111-117.

Ferguson, D.K. 1985. The origin of leaf-assemblages-new light on an old problem. *Review of Palaeobotany and Palynology,* 46, 117-188.

Fernández-Marrón, M.T. 1971. *Estudio paleoecológico y revisión sistemática de la flora fósil del Oligoceno español*. Tesis Doctoral, Universidad Complutense de Madrid (inédita).

Fliche, P. 1906. Notes sur quelques végétaux tertiaires de la Catalogne. *Butlletí de la Institució Catalana d'Història Natural,* 6, 115-133.

Gastaldo, R.A. 1988. Conspectus of phytotaphonomy en Di Michele, W.A., Wing, S.L. (eds.). *Methods and Applications of Plant Palaeoecology. Notes for a Short Course* (pp.14-28). The Paleontological Association Special Publications, 3.

Mai, J.D. 1995. Tertiäre Vegetationsgeschichte Europas. Gustav Fischer, Jena, 691.

Madern, M. 1966. Nova aportació a la flora de l'Oligocèn de Cervera. *Boletín de la Sección de Estudios del centro excursionista Puig Castellar*. 4, 76

Madern, M. 1967. El paisatge de Cervera en el període Oligocèn. *Boletín de la Sección de Estudios del centro excursionista Puig Castellar,* 6, 128

Madern, M. 1969. Algunes observacions de paràsits vegetals de la flora oligocènica de Cervera. *Boletín de la Sección de Estudios del centro excursionista Puig Castellar,* 9, 212.

Sanz de Siria, A. 1992. Estudio de la macroflora oligocena de las cercanías de Cervera; Colección Martí Madern del Museo de geología de Barcelona. *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona,* 2, 143-170.

Sanz de Siria, A. 1996a. La macroflora oligocena de la cuenca de Cervera, Lérida, España (colección del Museu Comarcal de Cervera). *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona,* 5, 97-141.

Sanz de Siria, A. 1996b. Estudio paleoecológico y paleoclimático de la macroflora oligocena de Cervera (Lleida, España). *Treballs del Museu de Geologia de Barcelona,* 5, 143-170.

Scott, C. 1977. A review of the ecology of Upper Carboniferous plant assemblages, with new data from Strathclyde. *Palaeontology,* 20, 447-473.

Spicer, R.A. 1981. The sorting and deposition of allochthonous plant material in a modern environment at Silwood Lake, Silwood Park, Berkshire. England. *US Geological Survey Professional Paper,* 1143, 1-77.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

MIQUEL CRUSAFONT, SUS CIRCUNSTANCIAS INICIALES Y SUS PRIMERAS IDEAS EVOLUCIONISTAS

M. de Renzi

Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Universitat de València. Catedrático José Beltrán Martínez, 2. 46980 Paterna,Valencia. miquel.de.renzi@uv.es

RESUMEN

Este trabajo habla acerca de los treinta primeros años de la vida de Miquel Crusafont, pionero en la introducción del pensamiento evolutivo en España en 1948, una época difícil para la expresión de dichas ideas. Su concepción varió mucho en el año 1966, fecha de publicación del volumen de la Biblioteca de Autores Cristianos sobre la evolución conmemorado aquí. La causa fue probablemente los cambios en la posición de la iglesia romana sobre la evolución.

Palabras clave: Finalismo, vitalismo, lamarckismo, teoría del resorte, darwinismo.

ABSTRACT

This paper is about the thirty first years of the Miquel Crusafont's life, pioneer in the introduction of the evolutionary thinking in Spain in 1948, a trouble time for the expression of such ideas. His conception changed very much in 1966, date in which was published the book of the Biblioteca de Autores Cristianos on evolution here commemorated. This was probably due to a change in position of the Roman Church about evolution.

Key words: Finalism, vitalism, Lamarckism, spring theory, Darwinism.

INTRODUCCIÓN

La niñez y la juventud son las bases sobre la que se edifica la vida adulta. Los treinta primeros años de la vida de Miquel Crusafont i Pairó fueron ricos en experiencias y desarrollo de capacidades. Son los años de la compleja transición de la monarquía borbónica a la 2ª República y el final de esta última con la terminación de la guerra civil. El final de la guerra tuvo consecuencias que pudieron ser muy malas, tanto para él como para su padre. Ya en la postguerra publica su primer trabajo sobre evolución en un ambiente nada propicio al tema (Crusafont, 1948). Dieciocho años más tarde aparece, en la Biblioteca de Autores Cristianos (B.A.C.), el libro *La Evolución*, cuyo cincuentenario celebramos, y del cual es uno de los editores (Crusafont, Meléndez y Aguirre, eds. 1966). Dicho volumen se abre con su capítulo acerca de la problemática de la evolución en las ciencias positivas (Crusafont, 1966), amén de otros tres sobre temas más específicos. Se trata de un trabajo de amplios vuelos y que muestra ideas muy avanzadas para su época, como ya tuve ocasión de comentar ampliamente en su momento (De Renzi, 2011). Sin embargo, entre su primer trabajo de 1948 y el de la B.A.C., ya había publicado algo más de una decena de títulos sobre el tema de la evolución.

En la presente comunicación, deseo centrarme sobre su biografía, ampliamente documentada por Mañosa (1995), pero también por su hijo (Crusafont i Sabater, 1984, 1994). Ello reflejará aspectos poco conocidos de sus orígenes, como ya tuve ocasión de constatar al hablar con diversas personas que lo conocieron. Otro tema a tocar será el clima intelectual en que se discutía sobre historia natural y evolución antes de la 2ª República y ya durante esta última, así como sus posibles primeros maestros. Asimismo analizaré también ese su primer trabajo de 1948, para cerrar con aquellas ideas con que se avanzó a su época.

MIQUEL CRUSAFONT: SUS TREINTA PRIMEROS AÑOS DE VIDA

Miquel Crusafont i Pairó nació en la ciudad fabril de Sabadell en 1910, concretamente el 3 de octubre. No nació en una época pacífica, ya que la sociedad española padecía graves desequilibrios. Baste pensar que el año anterior había tenido lugar en la inmediata Barcelona la llamada Semana Trágica, con sus enormes secuelas de muerte y destrucción.

Entre 1910 y 1939 se sucedieron una serie de acontecimientos relevantes para la historia del país. Resumidamente, se puede decir que Catalunya, entre 1914 y 1925, alcanzó un cierto nivel de autonomía al constituirse la Mancomunitat de Catalunya. Sin embargo, entre 1923 y 1930 tuvo lugar el golpe militar de Primo de Rivera y la implantación de la Dictadura, respaldada por Alfonso XIII. La Dictadura no resolvió los problemas de la sociedad española como pretendía. El golpe, además, acabó desbaratando la Mancomunitat de Catalunya en 1925, tras una existencia precaria de la misma a partir de 1923. Es sabido que tras la caída de la dictadura hubo elecciones municipales en 1931, y que las ganaron los partidos de corte republicano, sobre todo en las ciudades. Ello condujo a la proclamación de la 2ª República, que al mismo tiempo tuvo como consecuencia el reconocimiento de Catalunya, con el Estatut d'Autonomia, y la elevación de Francesc Macià como presidente de la Generalitat. Insisto en esto porque el padre de Miquel Crusafont, Isidre Crusafont, tuvo una vida política activa de signo republicano en Sabadell. Él y su hijo Miquel tuvieron un fuerte sentimiento catalanista. La guerra civil constituyó el punto final de esta etapa.

Pero, ¿quiénes eran los Crusafont? Para responder a esta pregunta es interesante acudir a las informaciones dadas por su propio hijo (Crusafont i Sabater, 1994). Su linaje es antiguo (siglos XIII-XV), una familia de origen occitano. Se trata de pequeña nobleza, con sede en el Mas de Crozafond; Crusafont es una catalanización del nombre original, que era Crosafond. En esa sociedad, al recaer la herencia en un hijo único, los restantes emigraban con diversos oficios. Hacia 1840, llega a Sabadell Joan Baptiste Crozafon, su bisabuelo, procedente de Pons (Aveyron, Francia), junto a amigos leñadores y carpinteros. Su descendiente fue Isidre Crusafont i Doménech, el padre de Miquel, hombre honesto, de origen humilde –obrero manual–, y que veía el conocimiento como algo deseable y fuente de mejora social; se vinculó con el Círcol Republicà de Sabadell e intervino como concejal en el ayuntamiento desde 1920 (cf. también Crusafont i Sabater, 1984); no era religioso, mas tampoco anticlerical. Era partidario total de la escuela laica y pública, pero veía en la enseñanza religiosa un sustituto adecuado allá donde la primera no tenía capacidad suficiente. Fue detenido por sus ideas poco antes de la llegada de la Dictadura; ya con la República llegó a teniente de alcalde del ayuntamiento de Sabadell y, entre otras cosas, impulsó la creación del Museu d'Història Sabadell, donde su hijo Miquel posteriormente jugaría un papel de primera clase, con proyección internacional.

Se ha de decir que Miquel Crusafont fue hijo único, lo cual rompía con la tradición occitana de la familia, que siempre había sido de proles numerosas; sus padres habían optado por la calidad de vida que le proporcionarían unos estudios. Llama la atención que sus primeros trabajos de revisión sobre evolución (Crusafont, 1948; o sobre todo, Crusafont, 1966) muestran una enorme profundidad de tratamiento y de información. Surge la pregunta acerca de sus posibles maestros. Crusafont se formó en la Escola Pia de Sabadell que, aunque colegio confesional, tenía un especial interés en las ciencias por parte de sus religiosos, especialmente por la paleontología; aquí hay que destacar los padres Pere Rimblas i Piferrer y Josep Baburés i Grevolosa (ver Mañosa, 1995). Aunque esto sea así, la enseñanza religiosa de esa época no era proclive a introducir las ideas evolucionistas en sus programas; el evolucionismo era motivo de rechazo ya desde la restauración borbónica (cf. De Renzi, 2011, para comentarios y bibliografía), al asociarse con materialismo, socialismo y anarquismo, amén de contradecir la doctrina de la Iglesia Católica al respecto. Sin embargo, Crusafont, a 16 años, ya mostró una precocidad que muchos años después iba a tener enormes consecuencias: junto con su amigo

Ramon Arquer i Costajussà descubre el célebre yacimiento de can Llobateres, cerca de Sabadell, actividad enmarcada dentro de la afición al excursionismo, la arqueología y la mineralogía que tenía por entonces; pero ya había previamente una tradición de descubrimientos paleontológicos en el Vallés desde el año 1887: el descubrimiento de *Aceratherium incisivum* y las actividades catalogadoras de mamíferos fósiles de Jaume Almera en 1898 y, posteriormente, Josep Ramon Bataller, en 1918.

Miquel Crusafont aparece como miembro de la Institució Catalana d'Història Natural a partir de los años 30, donde va a encontrar a José Fernández de Villalta, que actúa como bibliotecario en 1931 y tiene dieciocho años (a partir de ahora, la mayor parte de la información procede de Mañosa, 1995), con quien establecerá una larga colaboración que se romperá a principios de los años sesenta. Contrariamente a lo que pueda parecer, esta sociedad era profundamente antievolucionista desde el año de su fundación, 1899, aspecto que se acentuó durante la dictadura de Primo de Rivera, sobre todo con la presidencia del jesuita Jaime Pujiula, que obligó a poner el lema del Concilio Vaticano I en la cabecera de las publicaciones; ese lema se suprime con la República y la Generalitat, aunque persiste un antievolucionismo que no será superado hasta mucho después (cf. Camarasa, 2000).

Lo único que se puede decir es que el interés por la evolución pudo venir del Dr. Odón de Buen, conocido divulgador de las ideas de Darwin; este profesor de la universidad de Barcelona, expulsado de la misma por propagar ideas evolucionistas en 1899, había tenido gran audiencia en Sabadell, en los primeros años del siglo XX, a través del *Centre Lírich-Dramàtich*, ligado a movimientos culturales obreros, que culminaron en unas excursiones científicas al cercano macizo de Sant Llorenç de Munt (Masjuan, 2006). Es posible que Isidre Crusafont, republicano convencido y afín a esos movimientos, estuviera al tanto y comunicara algo de ello a su hijo. Hay que decir que, en 1934, Crusafont empieza a interesarse por la evolución y da una primera conferencia ese mismo año: *La vida bajo la influencia del medio*. Al año siguiente da otra bajo el título *L'origen de l'home*.

En 1933, Miquel Crusafont se licencia en farmacia, aunque ello no es lo que realmente le atrae, y pasa sin pena ni gloria por esos estudios; es el año en que él y Villalta empiezan a colaborar. En 1935 se casa con Júlia Sabaté, farmacéutica como él, que vio clara la vocación investigadora e intelectual de su marido, y fue quien le allanó las cosas para que él la pudiera desarrollar. Crusafont, no obstante lo dicho, continuó trabajando en análisis clínicos durante mucho tiempo.

También, en esa época, tuvo una vertiente literaria. Estuvo en contacto con el llamado Grup de Sabadell, constituido por los escritores Joan Oliver, Francesc Trabal y Armand Obiols. Ya en plena guerra civil, fue tercer premio del concurso de narrativa Narcís Oller, tras Mercé Rodoreda, que fue la segunda. Durante los mismos años tuvo una fuerte actividad en política catalanista (llegó a militar en Acció Catalana) y, ya durante la guerra civil, fue profesor de ciencias físico-químicas y naturales en el Institut-Escola 'M.B. de Cossío' de la Generalitat de Catalunya (cuyo modelo era el Instituto-Escuela de Madrid) en Sabadell. Al ser llamado a filas, fue enrolado como sanitario, y concretamente para efectuar análisis clínicos en Girona.

Al final de la guerra, tanto él como su padre Isidre fueron denunciados por sus actividades políticas. Gracias al fabricante Marcet, conciudadano de ambos y que tenía un papel relevante en la ciudad al pertenecer al bando vencedor, fueron ambos liberados. El nuevo estado nacional-católico siguió las directrices de la iglesia romana, y el evolucionismo continuó considerándose incompatible con las mismas; sólo hubo apertura a partir de 1959, con motivo del centenario de *El Origen de las Especies*, la *Humanis generis* de Pio XII y la obra del jesuita Teilhard de Chardin, de la cual Crusafont fue un abanderado (cf. Catalá Gorgues, 2009). Ello hace más meritorio que en 1948 (Crusafont, 1948) hiciera su primera publicación seria sobre evolución y que, en 1951, en el seno de la entonces antievolucionista Institució Catalana d'Història Natural, hablara acerca de *L'evolució, avui*, su conferencia inaugural del curso. En esos años, evita ser tildado de aficionado al licenciarse en Ciencias Naturales en Madrid (1948) y doctorarse con premio extraordinario (1951).

CONCEPCIONES COSMOVITALISTAS DEL EVOLUCIONISMO

Éste fue el título del mencionado trabajo (Crusafont, 1948), expuesto el 15 de abril de 1948 en el Laboratorio de Geología (Universidad de Barcelona) y publicado más tarde ese mismo año. El trabajo muestra una base bibliográfica muy al día para su época, admirable dadas las condiciones del país; así, cita *Tempo and Mode in Evolution* de Simpson,

u Osborn, Haldane, Goldschmidt, Huxley, Piveteau, etc., pero las citas se dan a pie de página y no sistematizadas al final, y no todas las que están en el texto. Se ha de tener en cuenta que estamos en un tiempo de postguerra y nacional-catolicismo para entender que hay una necesidad de hacerse aceptar y que ello pasa por decir que la explicación mecanicista del fenómeno evolutivo es incompleta, aunque necesaria, y que para una mejor comprensión del mismo, se ha de recurrir a ideas que 'se engarzan insensiblemente en terrenos ultrahumanos', algo que iría 'de lo terreno a lo divino'; únicamente eso nos podría dar una mínima comprensión de todo (p. 6).

Para Crusafont (1948), la evolución sigue unas leyes que la obligan a seguir en el tiempo unas vías irreversibles, lo contrario de lo caótico y lo aleatorio. Para él, tanto el origen de la vida como la eliminación de grupos enteros de seres dependen de causas inescrutables (causas primeras –origen de la vida– y causas últimas –eliminación–). Es en este cuadro de vías irreversibles donde entra para él la noción de ortogénesis, que es 'direccional y finalista'; entiende por finalismo, tanto una finalidad determinada (se supone que funcional y adaptativa) como finalidad en sentido de muerte (de los organismos individuales y todo lo que hoy entendemos por extinción). El declive y la muerte son lo que sucede al desarrollo ortogenético y la especialización, lo cual es inaccesible al análisis mecanicista, 'una norma indeclinable que se verifica con absoluta constancia' (p. 9). A continuación pasa revista a muy diversas teorías evolucionistas (lamarckismo, darwinismo, mutacionismo, neodarwinismo –*sensu* Weissmann–, etc.), para llegar a concluir que una explicación ideal de la evolución sería aquella que acudiera 'a todo aquello que de bueno podían ofrecernos las distintas teorías expuestas a través de los años' (p. 13); algo que repetirá en Crusafont (1966). No obstante lo dicho, las teorías mecanicistas (en el sentido de obedecer a las leyes naturales), son necesarias para la comprensión del proceso evolutivo. Por tanto, y como él dice, su postura es ecléctica.

En este sentido, la evolución debe entenderse en dos estratos: el superior, que hay que comprender en sentido vitalista, referido a lo inexplicable (*misterio vital*) por simples leyes naturales del mundo inorgánico, como es todo lo referente a ortogénesis (direccional), irreversibilidad evolutiva (Dollo), finalismo y extinción. Se trata de un vitalismo basado en factores o agentes inmateriales (alude al impulso vital –*élan vital*– de Bergson o la aristogénesis de Osborn); para los teístas, el origen de esas fuerzas inmateriales sería Dios. Este primer estrato escaparía a la investigación científico-natural, pero no a la filosófica (la filosofía sería igualmente ciencia, pero no natural). El segundo estrato sería el propio de las teorías mecanicistas (lamarckismo, darwinismo, etc.) y quedaría supeditado al primero, en tanto que mostraría como esos agentes inmateriales se han plasmado en la evolución.

El trabajo discurre sobre todo en el segundo estrato; aunque los vitalistas sean antigenetistas, para Crusafont, entidades como los genes u otros aspectos materiales son necesarias en tanto que median con los agentes o fuerzas inmateriales (*entes impulsores*), que de otro modo no podrían actuar; cita a Teilhard (la presencia de una psiquis interna para regular los aspectos aleatorios) y a Bergson (el impulso vital se vería como una exigencia creadora). Crusafont adopta una postura ecléctica entre Lamarck y Darwin; acepta, por su experiencia de paleontólogo, la influencia del medio en la producción de mutaciones e invoca un dirigismo ambiental producido por una energía externa, que identifica con algún tipo de radiación, que actúa sobre los genomas a largo plazo y de forma latente. Al final, sus efectos se ponen de manifiesto de una manera repentina, al modo de un resorte de relojería (teoría del resorte, de carácter saltacionista). Entonces, del mismo modo que aparecerán multitud de novedades ventajosas que más tarde se consolidarán como especies, pero no en origen (criptogénesis), también surgirán los rasgos desfavorables que serán eliminados en masa por acción de la selección natural. Define su posición, pues, como adaptativo-selectiva. En última instancia, el medio influye en la preparación de posibles grupos de formas viables (anteadaptadas), el proceso saltatorio (resorte) hace aflorar formas preadaptadas, que son fijadas por mecanismos lamarckianos y darwinianos a sus ambientes (postadaptadas).

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Hay que decir que todas estas alusiones al creador y a la divinidad las separó del discurso científico en su posterior trabajo (Crusafont, 1966; cf. también De Renzi, 2011), lo cual mostraba que los tiempos eran más condescendientes. La insuficiencia del mecanicismo para comprender la vida y su evolución ya la hallamos en Bergson (1941); según este filósofo nuestra mente, que es una parte de la vida, no la puede abarcar como tal al ser tan sólo una emanación

de la misma, y el mecanicismo es insuficiente como explicación. Bergson tuvo influencia en un referente de Crusafont como fue Teilhard de Chardin, y en Cuénot, su amigo (Boesiger, 1980). Por otra parte, la inescrutabilidad de las causas primeras y últimas ya está en la teoría de la preformación de Charles Bonnet, en el siglo XVIII, y lo mismo para la eliminación en masa de grupos, común a Bonnet y Buckland (cf. De Renzi, 2009; pp. 29-30); es por ello que no podemos comprender ni conocer las intenciones del creador. La idea de la conexión entre los *entes impulsores* inmateriales con entidades, como los genes, que los tradujeran al mundo material recuerda la argumentación de Richard Owen: las causas segundas traducen materialmente los arquetipos animales presentes en la mente divina.

La diferencia entre la postura de Crusafont (1948) y la de Crusafont (1966) es que gran parte de la inescrutabilidad ha desaparecido. En el trabajo de 1966, los organismos son entendidos como sistemas cibernéticos y no parece aludirse a agentes inmateriales. Sólo la noción de finalidad permanece, pero como parte de la creencia, como se dice explícitamente, y no como afirmación científica. Por otra parte, hay una búsqueda en la física cuántica de un fundamento material para la vida, basado en los dos caminos posibles que puede seguir la materia en su evolución cósmica; según el físico Luigi Fantappié, las ecuaciones de onda (mecánica ondulatoria) se resuelven en una onda divergente (materia inerte) y una onda convergente (hacia la materia animada). Crusafont ahora habla de 'materia vitalizada'. Finalmente, la noción de integrador es aplicable al desarrollo por su capacidad de regular la expresión de los genes. Todo lo dicho se puede hallar de una manera detallada en De Renzi (2011; pp.12-15), donde también se comentaba cómo Crusafont se adelantó a temas que serían candentes posteriormente, como las tendencias evolutivas por aumento de la varianza.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Guillermo Meléndez (Universidad de Zaragoza) su amable invitación a participar en esta loable iniciativa de homenaje a los autores del libro de la B.A.C. Este trabajo forma parte del proyecto CGL2014-52662-P del Ministerio de Economía y Competitividad.

REFERENCIAS

Bergson, H. 1941. *L'évolution créatrice*. Quadrige/Presses Universitaires de France, Paris, 372 pp.

Boesiger, E. 1980. Evolutionary biology in France at the time of the evolutionary synthesis. En: Mayr, E. & Provine, W.B. (eds.), *The evolutionary synthesis: perspectives on the unification of biology*. Harvard University Press, Massachusetts, 309-321.

Camarasa, J.M. 2000. *Cent anys de passió per la natura. Una història de la Institució Catalana d'Història Natural 1899-1999*. ICHN Memòria n. 14, Barcelona, 183 pp.

Catalá Gorgues, J.I. 2009. Cuatro décadas de historiografía del evolucionismo en España. *Asclepio. Revista de Historia de la Medicina y de la Ciencia*, 61(2), 9-66.

Crusafont, M. 1948. Concepciones cosmovitalistas del evolucionismo. *Publicaciones del Museo de Sabadell. Sección de Paleontología*, Fascículo 4, 5-29.

Crusafont, M. 1966. Problemática de la evolución en las ciencias positivas. En: Crusafont, M., Meléndez, B. & Aguirre, E. (ed.), *La evolución*. Biblioteca de Autores Cristianos, Madrid, 1-51.

Crusafont, M., Meléndez, B. y Aguirre, E. (ed.). 1966. *La evolución*. Biblioteca de Autores Cristianos, Madrid, 1014 pp.

Crusafont i Sabater, M. 1984. L'entorn familiar d'En Miquel Crusafont Pairó. *Quadern de les Arts i de les Lletres de Sabadell*, 38, 72-75.

Crusafont i Sabater, M. 1994. Els Crusafont, immigrants occitans del segle XIX. *Arraona*, 14, III època, 59-75.

De Renzi, M. 2009. Cuestiones de forma: desde el pensamiento de Darwin hasta la actualidad. En: P. Palmqvist & J.A. Pérez-Claros (coord.), *Comunicaciones de las XXV Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología* (pp. 26-50). Málaga: Universidad de Málaga.

De Renzi, M. 2011. Miquel Crusafont como paleobiólogo teórico: una perspectiva no convencional para la evolución orgánica. *Paleontologia i Evolució*, Mem. especial 5, 3-18.

Masjuan, E. 2006. *Medis obrers i innovació cultural a Sabadell: l'altra aventura de la ciutat industrial*. Universitat Autònoma de Barcelona, Bellaterra, 266 pp.

Mañosa, M. 1995. Miquel Crusafont i Pairó-Sabadell, 1910-1983. En: Camarasa, J.M. & Roca Rosell, A. *Ciència i tècnica als Països Catalans: una aproximació biogràfica*. Fundació Catalana per a la Recerca, Barcelona, 1445-1472.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

EMILIANO AGUIRRE ENRÍQUEZ. NOTAS BIOGRÁFICAS

J. Morales

Museo Nacional de Ciencias Naturales, CSIC. José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid. jorge.morales@mncn.csic.es

INTRODUCCIÓN

Emiliano Aguirre Enríquez es uno de los más grandes científicos españoles de la segunda mitad del siglo XX y primeros años del XXI. Su dilatada carrera ha abarcado múltiples disciplinas de las ciencias naturales. Por supuesto, su figura va ineludiblemente ligada al yacimiento de Atapuerca (Burgos) y a los homínidos, investigación por la que recibió, junto a su equipo, el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica de 1997, que situó a la Paleoantropología española en el paisaje socio-cultural español, poco proclive al reconocimiento de sus científicos. Emiliano Aguirre contribuyó de manera decisiva al desarrollo en España de numerosos campos de investigación, desde el estudio de la Paleontología de Vertebrados a la Geología del Cuaternario, en ambos casos en su sentido más amplio; contribuyó a al conocimiento de la Evolución a todos los niveles, tanto científicos como sociales, reconoció el valor patrimonial de los fósiles y de la industria lítica, promoviendo los primeros museos "in situ" y reservas paleontológicas en nuestro país. Investigó la evolución cultural de los homínidos, incluyendo la fabricación de útiles tallados, cultivó la historia de las ciencias naturales, y muchas más disciplinas. Pero sobre todo fue un maestro, y un excelente creador de vocaciones científicas, dirigió cerca de treinta tesis doctorales, e influyó en varias generaciones de geólogos, biólogos y arqueólogos; su labor ha sido inmensa y su legado inalcanzable. Recientemente, el 5 de marzo de 2015 el Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC) le dedicó un emotivo homenaje y una exposición en la que intentamos reflejar las facetas más importantes de su trabajo.

PUBLICACIONES SELECCIONADAS

La primera publicación científica que el propio Emiliano Aguirre registra en su *curriculum vitae* es: "Crónica del II Cursillo Internacional de Paleontología de Sabadell". *Ibérica*, 295: 457-462 (1954). Entre ésta y la titulada "Recent debate and heavy evidence on human origin". *Spanish Journal of Palaeontology*, 28: 123-128 (2013), escribió más de 400 trabajos de todo tipo, incluido numerosos libros, tanto como autor, como coordinador. Es por tanto, a todas luces imposible reseñar toda su obra. Una magnífica recopilación de sus trabajos se puede encontrar en *Zona Arqueológica* 2: Obra Selecta de Emiliano Aguirre. 640 págs. 2004. Editores: Enrique Baquedano y Susana Rubio Jara. Consejería de Empleo, Turismo y Cultura - Museo Arqueológico Regional.

Para la mencionada exposición elegimos como representativos una docena de títulos que nos ilustran con fidelidad sobre a su intensa vida científica, que enumeramos a continuación:

M. Crusafont, B. Meléndez y E. Aguirre. *La Evolución*. Biblioteca de Autores Cristianos (B.A.C), Editorial Católica, Madrid, 258 págs. (1966, primera edición). Reeditada en 1974, 1976 y 1986. Precoz intento de difundir la teoría de la evolución desde perspectivas muy diferentes.

E. Aguirre. Revisión sistemática de los Elephantidae por su morfología y morfometria dentaria. 1ª Parte. *Estudios Geológicos*, 24: 109-167 (1968). 2ª Parte. *Estudios Geológicos*, 25: 123-177 (1969) 3ª Parte. *Estudios Geológicos*, 25: 317-367 (1969). Publicación de su Tesis doctoral, leída en 1966, obteniendo el título de Doctor en Ciencias Biológicas por la Universidad Complutense de Madrid.

Figura 1. Layna (Soria), junio de 1974, durante la preparación del Coloquio Internacional de Biostratigrafía continental del Neógeno y Cuaternario. Parte superior, de izquierda a derecha: Manuel Hoyos, Pedro Castaños y Enrique Soto. Debajo de izquierda a derecha: Emiliano Aguirre, Julián Herranz y Jorge Morales.

E. Aguirre. Evolutionary History of Elephant. *Science*, 164: 1366-1376 (1969). Filogenia tentativa de los Elephantidae basada en análisis morfológicos y cuantitativos. Síntesis de los resultados de su tesis doctoral.

E. Aguirre. Les rapports phylètiques de *Ramapithecus* et de *Kenyapithecus* et l'origine des Hominidés. *L'Anthropologie*, 76: 501-523 (1972).

E. Aguirre, J.M. Basabe & T. Torres. Los Fósiles Humanos de Atapuerca (Burgos): Nota Preliminar. *Zephyrus*, 26-27: 489-511 (1976). Primera noticia de Homínidos en Atapuerca.

E. Aguirre & G. Pasini. The Pliocene-Plestocene Boundary. *Episodes*, 8: 116-120 (1985). Propuesta de criterios para la definición del límite Plioceno-Pleistoceno.

E. Aguirre (coord.). *Paleontología*. Nuevas Tendencias, 10. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 433 págs. (1989).

E. Aguirre, J. Morales y D. Soria. *Registros fósiles e historia de la Tierra*. Editorial Complutense, 436 págs. (1997). Conferencias del Curso de Verano de El Escorial, 1995. Dirigido y organizado por E. Aguirre.

E. Aguirre (ed.). *Atapuerca y la evolución humana*. Fundación Areces. 453 págs. (1998).

E. Aguirre. *Evolución Humana, debates actuales y vías abiertas*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 169 págs. (2000). Discurso leído en el acto de su nombramiento como Académico de Número, con contestación de Pedro García-Barreno, en la sesión celebrada el día 24 de mayo de 2000.

E. Aguirre. *Cooperación entre diversos: regla de la evolución cósmica*. Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid, 52 págs. (2011). Discurso inaugural del año académico 2011-2012, leído en la sesión celebrada el día 26 de octubre de 2011.

E. Aguirre. *Homo Hispánico*. Espasa, Madrid, 389 págs. (2008). Aproximación al conocimiento de la historia del género *Homo* en la península Ibérica.

EMILIANO AGUIRRE. BIOGRAFÍA SUCINTA

Emiliano Aguirre Enríquez nace en El Ferrol (La Coruña) el 5 de septiembre de 1925. En 1942 termina el Bachillerato en Madrid a los 16 años e ingresa en los Jesuitas. El 11 de septiembre de 1942 entra en el seminario de Aranjuez, donde cursa dos años de noviciado y tres de Letras. Entre 1947 y 1950 estudió Filosofía en Chamartín (Facultad Matritensis Complutensis de la Iglesia). De 1951 a 1955 estudia Ciencias Naturales en la Universidad Complutense de Madrid. Licenciándose en 1955 con Premio Extraordinario y Accésit a Premio Nacional de Fin de Carrera. Durante la carrera establecerá una relación duradera con Bermudo Meléndez, catedrático de Paleontología.

Figura 2. Izquierda, Emiliano Aguirre con Pere Aris, ayudante de M. Crusafont, en los alrededores de Sabadell. Fotografía tomada por Jacinto Talens con motivo de su asistencia al II Cursillo Internacional de Paleontología. Julio, 1954. Derecha, Cena homenaje a Emiliano Aguirre con motivo de su jubilación, celebrada el 1 de diciembre de 1990. En la foto aparece junto a otra leyenda de la Paleontología, Bermudo Meléndez, catedrático de Paleontología de la Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid.

En 1954 asiste con una beca al 2º Cursillo Internacional de Paleontología de Sabadell, organizado por Miguel Crusafont, otra de las grandes figuras de la Paleontología española. En 1955-1956 realiza prospecciones paleontológicas en los yacimientos con dinosaurios de la cuenca de Tremp (Lérida), con Albert Lapparent y Walter Kühne. De 1955 a 1959 se traslada a Granada para estudiar Teología, pero seguirá con sus actividades investigadoras en Ciencias Naturales, colaborando con los profesores de la recién creada Facultad de Geología.

En 1960 viaja a París para estudiar los fósiles de Granada. Ese mismo año obtiene una beca de la Sección de Granada del Instituto Lucas Mallada del CSIC. Entre 1960 y 1961 realiza en Alcantarilla (Murcia) la "Tercera Probación", continuación de su formación como jesuita. No obstante, en su tiempo libre sigue con sus investigaciones geológicas y paleontológicas. En 1961, ya terminado el Teologado, vuelve a Madrid, al Departamento de Paleontología de la Universidad Complutense, dirigido por Bermudo Meléndez.

Entre 1961 y 1966 está contratado como Encargado de Curso para impartir Cuaternario y Paleontología Humana a los estudiantes de Geología y Paleontología Humana para los biólogos. Durante este período formó parte del equipo de Clark F. Howell (entre 1961-1963) en las excavaciones de los yacimientos del Pleistoceno medio de Torralba y Ambrona (Soria).

En 1962, el Director General de Bellas Artes, Gratiniano Nieto, incorpora a Emiliano Aguirre a la Misión española para salvamento arqueológico en Nubia ante el proyecto de la Presa de Aswan, con objeto de estudiar los restos humanos de la necrópolis del norte de Argín (Sudán).

En 1963 obtiene una beca de la Wenner-Gren Foundation para realizar una excavación preliminar en el yacimiento de Las Gándaras de Budiño. Organiza ciclos de conferencias sobre Evolución y Antropología en el Ateneo de Madrid (entre 1963-1965).

Presenta la tesis en 1966 sobre los elefantes fósiles, doctorándose en Ciencias Biológicas con Premio Extraordinario, y se publica un resumen en *Science*, y entre 1968 y 69 el trabajo en extenso en *Estudios Geológicos*, la revista del Instituto del CSIC "Lucas Mallada".

También en 1966 obtiene la plaza de Adjunto de Paleontología en la Universidad Complutense. Viaja con los alumnos a Marruecos en 1966 y a Mauritania y Senegal en 1967.

En 1966 se publica la primera edición del libro "La Evolución", en el que colaborarán los mejores científicos españoles de la época relacionados con el tema y filósofos muy señalados. El impacto de este libro, publicado por la Biblioteca de Autores Cristianos (B.A.C.), fue notable, y será reeditado varias veces, la 4ª edición en 1986.

Entre 1967 y 1968, en dos semestres, organizó el Departamento de Antropología Cultural y Social en la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad Católica de Lima (Perú), que aún hoy sigue funcionando. Visita el Museo de La Plata (Argentina), estrechando su amistad con Rosendo Pascual.

En 1968, a la vuelta de Perú, viajó con una beca posdoctoral de la Wenner Gren Foundation a Sudáfrica y Kenya. En Sudáfrica estudia con Raymont Dart y Philip Tobias los fósiles humanos entonces conocidos e identifica el *Paranthropus* en Makapansgat.

En 1969, incluido en un proyecto de Louis Leakey, realiza prospecciones en los Tugen Hills, en el área de Chepkesin y el Alto Suguta (Kenya), donde documentó los primeros *Hipparion* y los primeros hipopótamos de África, identificando por primera vez el Vallesiense en África oriental.

Durante estos últimos años de la década fue ayudante durante un curso de Clemente Sáenz en la ETSI de Caminos, y otro año ocupó la Cátedra de Biología en la Facultad de Medicina de la UAM.

A partir de 1969 comienza una intensa actividad excavadora en España, centrada principalmente en los yacimientos con vertebrados cenozoicos. Excava en el Oligoceno de Carrascosa del Campo, en el yacimiento cárstico de Layna con una beca de la National Geographic Society. También, en el Mioceno medio de Torrijos, en el Plioceno superior de La Puebla de Valverde, en Venta del Moro…

En 1970-71 Emiliano Aguirre se traslada a Sabadell, donde pasará un año preparando su oposición para Agregado de Paleontología en la Universidad Complutense, que obtiene en 1971.

1974 es un año decisivo en la vida de Emiliano Aguirre. Primero obtiene su plaza como Investigador Científico del CSIC en el Instituto Lucas Mallada, apostando por la renovación del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Ese mismo año organiza el Coloquio Internacional sobre Biostratigrafía continental del Neógeno y Cuaternario de España. Consigue que le subvencionen su primer proyecto con cargo al Plan de Desarrollo sobre Biostratigrafía del Neógeno continental en España. Es el comienzo de la creación de un grupo de investigación estable dedicado al Neógeno y Cuaternario continental de España

A finales de 1974, en diciembre, deja la Orden de los Jesuitas. El 25 de abril de 1975 se casa con Carmen Boule.

De 1973 a 1977 es miembro de dos comisiones del INQUA. Entre 1977 y 1989 actúa como Presidente de la Subcomisión para el límite Plio-Pleistoceno y del Grupo de Trabajo de la Comisión Internacional de Estratigrafía (IUGS) sobre el límite Neógeno-Cuaternario.

En 1978 promueve el Grupo de Trabajo Internacional sobre "Útiles prehistóricos en hueso poco elaborados, y alteraciones en materiales óseos". Es elegido primer presidente y lo dirige hasta 1983, en que toma el relevo Marylène Patou-Mathis; ella le ayudó a ponerlo en marcha y organizar las actividades esos años. Desde 1985 es elegido miembro de la directiva de la Association Internationale de Paléontologie Humaine. Realizando una intensa actividad internacional, que se complementa con simposios, reuniones y exposiciones internacionales. Pero sobre todo destaca la propuesta de definición del límite basal del Pleistoceno y Cuaternario, realizada en 1983 asistido por G. Pasini. Fue adoptada en 1985 por la Comisión Internacional de Estratigrafía y confirmada por la IUGS para la "Escala Estratigráfica Global" en 1989.

En 1976 Trinidad Torres, ingeniero y paleontólogo, junto a Carlos Puch, descubre en el curso de sus excavaciones sistemáticas en los yacimientos de Atapuerca la primera mandíbula de hombre, la leyenda de Atapuerca comienza y por fin Emiliano Aguirre tiene su gran yacimiento, el yacimiento de sus sueños. Ese mismo año, en octubre, como Investigador Científico del CSIC en el Instituto Lucas Mallada presenta su primer proyecto de investigación sobre Atapuerca y se le concede por parte de la CAYCIT en 1978.

En 1978 obtiene la cátedra de Paleontología de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Zaragoza, desde donde desarrollará el proyecto de investigación de Atapuerca.

En 1982 vuelve de nuevo a la Universidad Complutense, esta vez como Catedrático de Paleontología, sustituyendo a Bermudo Meléndez.

En1985 se realiza la fusión de los tres Institutos del CSIC residentes en el espacio del Museo Nacional de Ciencias Naturales y Emiliano Aguirre es designado Director en funciones, para lo cual deja la Universidad con excedencia voluntaria.

Emiliano Aguirre oficialmente se jubila en 1990, el proyecto de Atapuerca quedará liderado por Juan Luis Arsuaga, José Mª Bermúdez de Castro y Eudald Carbonell.

En 1995, con Miguel Angel Alario y Franco como director de los Cursos de Verano de El Escorial patrocinados por la Universidad Complutense de Madrid, Aguirre dirige el curso "Registros fósiles e Historia de la Tierra", y entre los participantes volvemos a encontrarnos con Clark F. Howell, junto a un brillante grupo de paleontólogos españoles y extranjeros.

En 1996 organiza y dirige el Simposio Internacional "Atapuerca y Evolución Humana", celebrado en la Fundación Areces. El 7 de agosto de ese mismo año, Aguirre junto con otros quince firmantes encabezados por Miguel Ángel Alario, publican en el diario El País el "Manifiesto de El Escorial", denunciando las carencias que aún se manifiestan en la investigación científica en España, y proponiendo soluciones para las mismas.

En 1997 el proyecto de Atapuerca recibe la máxima distinción científica española. Aguirre y el Equipo de Atapuerca son distinguidos con el Premio Príncipe de Asturias de Investigación Científica y Técnica.

En 1998 vuelve a organizar para la Fundación Ramón Areces otro Simposio Internacional sobre" Evolución de la familia humana: estado de la Cuestión".

En el año 2000 es elegido Académico numerario de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid; leerá su discurso "Evolución Humana. Debates actuales y vías abiertas" el 24 de mayo de 2000, siendo contestado por el Excmo. Sr. D. Pedro García-Barreno.

Para Aguirre la Academia será otro nuevo lugar para trabajar. Lejos del reposo sigue publicando, organizando,… Recibe premios y distinciones: Medalla de Honor al Fomento de la Invención, Fundación García Cabrerizo en 1997; Insignia de Oro del Colegio Oficial de Geólogos de España; Premio Castilla y León de Ciencias Sociales y Humanidades en 1998; Premio Gerión de 1998; Miembro de Honor de la "International Union for Quaternary Research" (INQUA) en 1999; Medalla de Oro al Mérito en el Trabajo en 1999, con un emotivo discurso del Ministro de Trabajo Pimentel, reconociendo el trabajo de los investigadores. En el 2001 es nombrado Doctor *Honoris causa* por la Universidad de La Coruña y ese mismo año considerado "Ferrolano Ilustre". En el 2002 es nombrado Académico correspondiente, en su sección de Naturales, de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas, Químicas y Naturales de Zaragoza.

Durante estos últimos años Emiliano Aguirre ha continuado trabajando, sin aburrirse un momento; en el diccionario de términos científicos de la Academia de Ciencias, en homenajes, reuniones nacionales e internacionales… la Paleontología española nunca podrá entenderse sin su magna obra.

REFERENCIAS

Morales, J. y Peña de Camús, S. 2015. Emiliano Aguirre: una vida excepcional dedicada a las Ciencias Naturales. *Naturalmente*, 5, 50-52

Morales, J., Peláez-Campomanes, P., Álvarez-Sierra, M.A., Azanza, B. y Montoya, P. 2009. Historia de las excavaciones paleontológicas (Mamíferos) en el Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC. En: J. Lóbon Cervia y J. Morales (eds.), *Notas para la Historia Reciente del Museo Nacional de Ciencias Naturales. Homenaje a María Dolores Soria Mayor*. Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 24, 211-268.

Soria, D. y Morales, J. 2004. *Emiliano Aguirre Enríquez: notas biográficas.* En: E. Baquedano y S. Rubio (eds.), *Obra selecta de Emiliano Aguirre (1957-2003).* Zona Aqueológica, 2, 14-45.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

LOS ANTECEDENTES DEL LIBRO "LA EVOLUCIÓN": LA MASTEROMETRÍA DE CRUSAFONT Y TRUYOLS, LOS "CURSILLOS INTERNACIONALES DE PALEONTOLOGÍA DE SABADELL" (1952-1958) Y EL DESARROLLO DE LA PALEONTOLOGÍA EVOLUTIVA EN ESPAÑA

P. Palmqvist

Departamento de Ecología y Geología, Universidad de Málaga. Campus de Teatinos. 29071 Málaga, España. ppb@uma.es

RESUMEN

Este año se conmemora el quincuagésimo aniversario de la publicación de "La Evolución", obra codirigida en 1966 por los paleontólogos Crusafont, Meléndez y Aguirre, la cual supuso un punto de inflexión en la aceptación de la Teoría Evolutiva en España. No obstante, los antecedentes del libro y el papel que desempeñó la paleontología en la internacionalización de los estudios evolutivos realizados en España se remontan a la década precedente, en la que tuvo lugar la celebración de los "Cursillos Internacionales de Paleontología de Sabadell" (1952-1958) y la publicación de los estudios "masterométricos" de Crusafont y Truyols. Lo avanzado del enfoque biométrico de estos últimos impresionó favorablemente a Simpson, el máximo exponente de la paleontología norteamericana en la época, con quien llegaron a desarrollar una estrecha relación personal.

Palabras clave: Evolución, Crusafont, Meléndez, Aguirre, Truyols.

ABSTRACT

This year marks the fiftieth anniversary of the publication of "La Evolución", a book codirected by Spanish paleontologists Crusafont, Meléndez and Aguirre that represented a turning point for the acceptance of Evolutionary Theory in Spain. However, the background of this influential book and the role played by paleontology in the internationalization of the evolutionary studies developed in Spain extend back to the preceding decade, in which the "Short International Courses on Paleontology of Sabadell" (1952-1958) took place and the "masterometric" studies of Crusafont and Truyols were published. Simpson, the most prominent North American paleontologist of this epoch, was most impressed with the biometric approach of the latter papers, which was well ahead of its time, and this favored the development of a close personal relationship among these scientists.

Key words: Evolution, Crusafont, Meléndez, Aguirre, Truyols.

LA PUBLICACIÓN DEL LIBRO "LA EVOLUCIÓN"

Este año se celebra el quincuagésimo aniversario de la aparición de la primera edición del libro "La Evolución" (Crusafont *et al.*, 1966), obra codirigida por los paleontólogos Miquel Crusafont i Pairó (1910-1983), Bermudo

Meléndez Meléndez (1919-1999) y Emiliano Aguirre Enríquez (1925-). Publicada por la Editorial Católica en su colección "Biblioteca de Autores Cristianos" (BAC), tendría en 1974 una segunda edición, corregida y aumentada, la cual se mantendría ya como tal en las sucesivas reimpresiones.

Esta obra, que Galleni (2011) no duda en calificar como la más importante de los años sesenta a nivel mundial sobre Evolución, supuso un hito para la difusión de las ideas transformistas en España, al incluir capítulos que abarcaban la práctica totalidad de los conocimientos de la época sobre Biología Evolutiva. En ella se exponía, sobre todo, la Teoría Sintética de la Evolución, asumida por la mayoría de los autores, entre los que se contaban el paleontólogo Jaime Truyols Santonja (1921-2013), el zoólogo Rafael Alvarado Ballester (1924-2001), el fisiólogo Salustio Alvarado Fernández (1897-1981), el ornitólogo Francisco Bernis Madrazo (1916-2003), el ecólogo Ramón Margalef López (1919-2004), el genetista Antoni Prevosti i Pelegrín (1919-2011) o el zoólogo José Antonio Valverde (1926-2003), aunque también incluía las ideas ortogenetistas y vitalistas de Crusafont y Meléndez.

La publicación del libro constituyó un hito para los estudios evolutivos en España, no solo por sus contenidos, sumamente avanzados para el momento, sino por el contexto histórico en el que tuvo lugar. Así, la enseñanza y la divulgación de las ciencias estuvo supeditada en la España nacional-católica (1939-1975) al control por parte de la religión, bastión fundamental del régimen franquista. Por ello, la mayor parte de las obras, en especial aquellas que afectaban a las enseñanzas medias, defendían los postulados teístas y creacionistas que implicaban una lectura literal del Génesis (Blázquez-Paniagua, 2001, 2011; Glick, 2010). Dicha lectura se apoyaba, a su vez, en los argumentos de la Teología Natural (siglos XVI a XIX), elaborados por autores como John Ray o William Paley, quienes interpretaron la bondad del diseño natural como evidencia de la sabiduría infinita de Dios, manifestada en el acto de la Creación por la perfección de las adaptaciones (el argumento del *relojero,* en su versión moderna el *diseño inteligente*). A ello se añadían también condicionantes ideológicos, pues las ideas neodarwinistas tenían connotaciones negativas debido a la adhesión a la causa republicana de Julian Huxley, uno de los principales proponentes de la Nueva Síntesis. Tales planteamientos eran, además, coherentes con los pensamientos platónicos y aristotélicos, que concebían a las especies como entidades ideales, jerarquizables en complejidad y perfección según la *Scala Naturae* o Gran Cadena del Ser. Esta visión decimonónica supuso una vuelta a los viejos debates pre-evolucionistas, ya superados, como los relativos a la generación espontánea y el origen de la vida, los planteamientos esencialistas sobre la inmutabilidad de las especies, o las teorías de las creaciones sucesivas de Cuvier y D'Orbigny para dar cuenta de los cambios en la composición de la biota a través del tiempo geológico (para una revisión a fondo sobre el tema, véase Blázquez-Paniagua, 2011).

En este contexto de rechazo generalizado de las ideas transformistas, resulta sorprendente que un grupo de científicos, en su mayoría paleontólogos, se atreviesen a aceptar el hecho de la evolución, aun tratando de hacerlo compatible con el dogma católico. Por ello, adoptaron un evolucionismo restringido, de carácter finalista y teísta, que iba desde la oposición a las ideas neodarwinistas hasta su aceptación parcial. Así, Meléndez (1947) incluyó ya en su *Tratado de Paleontología* un capítulo sobre "el transformismo y la paleontología", en el que hacía referencia a las "leyes" (generalizaciones empíricas) que explicaban la aparente direccionalidad de los procesos evolutivos, como la ortogénesis de Haacke y Eimer, el incremento en complejidad de Lamarck (formulada en tiempos pre-evolucionistas por Linneo), el aumento en tamaño y especialización de los linajes de Cope y Depéret, la irreversibilidad de la evolución de Dollo, la nomogénesis de Berg (basada en las "transmutaciones" de Waagen), o las teorías sobre la inercia en el mundo orgánico de Nägeli, la senescencia racial de Hyatt y el tipostrofismo de Schindewolf, que describían la tendencia intrínseca de los linajes a degenerar hacia una "fase senil" antes de su extinción (para una revisión sobre el tema, véase Palmqvist *et al.,* 2016).

Crusafont fue incluso un paso más lejos como teórico de la evolución, llegando a proponer la creación de una rama de las ciencias naturales consagrada al estudio de los procesos evolutivos, a la que denominó "Proteognosia". Para Crusafont, el mecanismo de partida del cambio estaría en la espontaneidad de las mutaciones (conforme a los trabajos de Hugo de Vries) y las pruebas observables del hecho de la evolución se encontrarían en la Paleontología (remitiéndose a la "ley de la correlación orgánica" de Cuvier para reconstruir las series evolutivas) y en la Embriología (donde se apoyaba en Haeckel y su "ley de la recapitulación"). Por ello, para Crusafont las pruebas experimentales de la evolución provendrían, en última instancia, de la paleontología y la biometría, remitiéndose a la noción de "experimento natural" de su colega y amigo George Gaylord Simpson, pese a lo cual su visión de los procesos evolutivos no dejó de ser "teilhardiana". De hecho, para Crusafont la Nueva Síntesis estaría asociada a un indeterminismo de fondo, sin

finalidad (fenomenología acausal, pues el punto de partida de la evolución es la mutación al azar), lo que partiría de posicionamientos reduccionistas que conducirían a un idealismo monista y una teoría unitaria del universo (algo presente en Haldane). Frente a estas posturas, Crusafont adoptó planteamientos emergentistas, contemplando el surgimiento de formas de organización progresivamente más complejas que representarían una novedad cualitativa respecto a sus elementos inferiores, algo que enlaza con la Teoría de la Teleogénesis de Leonardi (1952), según la cual los seres vivos obedecían a un impulso interior que les llevaba a evolucionar hacia niveles de organización superiores, y la Cosmolisis de Blanc (1942-1943), que contemplaba una tendencia evolutiva hacia la segregación de un tipo ancestral sintético en tipos particulares [el sintetotipo de Crusafont y Truyols (1956, 1957), representado por los valores masterométricos del género *Cynodictis*]. Una discusión a fondo sobre la influencia de las posturas finalistas en los paleontólogos españoles de la época se encuentra en Galleni (2011), Blázquez-Paniagua (2009) y Catalá-Gorgues (2013). Un desarrollo más profundo de los planteamientos teóricos de Crusafont aparece en De Renzi (2011). Finalmente, para una revisión sobre la relación científica y personal entre Crusafont, Truyols y Simpson, véase Acosta-Rizo (2013) y Catalá-Gorgues (2013).

LOS "CURSILLOS INTERNACIONALES DE PALEONTOLOGÍA DE SABADELL"

Durante el verano de 1952 tuvo lugar la celebración de un "Cursillo Internacional de Paleontología" en el Museo de Sabadell, al que seguirían tres más con la misma denominación y periodicidad bienal (Fig. 1). La organización de tales eventos recayó en las dos figuras preeminentes de la paleontología catalana, Crusafont y Villalta, encargándose de la secretaría Truyols, un joven y prometedor colaborador del primero en aquellos tiempos. Según relata este último, resulta difícil concebir hoy día cómo se las arreglaron sus organizadores para celebrar unos ciclos de conferencias de carácter marcadamente internacional en aquella España aislada de la posguerra, cuando no existían las fotocopias y hacerse con una separata o un libro científico era poco menos que imposible (Truyols, 2004). Pese a ello, los cursillos fueron todo un éxito, pues en el primero de ellos se inscribieron ya 60 participantes, lo que por un lado proporcionó a

Figura 1. Sesión de comunicaciones durante el tercer "Cursillo Internacional de Paleontología" de Sabadell en 1956. En primer término aparece Miquel Crusafont, organizador de los eventos, y tras él se sitúa su colaborador, Josep Fernández de Villalta. Al fondo se encuentra el secretario de los encuentros, Jaime Truyols, pasando las diapositivas. Fotografía facilitada al autor por Montserrat Truyols Massoni.

sus organizadores la oportunidad de dar a conocer los principales yacimientos fósiles de la región (en especial la cuenca del Vallés-Penedés, en la que se asienta la ciudad de Sabadell), así como las series estratigráficas en las que se ubican, y por otro las ideas que se venían generando en España sobre la paleontología y la filogenia de los mamíferos.

El cartel de personalidades científicas que acudieron a debatir en estos eventos es realmente impresionante, lo que avala el buen hacer y la calidad de la trayectoria científica de sus organizadores, contándose entre ellas a Jean Piveteau (Universidad de la Sorbona), autor del *Traité de Paléontologie,* Bermudo Meléndez (Universidad Complutense de Madrid), Jean Viret (Museo de Historia Natural de Lyon), Johannes Hürzeler (Museo de Basilea), Piero Leonardi (Universidad de Ferrara), G.H.R. von Koenigswald (Universidad de Utrecht e Instituto de Investigación de Senckenberg), Frederic M. Bergounioux (Universidad Católica de Tolouse), Antony J. Sutcliffe (Museo de Historia Natural de Londres), Birger Bohlin (Universidad de Uppsala), Björn Kurtén (Universidad de Helsinki) y Donald E. Savage (Universidad de Berkeley). Algunas de las conferencias pronunciadas en los "cursillos", así como las contribuciones de los asistentes en temas relacionados con las actividades desarrolladas en paralelo a los mismos, por ejemplo la *Primera Reunión del Terciario,* se publicaron posteriormente en la serie *Cursillos y Conferencias del Instituto Lucas Mallada.*

Por otra parte, tal y como relata Truyols (2004), durante la celebración de los "cursillos" se asistió a un cambio de paradigma, pues si bien "en los dos primeros predominaban en las discusiones las posturas ortogenéticas y finalistas de los participantes, que en su mayoría eran franceses, italianos y españoles (la sombra de Teilhard de Chardin, de actualidad en la época, flotaba en el ambiente de manera ostensible), en los dos restantes, con presencia añadida de paleontólogos de formación distinta y de cultura anglosajona, la voz de un neodarwinismo no finalista se hizo oír de manera cada vez más insistente." Existía, no obstante, un precedente de estos debates, pues en el primer encuentro sobre Paleontología y Evolución de París, organizado por Piveteau en 1947, ya se confrontaron ideas sobre la ortogénesis por parte de las escuelas latina y angloamericana, representadas por Teilhard de Chardin y Simpson, respectivamente (Galleni, 2011).

Llegados a este punto, cabe preguntarse por las claves que permitieron atraer a estos "cursillos", en las condiciones difíciles de la época, a un elenco tan variado de participantes, entre los que se encontraban las figuras más prominentes de la paleontología europea. El prestigio de la carrera investigadora de sus organizadores jugó un papel determinante en esta empresa y una de las claves de este prestigio se encuentra en los estudios biométricos desarrollados por Crusafont y Truyols sobre los carnívoros fisípedos del Cenozoico. Tales trabajos, publicados en las prestigiosas revistas *Evolution* y *Nature* en tiempos bien alejados de la demanda curricular impuesta actualmente por los sexenios, contribuyeron a dar a conocer internacionalmente la excelencia de sus enfoques "masterométricos", lo que sin duda contribuyó decisivamente al éxito de la empresa.

LA "MASTEROMETRÍA" Y EL NACIMIENTO DE LA PALEONTOLOGÍA MODERNA EN ESPAÑA

Los estudios del binomio Crusafont-Truyols, que tanto llegaron a impresionar a Simpson, comenzaron con un trabajo publicado en la revista *Estudios Geológicos* en el interludio entre el primer "cursillo" y el segundo (Crusafont y Truyols, 1953). En él analizaban un ángulo (de ahí que en el título se hablase de un "ensayo goniométrico") íntimamente ligado a la funcionalidad de la carnicera inferior (m1) de los fisípedos, el llamado ángulo α, tomado en una vista labial de la pieza entre una línea tangente a las dos convexidades del esmalte en el cuello de la corona sobre el inicio de ambas raíces y otra línea, en este caso tangente al vértice del protocónido (la principal cúspide cortante del trigónido) y al saliente máximo del talónido (que suele coincidir con el hipocónido). Dicho ángulo separa claramente a hipercarnívoros como los félidos (en los que el talón de la carnicera se reduce en un grado extremo) de hipocarnívoros como los úrsidos (en los que el talónido está más desarrollado que el trigónido). Posteriormente, añadieron a sus estudios un segundo módulo angular, el ángulo β, tomado en la vista oclusal de la carnicera superior (P4), el cual relaciona la longitud y anchura máxima al nivel del protocono, estimada por el ángulo entre las líneas que unen el metacono con el punto más anterior del parastilo (cúspide secante) y con el protocono (cúspide machacadora). En este caso, los valores del ángulo son menores en las formas hipercarnívoras y más altos en las hipocarnívoras, obviamente. Finalmente, analizaron sectorialmente la dentición yugal, tomando las longitudes de tres regiones con distinto significado funcional (lacerante, cortante y triturante), la que se extiende desde el borde anterior de la serie hasta el paracónido del m1 (P), la que parte de este punto hasta el protocónido (C) y la que discurre de aquí al borde posterior de la última pieza dentaria (T).

Una vez definidas estas variables, y de ahí lo avanzado de sus planteamientos teóricos, caracterizaron biométricamente las familias de carnívoros fisípedos a partir de los valores en las especies modernas y extintas, procediendo a un ajuste entre a y b, por un lado, y entre las coordenadas triangulares de P, C y T, por otro (Crusafont y Truyols, 1956, 1957, 1958). Ello les permitió definir sendos morfoespacios empíricos (concepto desarrollado por David Raup en la siguiente década) y, con ello, estimar los cambios en tales características durante la evolución del grupo. Este enfoque novedoso ha inspirado posteriormente a diversos autores (véase, por ejemplo, Van Valkenburgh, 1985), siendo sin duda lo que motivó el que Simpson se ofreciese a traducir sus artículos al inglés para su publicación en *Evolution* y realizase luego una revisión en dicha revista sobre los mismos (Simpson, 1965), la cual fue convenientemente replicada por Crusafont y Truyols (1966).

AGRADECIMIENTOS

Esta comunicación está dedicada al Profesor Jaime Truyols Santonja, a quien tuve la suerte de tratar personalmente con motivo de una tesis doctoral presentada en Málaga, cuyo tribunal presidió en 1997. Durante esos días "Don Jaime" nos habló de sus experiencias en el campo de la "masterometría", explicándonos con humildad su relación con George G. Simpson y su propuesta de publicar en *Evolution.* Siendo yo entonces relativamente joven, conocer a un personaje de semejante talla humana y profesional me dejó una impronta indeleble.

REFERENCIAS

Acosta-Rizo, C. 2013. Un pie en el cielo y otro en la ciencia: las interacciones productivas de Miquel Crusafont (1910-1983). *Dynamis,* 33(2), 321-342.

Blanc, A.C. 1942-1943. Cosmolisi. Interpretazione genertico-storica delle entità e degli aggruppamenti biologici ed etnologici. *Rivista di Antropologia,* 34, 179-290.

Blázquez-Paniagua, F. 2001. La Teoría Sintética de la Evolución en España. Primeros encuentros y desencuentros. *Llull: Revista de la Sociedad Española de Historia de las Ciencias y de las Técnicas,* 24(50), 289-314.

Blázquez Paniagua, F. 2009. La recepción del darwinismo en la universidad española (1939-1999). *Anuario de historia de la Iglesia,* 18, 55-68.

Blázquez-Paniagua, F. 2011. A Dios por la ciencia. Teología natural en el franquismo. *Asclepio,* 63(2), 453-476.

Catalá-Gorgues, J.I. 2013. Miquel Crusafont, George Simpson y la internacionalización de los estudios de paleontología evolutiva en España. *Dynamis,* 33(2), 343-364.

Crusafont, M., Meléndez, B. y Aguirre, E. (Eds.) 1966. *La Evolución.* La Editorial Católica, S.A. Biblioteca de Autores Cristianos, Sección VI (Filosofía), 258, Madrid, 1014 pp.

Crusafont, M. y Truyols, J. 1953. Un ensayo goniométrico sobre la carnicera inferior de los fisípedos. *Estudios Geológicos,* 18, 225-254.

Crusafont, M. y Truyols, J. 1956. A biometric study of the evolution of fissiped carnivores. *Evolution,* 10(3), 314-332.

Crusafont, M. y Truyols, J. 1957. Estudios masterométricos en la evolución de los fisípedos. *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España,* 68, 83-224.

Crusafont, M. y Truyols, J. 1958. A quantitative study of stasigenesis in fissipede carnivores. *Nature,* 181, 289-290.

Crusafont-Pairó, M. y Truyols-Santonja, J. 1966. Masterometry and evolution, again. *Evolution,* 20(2), 204-210.

De Renzi, M. 2011. Miquel Crusafont como paleobiólogo teórico: Una perspectiva no convencional para la evolución orgánica. *Actas de las XXVII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología,* Sabadell, 3-18.

Galleni, L. 2011. Teilhard de Chardin and the latin school of evolution: complexity, *moving towards* and equilibriums of nature. *Pensamiento. Revista de Investigación e Información Filosófica,* 67(254), 689-708.

Glick, T.F. 2010. *Darwin en España.* Publicacions de la Universitat de València, 169 p.

Leonardi, P. 1952. Finalistic evolution or "Teleogenesis". *Laval théologique et philosophique,* 8(2), 169-182.

Meléndez, B. 1947. *Tratado de Paleontología.* Instituto "Lucas Mallada" de Investigaciones Geológicas, Madrid, 511 pp.

Palmqvist, P., Duval, M., Diéguez, A., Ros-Montoya, S. y Espigares, M.P. 2016. On the fallacy of using orthogenetic models of rectilinear change in arvicolid teeth for estimating the age of the first human settlements in Western Europe. *Historical Biology,* 28(6), 734-752.

Simpson, G.G. 1965. A review of masterometry. *Evolution,* 19(2), 249-255.

Truyols, J. 2004. Los Cursillos Internacionales de Paleontología de Sabadell (1952-1958) en el desarrollo de Paleomastología de España. *Zona Arqueológica,* 4(2), 616-623.

Van Valkenburgh, B. 1988. Trophic diversity in past and present guilds of large predatory mammals. *Paleobiology*, 14(2), 155-173.

G. Meléndez, A. Núñez y M. Tomás (eds.). Actas de las XXXII Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología.
Cuadernos del Museo Geominero, nº 20. Instituto Geológico y Minero de España, Madrid, 2016. ISBN 978-84-9138-016-0.
© Instituto Geológico y Minero de España

EL LOCHKOVIENSE INFERIOR Y MEDIO (DEVÓNICO INFERIOR) DE LA SECCIÓN SEGRE 5. UN NUEVO REGISTRO DE CONODONTOS EN LOS PIRINEOS CENTRALES ESPAÑOLES

J.I. Valenzuela-Ríos y J.-C. Liao

Departamento de Geología y Botánica, Dr. Moliner 50, 46100 Burjasot. jose.i.valenzuela@uv.es, jau.liao@uv.es

RESUMEN

Los registros de conodontos de la nueva sección Segre 5 contienen índices del Lochkoviense inferior y medio y comprenden desde la Zona de *Ancyrodelloides carlsi-Lanea omoalpha* hasta la Zona de *A. transitans-A.trigonicus*. Se registra por primera vez *Flajsella schulzei* en el conjunto de afloramientos de Segre.

Palabras clave: Lochkoviense, conodontos, bioestratigrafía, Pirineos.

ABSTRACT

Conodont records from the new section Segre 5 include lower and middle Lochkovian indices. This section comprises strata from the *Ancyrodelloides carlsi-Lanea omoalpha* Zone to the *A. transitans-A.trigonicus* Zone. *Flajsella schulzei* is recorded from the first time in the set of outcrops at Segre.

Key words: Lochkovian, conodonts, biostratigraphy, Pyrenees.

INTRODUCCIÓN

El conjunto de afloramientos situados unos 10 km al este de La Seu d'Urgell, en la margen derecha del río Segre, contienen una de las mejores sucesiones devónicas de conodontos que ha servido de base para la elaboración de la biostratigrafía del Lochkoviense y Praguiense (Devónico Inferior) del Pirineo (Valenzuela-Ríos, 1994a). Dentro de ella, destaca la sucesión de conodontos lochkovienses, que ha sido crucial para el establecimiento de la primera correlación intercontinental con el Lochkoviense del oeste de Norteamérica, principalmente con Nevada Central y el territorio del Yukón (Valenzuela-Ríos, 1994b; Valenzuela-Ríos y Murphy, 1997; Murphy y Valenzuela-Ríos, 1999) y para la elaboración de la primera propuesta de subdivisión del Piso Lochkoviense en tres partes (inferior, medio y superior) basada en conodontos (Valenzuela-Ríos y Murphy, 1997). Recientemente, la correlación detallada con las sucesiones del Sinclinal de Praga ha permitido la elaboración de una zonación estándar para el Lochkoviense medio y superior (Valenzuela-Ríos *et al.*, 2015). Todos estos trabajos junto con los desarrollados recientemente en el Sinclinal de Praga (Slavík, 2011; Slavík *et al.*, 2012) y en los Alpes Cárnicos (Corradini y Corriga, 2012) ponen de manifiesto las dificultades para encontrar un índice aceptable para la definición de la base del Lochkoviense medio. Por ello es necesario acometer

estudios detallados en sucesiones que comprendan el tránsito entre el Lochkoviense inferior y medio. El propósito de este trabajo es analizar una nueva sucesión de estratos, recientemente expuesta en el área de Segre, que contiene conodontos del Lochkoviense inferior y medio y evaluar su potencial para las futuras discusiones en la elección del indicador bioestratigráfico de la base del Lochkoviense medio.

MATERIAL Y MÉTODOS

Los trabajos de infraestructura viaria en la carretera N-260 han expuesto una serie de materiales devónicos, que corresponden a la sección Segre 5. Esta sección consiste de unos 6 m de calizas, lutitas y lutitas calcáreas de colores negros en la parte inferior y grises en la superior. En los 3,5 m inferiores dominan las lutitas negras con delgadas capas y lentejones de caliza, mientras que en la parte superior dominan los bancos decimétricos de caliza con delgadas intercalaciones de lutitas (1-3 cm).

RESULTADOS

La muestra más inferior corresponde a la capa 2 y contiene numerosos ejemplares de *Ancyrodelloides carlsi* junto con fragmentos de *Icriodus*. La secuencia de conodontos continúa con registros relevantes de *Lanea* en la capa 10, *L. eoeleanorae* en la capa 17, *A. transitans* y *Flajsella schulzei* en el estrato 25C y *A. transitans* en la muestra más superior (banco 27)

DISCUSIÓN

La sucesión de registros brevemente descrita anteriormente indicaría que las capas inferiores corresponderían al Lochkoviense inferior según la propuesta de Valenzuela-Ríos y Murphy (1997). Según la interpretación filogenética de Murphy y Valenzuela-Ríos (1999) *L. eoeleanorae* es el descendiente de *L. omoalpha*, que a su vez es el indicador bioestratigráfico de la base del Lochkoviense medio (Valenzuela-Ríos y Murphy, 1997). Por tanto, el registro de *L. eoeleanorae* en la capa 17, sugiere que el Lochkoviense medio comenzaría antes de esta capa. Los registros globales de *F. schulzei* se sitúan entre las entradas de *A. transitans* y *A. trigonicus*, dos taxones relacionados filogenéticamente y que, a su vez, son los indicadores bioestratigráficos de dos zonas sucesivas. Por lo tanto la capa 25C se situaría dentro de la Zona de *A. transitans-A.trigonicus*. El registro de *A. transitans* en la capa 27, indicaría que ésta pertenece todavía a la parte superior de la Zona de *A. transitans-A.trigonicus*.

CONCLUSIONES

La sección Segre 5 contiene una rica sucessión de conodontos que permite identificar las zonas de *A. carlsi-L. omoalpha* en el Lochkoviense inferior y *L. omoalpha-A. transitans* y *A. transitans-A. trigonicus* en el Lochkoviense medio. Por tanto, es posible estudiar con cierto detalle el tránsito entre el Lochkoviense inferior y medio en esta sección. Se registra por primera vez *F. schulzei* en los afloramientos devónicos del área de Segre.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo económico del Proyecto CGL2011-24775 del MINECO y al programa Salvador de Madariaga (JIVR) del MECD. Representa una contribución al PICG-UNESCO 596. Sofie Gouwy, Jian-Feng Lu y Kristina Djukic ayudaron en algunas de las campañas de campo.

REFERENCIAS

Corradini, C. and Corriga, M.G. 2012. A Prídolí-Lochkovian conodont zonation in Sardinia and the Carnic Alps: implications for a global zonation scheme. *Bulletin of Geosciences*, 87 (4), 635- 650.

Murphy, M.A. and Valenzuela-Ríos, J.I. 1999. *Lanea* new genus, lineage of Early Devonian conodonts. *Bolettino della Società Paleontologica Italiana*, 37 (2/3), 321-334.

Slavík, L. 2011. *Lanea carlsi* conodont apparatus reconstruction and its significance for subdivision of the Lochkovian. *Acta Paleontologica Polonica*, 56, 313-327.

Slavík, L., Carls, P., Hladil, H. and Koptíková, L. 2012. Subdivision of the Lochkovian Stage based on conodont faunas from the stratotype area (Prague Synform, Czech Republic). *Geological Journal*, 47, 616-631.

Valenzuela-Ríos, J.I. 1994a. Conodontos del Lochkoviense y Praguiense (Devónico Inferior) del Pirineo Central español. *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza* 5, Diputación General de Aragón, Zaragoza, 178 pp.

Valenzuela-Ríos, J.I. 1994b. The Lower Devonian conodont *Pedavis pesavis* and the *pesavis* Zone. *Lethaia*, 27 (3), 199- 207.

Valenzuela-Ríos, J.I. and Murphy, M.A. 1997. A new zonation of middle Lochkovian (Lower Devonian) conodonts and evolution of *Flajsella* n. gen. (Conodonta). In: *Paleozoic Sequence Stratigraphy and Biogeography: Studies in Honor of J. Granville ("Jess") Johnson* (G. Klapper, M.A. Murphy and J.A. Talent, eds). *Mem. Geol. Soc. Am. Special Paper*, 321, 131-144.

Valenzuela-Ríos, J.I., Slavík, L., Liao, J.-C., Calvo, H., Husková, A. and Chadimová, L. 2015. The middle and upper Lochkovian (Lower Devonian) conodont successions in key peri-Gondwana localities (Spanish Central Pyrenees and Prague Synform) and their relevance for global correlations. *Terra Nova*, 27, 409-415.

9 788491 380160

MINISTERIO
DE ECONOMÍA
Y COMPETITIVIDAD

Instituto Geológico
y Minero de España