

PUBLICACIONES DEL SEMINARIO DE PALEONTOLOGÍA DE ZARAGOZA

LOS FÓSILES Y LA PALEOGEOGRAFÍA

PINTURA: "CASA DE ALBARRACÍN. SOBRE EL JURÁSICO", POR CRISTINA GIL IMAZ

XVII Jornadas
de la Sociedad Española
de Paleontología

TEMA MONOGRÁFICO:

**Los fósiles
y la paleogeografía**

Albarracín • Teruel • España

Del 18 al 20 de octubre de 2001



VOLUMEN 5.2
2001

EDITORES

Guillermo Meléndez
Zarela Herrera
Graciela Delvene
Beatriz Azanza

AYUNTAMIENTO DE ALBARRACÍN • FUNDACIÓN CONJUNTO PALEONTOLÓGICO DE TERUEL
INSTITUTO DE ESTUDIOS TUROLENSES • UNIVERSIDAD DE ZARAGOZA

COMITÉ DE HONOR

Excelentísimo Sr. D. Marcelino Iglesias Ricou
Presidente del Gobierno de Aragón
Excelentísimo Sr. D. José Angel Biel Rivera
Vicepresidente del Gobierno de Aragón
Excelentísimo Sr. D. Felipe Pétiz Calvo
Rector Magnífico de la Universidad de Zaragoza
Excelentísimo Sr. D. Javier Callizo Soneiro
Consejero de Cultura y Turismo del Gobierno de Aragón
Excelentísimo Sr. D. Miguel Ferrer Górriz
Presidente de la Diputación Provincial de Teruel
Ilustrísima Sra. Dña. Gloria García de Miguel
Alcaldesa de Albarracín
Ilustrísimo Sr. D. Pascual Rivas Carrera
Presidente de la Sociedad Española de Paleontología
Ilustrísimo Sr. D. Joaquín de Guerrero Peyrona
Presidente de la Sociedad de Amigos del Museo Paleontológico

COMITÉ CIENTÍFICO

Dr. Jordi Agustí (Museo Paleontológico de Sabadell)
Prof. Dra. María Teresa Alberdi (Museo Nacional de Ciencias Naturales, Madrid)
Prof. Dr. Juan Carlos Braga (Universidad de Granada)
Prof. Dra. Esmeralda Caus (Universidad de Barcelona)
Prof. Dr. Jorge Cívís (Universidad de Salamanca)
Prof. Dr. Jenaro L. García-Alcalde (Universidad de Oviedo)
Dra. Eulalia Gili Foch (Universidad Autónoma de Barcelona)
Prof. Dr. José María González-Donoso (Universidad de Málaga)
Prof. Dr. Antonio Goy (Universidad Complutense de Madrid)
Prof. Dr. Marcos Lamolda (Universidad del País Vasco)
Prof. Dra. Nieves López (Universidad Complutense de Madrid)
Prof. Dr. Jordi Martinell (Universidad de Barcelona)
Dra. Isabel Rábano (Museo Geominero, Madrid)
Prof. Dr. Miquel de Renzi (Universidad de Valencia)
Prof. Dr. Luis Carlos Sánchez de Posada (Universidad de Oviedo)
Prof. Dr. José Luis Sanz (Universidad Autónoma de Madrid)
Prof. Dr. Leandro Sequeiros (Universidad de Granada)
Dr. Roberto Wagner (Jardín Botánico de Córdoba)

COMITÉ ORGANIZADOR

Presidente
Prof. Dr. Eladio Liñán
Secretaría
Dra. Gloria Cuenca
Secretaría Técnica
Lic. María Eugenia Dies
Secretaría Informática
Dra. Concepción Gonzalvo
Vocales
Miembros del Área de Paleontología
Departamento de Ciencias de la Tierra
Universidad de Zaragoza

COMITÉ EDITORIAL

Dr. Guillermo Meléndez
Dra. Zarela Herrera
Dra. Graciela Delvene
Dra. Beatriz Azanza

ENTIDADES CIENTÍFICAS PATROCINADORAS:

Sociedad Española de Paleontología
Area y Museo de Paleontología, Departamento de Ciencias de la Tierra,
Universidad de Zaragoza

INSTITUCIONES COLABORADORAS:

Universidad de Zaragoza
Comisión Nacional de Cooperación con la UNESCO
Consejería de Cultura del Gobierno de Aragón
Diputación Provincial de Teruel
Instituto de Estudios Turolenses
Ayuntamiento de Albarracín
Fundación Santa María de Albarracín
Instituto Aragonés de Fomento
Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel
Ibercaja
CAI

LISTA DE REVISORES DE ESTE VOLUMEN

G. Albanesi (Argentina)	C. Herrero (Madrid)
M ^a T. Alberdi (Madrid)	M. Hormigón (Zaragoza)
L. Alcalá (Teruel)	M. Lamolda (Bilbao)
J. Álvaro (Lille)	C. Laplana (Zaragoza)
J. A. Andrés (Zaragoza)	M ^a D. Lardiés (Zaragoza)
M. Arbizu (Oviedo)	E. Liñán (Zaragoza)
C. Arenas (Zaragoza)	N. Malchus (Barcelona)
I. Arenillas (Zaragoza)	C. Martín Closas (Barcelona)
A. Arribas (Madrid)	E. Mayoral (Huelva)
J. A. Arz (Zaragoza)	G. Meléndez (Zaragoza)
M. Aurell (Zaragoza)	I. Méndez-Bedia (Oviedo)
B. Azanza (Zaragoza)	E. Molina (Zaragoza)
M. L. Bagnoli (Pisa, Italia)	P. Montoya (Valencia)
E. Barrón (Madrid)	J. Morales (Madrid)
S. Calzada (Barcelona)	S. Moyá (Sabadell)
M ^a L. Canales (Madrid)	G. Ortega (Argentina)
J. I. Canudo (Zaragoza)	T. Palacios (Badajoz)
J. Caracuel (Alicante)	P. Palmqvist (Málaga)
A. Checa (Granada)	M. Pardo-Alonso (Valencia)
M ^a J. Comas (Madrid)	P. Peláez-Campomanes
G. Cuenca (Zaragoza)	J. Pereda (Bilbao)
G. Delvene (Zaragoza)	I. Pérez-Urresti (Zaragoza)
C. Diéguez (Madrid)	J. M. Piçarra (Portugal)
B. Díez-Ferrer (Vigo)	J. M. Pons (Barcelona)
R. Domenech (Barcelona)	F. Poyato-Ariza (Madrid)
L.V. Duarte (Coimbra)	I. Rábano (Madrid)
S. Fernández-López (Madrid)	A. Sánchez-Marco (Madrid)
M ^a T. Fernández Marrón (Madrid)	J. Sans-López (La Coruña)
J. Ferrer (Zaragoza)	A. Santos (Algarve)
J. Gallemi (Barcelona)	L. Santos (La Coruña)
J. A. Gámez (Badajoz)	J.L. Sanz (Madrid)
J. García-Alcalde (Oviedo)	J. Serra-Kiel (Barcelona)
S. García-López (Oviedo)	R. Royo (Teruel)
J. C. García-Ramos (Oviedo)	S. Rodríguez (Madrid)
J. M. García-Ruiz (Granada)	P. Ruiz Ortiz (Jaén)
M. Gayet (Lyon)	M ^a A. Sacristán (Madrid)
C. Gonzalvo (Zaragoza)	M. Soria Verde (Zaragoza)
R. Gozalo (Valencia)	F. Soto (Oviedo)
J.C. Gutiérrez-Marco (Madrid)	J. Usera (Valencia)
Z. Herrera (Zaragoza)	J. A. Vera (Granada)
	E. Villas (Zaragoza)

XVII JORNADAS DE LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE PALEONTOLOGÍA

LOS FÓSILES Y LA PALEOGEOGRAFÍA Y SIMPOSIOS DE LOS PROYECTOS DEL PROGRAMA INTERNACIONAL DE CORRELACIÓN GEOLÓGICA (UNESCO/TUGS) Nº 410 Y Nº 421

VOLUMEN II

Ayuntamiento de Albarracín
Fundación conjunto paleontológico de Teruel
Instituto de Estudios Turolenses
Universidad de Zaragoza

Albarracín • Teruel (España), 2001

Publicaciones del Seminario
de Paleontología de Zaragoza (SEPAZ)
Vol. 5 Dpto. Ciencias de la Tierra
Area de Paleontología. Universidad de Zaragoza
C/ Pedro Cerbuna 12, 5009 ZARAGOZA
Tel.: 976 76 10 76/Fax: 976 76 10 88
gmelende@posta.unizar.es

Depósito Legal: Z-2.771-01
Preimpresión: Ebro libro S. L.
Impresión: Imprenta Félix Arilla, S. L.

ISBN-84-95480-41-7

PRINTED IN SPAIN

Índice

VOLUMEN II

TEMA LIBRE	
<i>Una pista fósil perteneciente a aff. Phoebichnus en el Mioceno de Tíjola (Almería, SE de España). F. MUÑIZ, E. MAYORAL, R. G. BROMLEY, F. ALONSO Y E. GARCÍA.....</i>	361
<i>Implicações geométricas na etologia do produtor de Dictyodora tenuis (M'Coy) no Arenigiano de Barrancos (Portugal): custos e benefícios de ser um pioneiro. C. NETO DE CARVALHO.....</i>	369
<i>Génese e significado paleoambiental da associação Gastrochaenolites-Trypanites no Jurássico Superior da Bacia Lusitânica (Portugal). C. NETO DE CARVALHO E C. FARINHA</i>	379
<i>Formas compuestas de Asterosoma ludwigae Schlirf, 2000 en el Jurásico de la Cuenca Lusitánica (Portugal): análisis icnotaxonómico. C. NETO DE CARVALHO Y N. PESSOA E COSTA RODRIGUES</i>	388
<i>Cambios en la diversidad de los mamíferos sudamericanos durante el lapso Mioceno Superior-Holoceno: el caso pampeano. E. ORTIZ-JAUREGUIZAR</i>	397
<i>Taphonomic study of the bone-cracking behaviour of Pachycrocuta brevirostris (Mammalia, Carnivora, Hyaenidae) at Venta Micena. P. PALMQVIST, A. ARIBAS AND M. DE RENZI.....</i>	404
<i>Estimating palaeodiet from craniodental morphology in ancient ungulates: a multivariate approach. P. PALMQVIST, M. MENDOZA AND C. M. JANIS</i>	412
<i>La complejidad sutural en ammonites del Jurásico tardío: Restricciones morfoestructurales y marco ecológico. P. PALMQVIST, F. OLÓRIZ Y J. A. PÉREZ-CLAROS</i>	424

VII

Índice

<i>Revisão preliminar dos graptólitos silúricos portugueses de tipo «sardo».</i> J. M. PIÇARRA E J. C. GUTIÉRREZ-MARCO	434
<i>Escamas de elasmobranquios y actinoptergios del Triásico Medio de Henarejos (Cuenca, España): primeros datos.</i> P. PLASENCIA, L. MÁRQUEZ Y A. MÁRQUEZ-ALIAGA	441
<i>Dimorfismo sexual en dinosaurios saurópodos basado en la estructura sacra.</i> R. ROYO-TORRES	446
<i>Estudio paleobotánico de una formación tobácea cuaternaria en la localidad turolense de Cañizar del Olivar.</i> C. RUBIO, A. ALI, J. FERRER Y P. ROIRON	452
<i>Los cambios ambientales y la evolución de los Anchitheriinae (Perissodactyla, Equidae) durante el Mioceno en España.</i> M. J. SALESA, I. M. SÁNCHEZ Y J. MORALES	457
<i>Concentraciones de cefalópodos ligadas a interrupciones sedimentarias en el Jurásico subbético (Sur de España).</i> J. SANDOVAL Y A. CHECA... ..	464
<i>Estructuras bioerosivas de cirrípedos balanomorfos en el Mioceno Superior de Cacela (SE Portugal).</i> A. SANTOS, E. MAYORAL, F. MUÑIZ, T. BOSKI Y M. CACHÃO	474
<i>Agrupaciones sorales del helecho Weichselia reticulata en depósitos de la Formación Escucha (Albiense medio), Cordillera Ibérica Oriental, Teruel, España.</i> L. M. SENDER, J. FERRER, C. RUBIO Y J. B. DÍEZ ..	480
<i>Alteración tafonómica en Cyclammina cancellata Brady, foraminífero aglutinado de aguas profundas.</i> J. USERA, C. ALBEROLA Y J. GUILLEM	487
<i>Foraminíferos y paleoambientes cuaternarios en la Cuenca del Bajo Segura (Alicante).</i> J. USERA, A. M. BLÁZQUEZ Y C. ALBEROLA	494
<i>Organización interna de los agregados de rudistas de una plataforma carbonatada del Santoniense de la Cuenca Surpirenaica Central.</i> O. VILARDELL Y E. GILI	503
SESIÓN DEL PROYECTO PICG 410: «EL GRAN ACONTECIMIENTO DE DIVERSIFICACIÓN ORDOVÍCICA»	
<i>Presencia de los géneros Neotreta y Stilpnoretta (Braquiópodos linguliformes) en el Cámbrico Superior de la Montaña Negra, Francia.</i> C. GONZÁLEZ GÓMEZ	511

Índice

<i>Un perfil bioestratigráfico excepcional en el Ordovícico de Asturias (túnel de El Fabar, Autovía del Cantábrico): resultados preliminares.</i> J. C. GUTIÉRREZ-MARCO Y E. BERNARDEZ	521
<i>Placoparia (Trilobita, Cheirurina) en el Ordovícico de Bulgaria.</i> I. RÁBANO, V. V. SACHANSKI, J. C. GUTIÉRREZ-MARCO Y S. N. YANEV ..	529
<i>Conodontos ordovícicos de Perú (nota preliminar).</i> G. N. SARMIENTO, J. C. GUTIÉRREZ-MARCO, V. CARLOTTO, J. CÁRDENAS, L. CERPA Y H. ACOSTA	535
SESIÓN DEL PROYECTO PICG 421: «BIODINÁMICA DURANTE EL PALEOZOICO MEDIO EN GONDWANA SEPTENTRIONAL»	
<i>Braquiópodos del Emsiense superior (intervalos faunísticos 11 a 13) del Dominio Astur-Leonés (Cordillera Cantábrica, N España).</i> J. L. GARCÍA-ALCALDE	545
<i>Conodontos del Devónico Inferior de Arroyo del Pozo del Rincón (Sierra Morena).</i> J. C. LIAO, S. RODRÍGUEZ Y J. I. VALENZUELA-RÍOS ..	551
<i>Alveolítidos y estromatopóridos del Devónico de Irán: consideraciones paleobiogeográficas.</i> B. MISTIAEN Y E. FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ	557
<i>El género Cyphoterorhynchus (Brachiopoda, Frasnense), en la Zona Centroibérica meridional (España).</i> M. V. PARDO	565
<i>Polygnátidos primitivos en los Pirineos; un argumento más en contra del actual límite Praguense/Emsiense (Devónico Inferior) en Zinzilbán (Uzbekistán).</i> J. I. VALENZUELA-RÍOS	571
SESIÓN SOBRE PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO	
<i>Los yacimientos de mamíferos miocenos de Concud: un ejemplo de uso y gestión integral.</i> L. ALCALÁ, M ^a D. PESQUERO Y B. SÁNCHEZ-CHILLÓN	581
<i>Fósiles de vertebrados terrestres del Cenozoico español en las colecciones del Museo Geominero (IGME, Madrid).</i> A. ARRIBAS, M ^a D. PESQUERO E I. RÁBANO	587
<i>Acciones de protección del patrimonio paleontológico realizadas en los tramos de la autovía de Levante a Francia por Aragón (Calamocha-Romanos y Escandón-Teruel, Norte).</i> S. FRAILE Y M ^a D. PESQUERO ..	594

Índice

<i>El Museo de Geología de la Universitat de València como instrumento didáctico en Paleontología. A. GARCÍA-FORNER, J. GUILLEN, M. A. MAROTO, C. MARTÍNEZ-PÉREZ, J. A. VILLENA Y A. MÁRQUEZ-ALIAGA</i>	601
<i>Problemática actual de la legislación sobre Patrimonio paleontológico en la Región de Murcia: El yacimiento de Quibas como Bien de Interés Cultural. A. INIESTA Y G. ROMERO</i>	607
<i>La colección de bivalvos del Triásico de Serra, área de Sagunto (Valencia), depositada en el Museo Geominero (IGME) Madrid. A. MARQUEZ-ALIAGA, A. GARCÍA-FORNER, G. DELVENE Y S. ROS</i>	614
<i>Revisión y reestructuración de la Colección Fósiles Extranjeros del Museo Geominero (IGME, Madrid): Mesozoico. S. MENÉNDEZ Y G. DELVENE.....</i>	621
<i>La Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel y el proyecto Dinópolis, un modelo de promoción del Patrimonio Paleontológico. R. ROYO-TORRES, A. COBOS Y J. A. ANDRÉS.....</i>	627
VI EDICIÓN DEL AULA DE INFORMÁTICA	
<i>Modelización digital de macroinvertebrados fósiles con escáner 3D. J. E. CARACUEL, J. CARDENAL, J. DELGADO Y M. BOIX</i>	637
<i>Sistemas fotogramétricos automatizados para la obtención de medidas y visualización de grandes restos fósiles. J. CARDENAL, J. DELGADO, J. E. CARACUEL Y L. ORDOÑO</i>	643
<i>Construcción de material didáctico y de evaluación accesible en red: Herramientas del conjunto «hot potatoes» aplicadas a asignaturas paleontológicas. M. V. PARDO</i>	649

TEMA LIBRE
(CONTINUACIÓN)

Una pista fósil perteneciente a aff. *Phoebichnus* en el Mioceno de Tíjola (Almería, SE de España)

F. MUÑIZ¹, E. MAYORAL¹, R. G. BROMLEY², F. ALONSO¹ Y E. GARCÍA¹

Abstract *Phoebichnus* is an ichnogenus only recorded in pre-Cretaceous rocks. In this work, a trace fossil with similar features to *Phoebichnus* is presented from the Upper Miocene at Tíjola, Corredor del Almanzora, Almería, SE of Spain. It consists of long, horizontal, cylindrical, meniscate burrows radiating from a central shaft.

Key words: *Phoebichnus*, Upper Miocene, Tíjola, Almería, SE Spain.

Palabras claves: *Phoebichnus*, Mioceno superior, Tíjola, Almería, SE de España.

Introducción

El icnogénero *Phoebichnus* (Bromley and Asgaard, 1972) se define como una estructura formada por un fuste central rodeado por madri-

¹ Departamento de Geodinámica y Paleontología, Facultad de Ciencias Experimentales, Universidad de Huelva, 21819, Palos de la Frontera, Huelva, España. fmgui-nea@uhu.es.

² Geological Institute, University of Copenhagen, DK-1350, Dinamarca. ru-llard@geo.geol.ku.dk.

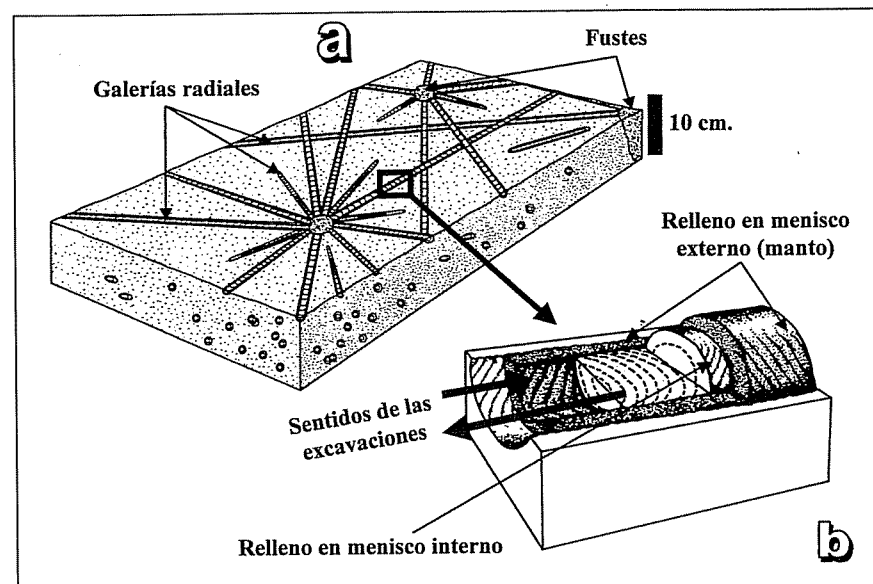


Figura 1. a: Esquema general de *Phoebichnus* (tomado de Dam, 1990, fig. 24, p. 242). b: Detalle de una madriguera radial, donde se muestra los dos tipos de relleno en menisco (modificado de Bromley y Mørk, 2000, fig. 6, p. 1437).

gueras de sección circular, rectas a inclinadas y dispuestas radialmente (Fig. 1a). Estas galerías radiales presentan un relleno complejo con un menisco doble (Fig. 1b). *Phoebichnus* no se ha encontrado en rocas post-mesozoicas, ya que su dispersión bioestratigráfica abarca desde el Jurásico hasta el Cretácico (Bromley y Mørk, 2000). En este sentido, el interés de la presente comunicación radica en dar a conocer y discutir sobre la presencia de una pista fósil con características afines a *Phoebichnus*, encontradas en la Unidad de Margas amarillas con intercalaciones de areniscas del Mioceno superior de Tíjola en Almería, SE de España (Guerra Merchán, 1992) dentro de la Cuenca Neógena del Corredor del Almanzora (Fig. 2).

El icnogénero *phoebichnus*: observaciones

Este icnogénero, presenta, hasta la fecha, una única icnoespecie, denominada *Phoebichnus trochoides* (Bromley y Asgaard, 1972). Ésta presenta

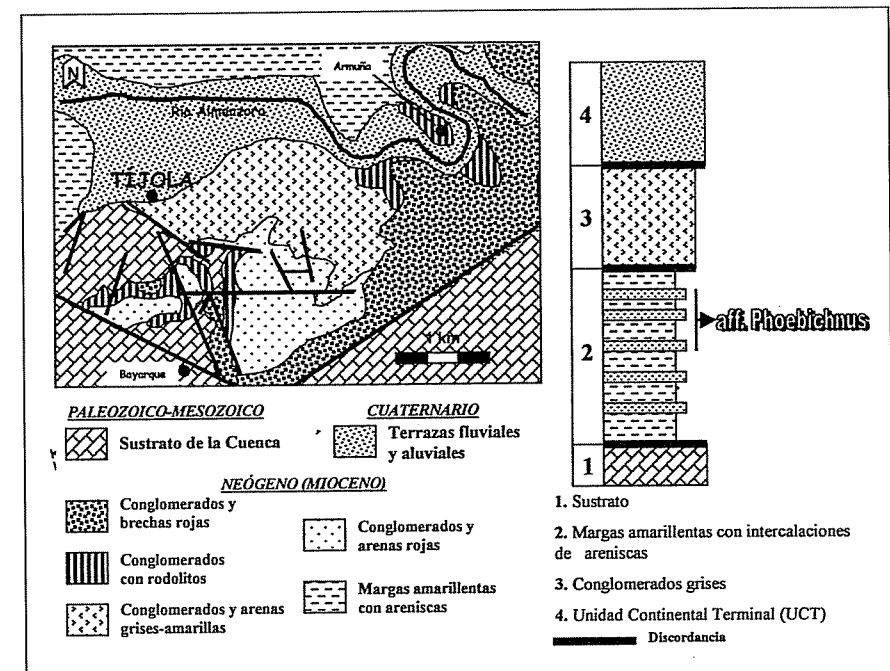


Figura 2. Contexto geológico y Columna estratigráfica del área de Tíjola, provincia de Almería, SE de España (adaptado de Guerra Merchán, 1992, fig. 31, p. 89 y fig. 42, p.116).

unas madrigueras horizontales radiales que llegan a alcanzar hasta 100 cm de longitud desde el fuste central y suelen conservarse como relieves completos. Desde el punto de vista paleoetológico *Phoebichnus* se interpreta como una pista realizada para la búsqueda de alimento. En este sentido, las orientaciones contrarias que presenta el relleno en menisco en las madrigueras horizontales radiales indica dos direcciones opuestas de movimiento (explotación del sedimento): el menisco convexo hacia el fuste en el manto exterior (Fig. 1b), señala una explotación por parte del organismo hacia afuera, mientras que el relleno cóncavo (hacia el fuste) en la parte central marca el regreso de este hacia el fuste. Este comportamiento se realiza repetidas veces hasta completar una estructura totalmente radial (Fig. 1a). *Phoebichnus* está referenciado como un indicador de condiciones ambientales de baja-moderada energía, baja tasa de sedimentación y un alto contenido de materia orgánica en el sedimento. En

cuanto a su afinidad biológica, Bromley y Mørk (2000) indican similitudes con algunas pistas actuales realizadas por anélidos equiuros.

Material estudiado

Descripción: se trata de una estructura que consta de un fuste (Lám. 1a-b) perpendicular a la estratificación, de sección transversal circular y de 2,4 cm de diámetro; de su extremo superior parten con trayectoria recta y disposición radial madrigueras horizontales-subhorizontales respecto al plano de estratificación. En sección transversal son circulares (1,4 cm de diámetro) y con una longitud máxima observada de 17,5 cm. El relleno del fuste es pasivo y de igual litología que la roca encajante, mientras que las madrigueras radiales sólo presentan un relleno en menisco, con la concavidad hacia el fuste (Lám. 1c). Las madrigueras horizontales radiales se conservan como relieves completos.

Discusión

Las características morfológicas que presenta la pista fósil estudiada: presencia de un fuste rodeado por madrigueras horizontales a inclinadas, dispuestas radialmente y con un relleno en menisco, permiten atribuirle al icnogénero *Phoebichnus*. No obstante, se ha preferido establecer su asignación como *aff. Phoebichnus* porque sólo se posee un ejemplar, a la espera de recolectar un mayor número de muestras.

La discusión que se puede establecer entre nuestro material y el descrito en la bibliografía es teniendo en cuenta el valor de los principales parámetros morfológicos observados (Tabla 1): el diámetro del fuste y la longitud y anchura de las madrigueras radiales; pero es importante recordar que el tamaño en las pistas fósiles no es un rasgo morfológico válido para icnotaxonomía (Bromley, 1990). Al margen de esta consideración esencial, los valores obtenidos, encajan satisfactoriamente en los intervalos de valores de cada parámetro obtenidos de la bibliografía (ver Tabla 1). Únicamente, la longitud de las madrigueras radiales (17,5 cm) difieren considerablemente del material conocido hasta la fecha, encontrándose las mayores similitudes con el material Jurásico descrito por Bromley y Mørk (2000).

AUTORES	Bromley and Asgaard (1972)	Dam (1990)	Frey and Howard (1990)	Bromley and Mørk (2000)	En este trabajo
ICNOESPECIE	<i>Phoebichnus trochoides</i>	<i>Phoebichnus trochoides</i>	<i>Phoebichnus isp.</i>	<i>Phoebichnus trochoides</i>	<i>aff. Phoebichnus</i>
UNIDAD ESTRATIGRÁFICA	Fm. Vordeløff	Fm. Neill	Fm. Blackhawk	Subgrupo Wihelmøya	Unid. de margas
LOCALIDAD	Groenlandia	Klinter Groenlandia	Utah EE.UU.	Groenlandia	Almería España
EDAD	Jurásico Medio	Jurásico Inferior	Jurásico Inferior	Jurásico	Mioceno Superior
INTERVALO DE VALORES Min.-Máx. (cm)					
Diámetro Fuste (cm)	2-9	5-8	9	2-3	2,4
Longitud Galerías Rad. (cm)	100	>40	45	20	17,5
Anchura Galerías Rad. (cm)	1-1,5	1,5	1-2	0,5-1,5	1,4

Tabla 1. Valores de los parámetros morfológico observados hasta la fecha en *Phoebichnus*, comparados con los del material descrito en este trabajo.

Por otro lado, en nuestro material, el relleno en menisco externo correspondiente al manto de las madrigueras horizontales radiales (Fig. 1b) está ausente. Este hecho se explicaría atendiendo al modelo general de construcción de *Phoebichnus* expuesto por Bromley y Mørk (2000) donde este relleno no tiene por qué estar presente, ya que puede ser destruido total o parcialmente por el relleno en menisco interno que produce el organismo en su etapa de regreso hacia el fuste (el sentido del movimiento siempre es a favor de la concavidad del menisco). Por último, la recolección de dos muestras de mano que contienen estructuras con un relleno en menisco mal conservado, que pudieran corresponder a tramos aislados de las madrigueras radiales, podría llevar a confundir estas galerías con el icnogénero *Taenidium* Heer, que se define como: galerías no ramificadas, de trayectoria recta o sinuosa, con un relleno característico en menisco; en el ejemplar de estudiado la conexión indudable de las madrigueras horizontales radiales con el fuste es suficientemente diagnóstica como para diferenciarla de *Taenidium*.

Conclusiones

A partir del estudio de las características morfológicas de una pista fósil: presencia de un fuste rodeado por madrigueras horizontales a inclinadas con disposición radial, encontrada en las margas con areniscas marinas del Mioceno superior de Tíjola (Almería, SE de España) ha permitido atribuirle como *afin* al icnogénero *Phoebichnus* que hasta la fecha no había sido citado en rocas post-Cretácicas.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Grupo de Investigación RNM 316 «Tectónica y Paleontología» de la Junta de Andalucía y por el Proyecto BTE2000-0584. Los autores quieren expresar su agradecimiento a «Juanma» por encontrar la muestra y cederla para su estudio.

Bibliografía

- Bromley, R. G. 1990. *Trace Fossils: Biology and Taphonomy*. U. Hyman, London, 280 pp.
- Bromley, R. G. and Asgaard, U. 1972. Notes on Greenland trace fossils. *Grønlands geologiske Undersøgelse, Rapport*, 49, 1-30.
- Bromley, R. G. and Mørk, A. 2000. The trace fossil *Phoebichnus trochoides* in the condensed Triassic-Jurassic boundary strata of Svalbard. *Zentralblatt für Geologie und Paläontologie, Teil I*, (11-12), 1431-1439.
- Dam, G. 1990. Taxonomy of trace fossils from the shallow marine Lower Jurassic Neill Klint formation, East Greenland. *Geological Society of Denmark Bulletin*, 38, 119-144.
- Frey, R. W. and Howard, H. D. 1990. Trace fossils and depositional sequences in a clastic shelf setting, Upper Cretaceous of Utah. *Journal of Paleontology*, 64 (5), 803-820.
- Guerra Merchán, A. 1992. *La Cuenca Neógena del Corredor del Almanzora*. Edinford S.A., Málaga, 237 pp.

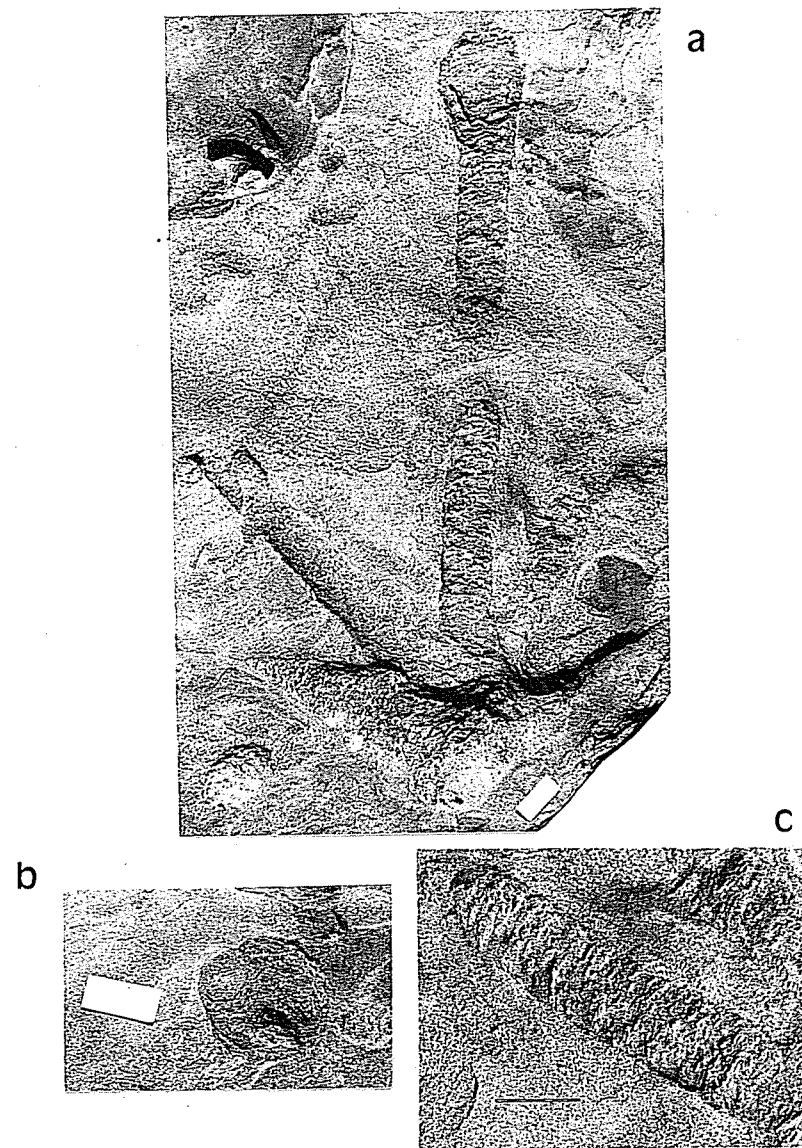


Lámina 1. a. Aff. *Phoebeichnus* (escala: 1 cm), vista superior. b. Sección del fuste (escala: 1 cm), vista inferior. c. Detalle del relleno en menisco de una madriguera radial (escala: 1 cm), vista superior.

Implicações geométricas na etologia do produtor de *Dictyodora tenuis* (M'Coy) no Arenigiano de Barrancos (Portugal): custos e benefícios de ser um pioneiro

C. NETO DE CARVALHO^{1, 2}

Abstract Middle Ordovician *Dictyodora* from Barrancos are revised and attributed to a single ichnospecies *Dictyodora tenuis* (M'Coy). Quantitative geometric analyses are applied to measure feeding behaviour efficiency of the producer in its newly-colonized deep sea niche.

Key words: *Dictyodora tenuis*; fractal behaviour; deep-marine revolution; Ordovician; Ossa-Morena Zone.

Palabras clave: *Dictyodora tenuis*; comportamiento fractal; radiación ordovícica; Ordovícico; Zona de Ossa-Morena.

Introdução

As paleoicnocenoses presentes na unidade «Xistos com *Phyllocladites*» (datada do Arenigiano superior), vestígios quase únicos dos bió-

¹ Centro de Geologia da Universidade de Lisboa. Bloco C2, 5.º piso, Campo Grande, P-1700 Lisboa, Portugal.

² Grupo PALEO - Grupo de Paleontologia do Museu Nacional de História Natural. Rua da Escola Politécnica, n.º 58, P-1294 Lisboa Codex, Portugal. praedichnia@hotmail.com.

topos marinhos profundos (em acordo com, por exemplo, Seilacher, 1966 e 1974; Noblet e Lefort, 1990; Orr, 1996) presentes na Zona de Ossa-Morena durante o Ordovícico Médio, encontram-se pouco estudadas à luz dos novos conceitos da Icnologia. No entanto, são elementos fundamentais para o conhecimento ainda incipiente dos processos que levaram à colonização efectiva do meio marinho profundo na transição Câmbrico-Ordovícico, podendo ter ainda implicações nos modelos actuais de evolução comportamental. Esta icnofauna moderadamente diversificada e pontualmente abundante, presente em sequência turbidítica distal aflorante na Pedreira do Mestre André (Barrancos, SE de Portugal), é essencialmente pré-deposicional e dominada por *Dictyodora tenuis* (M'Coy) e *Gordia* aff. *marina* Emmons. O presente trabalho promove uma abordagem quantitativa à etologia intrínseca nesta icnoespécie, revendo e levantando considerações sobre o seu produtor e o modo como este terá adaptado a sua conduta inata a um nicho fundamental então recém-colonizado.

Análise geométrica

CÁLCULO DA DEFORMAÇÃO. Para se proceder à quantificação dos programas comportamentais assumidos nos icnofósseis em rochas tectonizadas, como neste caso, é necessário previamente estimar a deformação finita. Na análise da deformação bidimensional (ao longo dos planos de estratificação/xistosidade) em *Dictyodora* empregaram-se as formas elípticas e orientadas de *Gordia* aff. *marina* Emmons presentes nos mesmos níveis, originalmente com um padrão rabiscado circular e sem contrastes de competência com a matriz. Segundo Ramsay e Huber (1997), a deformação leva à orientação e concentração de linhas na direcção de máxima extensão. Quaisquer dois raios com um ângulo inicial ϕ são orientados em relação ao eixo maior da elipse de deformação segundo um ângulo ϕ' . As relações entre ϕ e ϕ' dependem unicamente da elipticidade (R). A medida directa da excentricidade da elipse de deformação em *Gordia* recorre à determinação do declive da recta de regressão linear (Fig. 1a).

Análise da sinuosidade geométrica

Após a reconstituição gráfica informatizada da sua morfologia original, as 13 amostras de *Dictyodora tenuis* (M'Coy) utilizadas para o cálculo

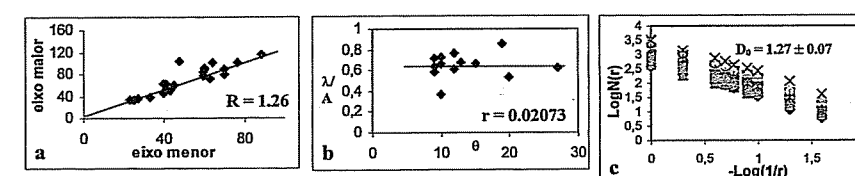


Fig. 1. a - Determinação da razão axial da elipse de deformação finita na Pedreira do Mestre André com recurso a marcadores de deformação passivos inicialmente circulares (*Gordia* aff. *marina* Emmons), para a reconstituição da geometria de *Dictyodora tenuis* (M'Coy). b - Relação entre a razão λ/A e q expresso pela recta de regressão linear traduz a biomecânica de progressão no substrato pelo produtor de *Dictyodora tenuis* (M'Coy). c - Dimensão fractal de capacidade calculada pelo método *box-counting* para *Dictyodora tenuis* (M'Coy), a qual permite quantificar a eficiência na obtenção de alimento pelo seu produtor.

da dimensão fractal foram submetidas a uma análise da regularidade e sinuosidade geométricas (Fig. 1b). Os valores do comprimento de onda (λ), da amplitude (A) e do ângulo entre assíptotas (q) foram registados para cada espécime segundo o método descrito em Elliott (1985).

Determinação da dimensão fractal

Muitos icnofósseis exibem uma geometria fractal de auto-similaridade estatística para uma vasta gama de escalas. Estas propriedades fractais resultam da convergência evolutiva de um comportamento para um atractor estranho - um conjunto de regras de conduta que ocupa apenas uma área restrita no espaço de soluções (ecossistema). Desta forma, o cálculo da dimensão fractal em Icnologia tem como principal vantagem a quantificação do ecospaço ocupado pelo padrão comportamental de um organismo, providenciando informação numérica objectiva para análises etológicas e icnotaxonómicas. Não obstante, a sua utilização tem sido esporádica (Jeong e Ekdale, 1996; Gibert *et al.* 1999). Para *Dictyodora tenuis* (M'Coy) é apropriado o método de *box-counting* para a estimação da dimensão fractal de Capacidade D_0 (*sensu* Goltz, 1997), para o qual se recorreu ao algoritmo, metodologias e precauções descritos por Gonzato (1998). As fotografias digitalizadas dos 13 espécimes agora indeformados são cobertas por malhas de lado r . Para cada dimensão r , conta-se o número de quadrados $N(r)$ contendo um

elemento de *Dictyodora*. A linearidade do gráfico $\log N(r)$ vs $\log(1/r)$ indica a natureza fractal das estruturas e o declive da recta de regressão corresponde à sua dimensão fractal (Fig. 1c).

Discussão

Pela análise dos icnofósseis conclui-se que o produtor de *Dictyodora tenuis* (M'Coy) deveria ser um protostomado com um corpo vermiforme de diâmetro até 5mm, possuindo uma musculatura apropriada à penetração em substratos brandos (presença de um *spreite* terminal), sistema nervoso e órgãos sensoriais especializados (*Dictyodora tenuis* (M'Coy) é um *pascichnion*). A parede (*vide* Est. 2b) corresponde ao avanço de órgão flexível afilado e ciliado, possivelmente de respiração (Benton, 1982). Seilacher-Drexler e Seilacher (1999) sugerem moluscos, como os Aplacophora ou halkerídeos endobentónicos, como os produtores de *Psammichnites* e *Dictyodora*. Fósseis de Halkeriida e de Machaeridia epibentónicos foram identificados em ambientes transrecifais no Ovetiano inferior da Zona de Ossa-Morena (Remolar, 1999) e em fácies de plataforma distal no Dobrotiviano da Formação Valongo (Gutiérrez-Marco *et al.*, 2000), respectivamente. Para além destes, a morfologia e o modo de vida interpretados (ver abaixo) parecem adequar-se a espécies actuais pertencentes aos Caudofoveata, um grupo de moluscos primitivo com um habitat restrito aos meios intertidal e de talude/abissal. A baixa razão λ/A , mantendo-se constante ($r = 0.02$) independentemente do ângulo entre assíptotas, implica um aumento da resistência friccional à progressão por decréscimo do conteúdo em água no substrato (Elliott, 1985). A presença frequente de *wrinkle structures* nos planos de estratificação indica que a interface água-sedimento seria coesa por um biofilme quimiossintético, abaixo da qual o produtor de *Dictyodora* exploraria matéria orgânica não oxidada (*undermat miner*), mantendo-se em contacto com o ambiente disaeróbio acima do fundo através de um tubo respiratório.

A relativamente elevada icnodiversidade patente na unidade «Xistos com *Phyllocytes*» pelos estudos em progresso corrobora uma radiação ordovícica da diversidade comportamental no oceano profundo (*e.g.*, Crimes, 1974; Bottjer e Droser, 1994; Orr, 1996). Esta terá resultado da diversificação das comunidades bentónicas litorais e do incremento das interações bióticas em níveis de ocupação do substrato cada vez mais profundos. Certos saprófagos sub-superficiais e com programas básicos

de busca de alimento adaptados à abundância nutricional dos meios de plataforma (como no caso do produtor de *Dictyodora tenuis* (M'Coy) deduzido a partir da análise geométrica elaborada neste trabalho) foram forçados a sobreviver em ecotonos cada vez mais distais e a colonizar os nichos marinhos de maior profundidade. Disto é evidência a baixa eficiência (razão entre as necessidades metabólicas e a disponibilidade energética) obtida pelo cálculo da dimensão fractal ($D_0 = 1.27 \pm 0.07$); a baixa correlação entre l e A ($CC = 0.55$) traduz um padrão geométrico relativamente pouco recorrente para *Dictyodora tenuis* (M'Coy), o que demonstra que a desobediência à conduta inata para explorar os dispersos recursos do ambiente (Est. 2a) foi requerida como estratégia de sobrevivência nestes meios recém-colonizados. O incremento da profundidade de bioturbação no substrato marinho profundo durante o Paleozóico levará o produtor de *Dictyodora* à adopção de complexos comportamentos de alimentação em espirais apertadas em detrimento do básico programa meândrico flexível patente ainda até ao Silúrico (Benton, 1982).

ICNOLOGIA SISTEMÁTICA

Dictyodora tenuis (M'Coy, 1851) (Est. 1, 1a-d; Est. 2, 2a-b)

- 1910 - *Myrianites andrei* Delgado, 1910. Delgado, p. 32-33; est. 32, fig. 1.
- 1910 - *Myrianites lorioli* Delgado, 1910. Delgado, p. 33-34; est. 30.
- 1910 - *Myrianites* sp. Delgado, p. 39-41; est. 25, fig. 10; est. 31, figs. 2, 3, 5 e 6; est. 32, figs. 2 e 3; est. 33, figs. 2 e 4.
- 1910 - *Myrianites?* Delgado, p. 41; est. 32, fig. 4; est. 33, fig. 4.
- 1967 - aff. «*Miryanites* e *Crossopodia*». Perdígão, p. 56; est. 1, fig. 1.
- 1969 - *Dictyodora*. Raup e Seilacher, p. 995; fig. 1a.
- 1851 - *Myrianites tenuis* M'Coy, 1851. M'Coy, p. 130; est. 1D, fig. 13.
- 1910 - *Myrianites tenuis* M'Coy, 1851. Nery Delgado, p. 38; est. 40, figs. 1, 3 e 5.
- 1980 - *Dictyodora tenuis* (M'Coy, 1851). Benton e Trewin, p. 508.

Material: Coleções do Museu Geológico do Instituto Geológico e Mineiro (MGIGM), espécimes 5944, 5945, 5947, 5948, 5951 a 5953, 5956, 5957 e 13157. Numerosas observações de campo na Pedreira do Mestre André (Barrancos).

Descrição. Estruturas laminares tridimensionais (Est. 2b), dispostas perpendicular ou obliquamente ao plano de camada, com 1 a 3 ordens de meandros muito irregulares característicos podendo, contudo, desenvolver largas extensões aproximadamente rectas, largas circunferên-

cias, intersecções e espirais, observadas quase exclusivamente em *cleavage relief*. Nas formas mais finas, filiformes (Est. 1a), muito mais abundantes, nota-se a presença de *spreite* terminal, mais grosseiro e menos micáceo que a matriz, com segmentação regular sub-milimétrica. Quando visto em secções oblíquas, o *spreite* é finamente laminar, recurvado, formando uma parede. O grau de irregularidade desta estrutura é dado pela sua dimensão fractal ($D_0 = 1.27 \pm 0.07$). A galeria basal, no dorso da qual se encontra ligada a parede anteriormente descrita, é muito mais larga e a sua ocorrência é mais rara, reflexo da irregularidade da laminação do sedimento (Est. 1d). As dimensões destas formas vão de 0.5 a 5mm de largura, em profundidade, consoante o nível estratinómico observado.

Discussão. As «espécies» descritas por Nery Delgado são variantes preservacionais de uma única icnoespécie, *Dictyodora tenuis* (M'Coy), facto que é muito comum em *Dictyodora* (Benton, 1982). Com efeito, o número de ordens de meandros e o seu grau de sinuosidade dependem da distância à galeria basal e extensão preservada, ambas condicionadas pela irregularidade da clivagem xistenta. Estas formas diferem de *Dictyodora zimmermani* Hundt (veja-se Orr, 1996) pelo padrão sinuoso mais irregular e pela menor largura da galeria basal (5mm) e de *Dictyodora scotica* (M'Coy) por possuir mais do que uma ordem de meandros e pela irregularidade; difere ainda das formas devono-carbónicas de *Dictyodora liebeana* (Geinitz) por apresentar um padrão geométrico menos complexo e mais aberto, predominantemente sinuoso. A formação de espirais largas em *Dictyodora* de Barrancos prende-se exclusivamente com uma mudança de nível estratinómico (Est. 2b) e não como forma de incrementar a eficiência na obtenção de alimento, como em *Dictyodora liebeana* (Seilacher, 1967).

Agradecimentos

O autor agradece ao Sr. Presidente da Câmara de Barrancos, o Dr. António Tereno, pela permissão para a realização do trabalho de campo na Pedreira do Mestre André bem como ao Sr. Marcelino Veríssimo e aos trabalhadores da pedreira, pelas facilidades concedidas; ao Instituto Geológico e Mineiro, nas pessoas do Professor Miguel Ramalho e do Dr. José Brandão, pela permissão para análise das colecções de Nery Delgado e demais facilidades; ao Professor Adolf Seilacher (Universität Tübingen e Yale University) as profícuas discussões no campo e em Tübingen sobre os icnofósseis de Barrancos; a Joana Ramos (Escola

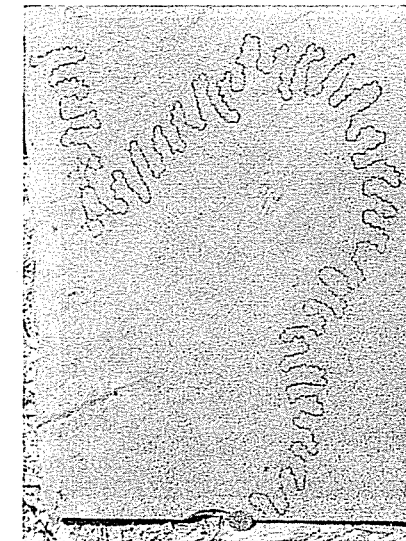
Secundária Ramada) e Sérgio Saltão, pela colaboração nos trabalhos de campo; a Carlos Farinha, pela representação de *Dictyodora tenuis*; a Mário Cachão (Universidade de Lisboa) pelo apoio incessante. Este trabalho beneficiou parcialmente de apoio financeiro do Centro de Geologia da Universidade de Lisboa.

Bibliografia

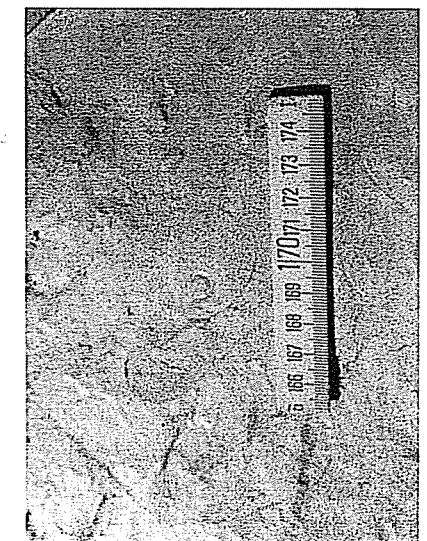
- Benton, M. J. 1982. *Dictyodora* and associated trace fossils from the Palaeozoic of Thuringia. *Lethaia*, **15**, 115-132.
- Benton, M. J. and Trewin, N. H. 1980. *Dictyodora* from the Silurian of Peebleshire, Scotland. *Palaeontology*, **23** (3), 501-513.
- Botjter, D. J. and Droser, M. L. 1994. The history of Phanerozoic bioturbation. In: *The Palaeobiology of Trace Fossils* (Ed. S. K. Donovan). The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 155-176.
- Crimes, T. P. 1974. Colonization of the early ocean floor. *Nature*, **248**, 328-330.
- Delgado, J. F. N. 1910. *Terrains Paléozoïques du Portugal. Étude sur les fossiles des schistes à Nérêites de San Domingos et des schistes à Nérêites et à Graptolites de Barrancos (o.p.)*. Mémoire de la Commission du Service Géologique du Portugal, Lisboa, 68 pp.
- Elliott, R. E. 1985. An interpretation of the trace fossil *Cochlichnus kochi* (Ludwig) from the East Pennine Coalfield of Britain. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society*, **45** (3), 183-187.
- Gibert, J. M., Jeong, K. and Martinell, J. 1999. Ethologic and ontogenic significance of the Pliocene trace fossil *Sinusichnus sinuosus* from the northwestern Mediterranean. *Lethaia*, **32**, 31-40.
- Gonzato, G. 1998. A practical implementation of the box counting algorithm. *Computers and Geosciences*, **24** (1), 95-100.
- Gutiérrez-Marco, J. C., Rábano, I., Couto, H. y Piçarra, J. M. 2000. Plumulídeos (Machaeridia) de la Formación Valongo (Ordovícico Medio, Portugal). I Congreso Ibérico de Paleontología/Simpósio do Grupo Espanhol e Ibérico PICG n.º 410, 193-194.
- Goltz, C. 1997. Fractal and Chaotic Properties of Earthquakes. *Lecture Notes in Earth Sciences*, Springer, **77**, 175 pp.
- Jeong, K. and Ekdale, A. A. 1996. Fractal dimensions of invertebrate trace fossils: applications in paleoethologic analysis of animal burrowing behavior. *Geological Society of America, Abstracts with Programs*, **28** (7), A107.

- M'Coy, F. 1851. A systematic description of the British Palaeozoic fossils in the Geological Museum of the University of Cambridge. In: *A synopsis of the classification of the British Palaeozoic rocks* (Ed. A. Sedgwick). Parker, London, 1-184.
- Noblet, C. and Lefort, J. P. 1990. Sedimentological evidence for a limited separation between Armorica and Gondwana during the Early Ordovician. *Geology*, **18**, 303-306.
- Orr, P. J. 1996. The ichnofauna of the Skiddaw Group (early Ordovician) of the Lake District, England. *Geological Magazine*, **133** (2), 193-216.
- Perdigão, J. C. 1967. Estudos geológicos na pedreira do Mestre André (Barrancos). *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, **52**, 55-65.
- Ramsay, J. G. and Huber, M. I. 1997. *The Techniques of Modern Structural Geology: Strain Analysis*. Academic Press, Oxford, 307 pp.
- Raup, D. M. and Seilacher, A. 1969. Fossil Foraging Behavior: Computer Simulation. *Science*, **166**, 994-995.
- Remolar, D. C. F. 1999. *Estudio Paleontológico de Taxones Problemáticos del Cámbrico de Sierra Morena*. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias Geológicas de la Universidad Complutense de Madrid.
- Seilacher, A. 1966. Tektonischer, sedimentologischer oder biologischer Flysch?. *Geologische Rundschau*, **56**: 189-200.
- Seilacher, A. 1967. Fossil behavior. *Scientific American*, **217** (2), 72-80.
- Seilacher, A. (1974). Flysch trace fossils: Evolution of behavioural diversity in the deep-sea. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, **4**, 233-245.
- Seilacher-Drexler, E. and Seilacher, A. 1999. Undertraces of Sea Pens and Moon Snails and possible fossil counterparts. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, **214**, 195-210.

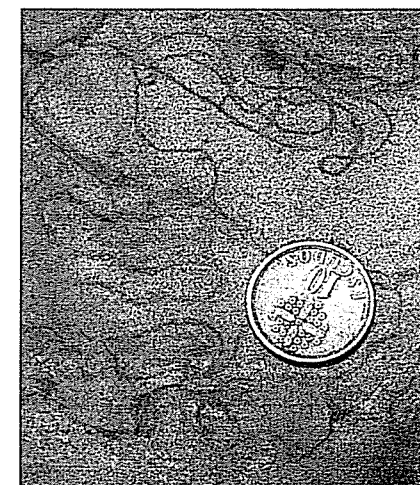
Estampa 1. *Dictyodora tenuis* (M'Coy) do Arenigiano da Formação Barrancos. a - Laje actualmente no Mus. Geol. Paläont. Tübingen. Grande *Dictyodora tenuis* (M'Coy) (marca do órgão-parede) desenvolvendo 3 ordens de meandros, reflexo de um programa alimentar energeticamente pouco eficiente; escala = 31mm. b - Mudança de nível estratinômico em *Dictyodora* através da formação de uma espiral (com reconstituição). c - Alteração do programa meândrico para outro de sobreposições e intersecções em laço; escala = 23mm. d - MGIGM13157. Galeria basal; escala = 10mm.



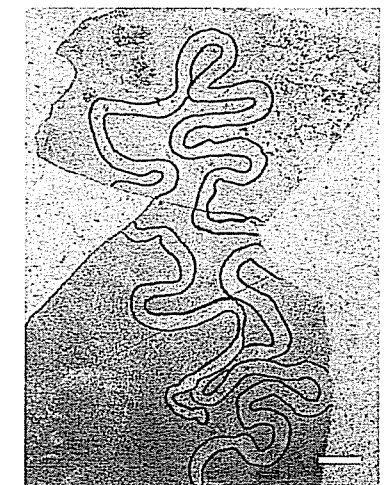
1a



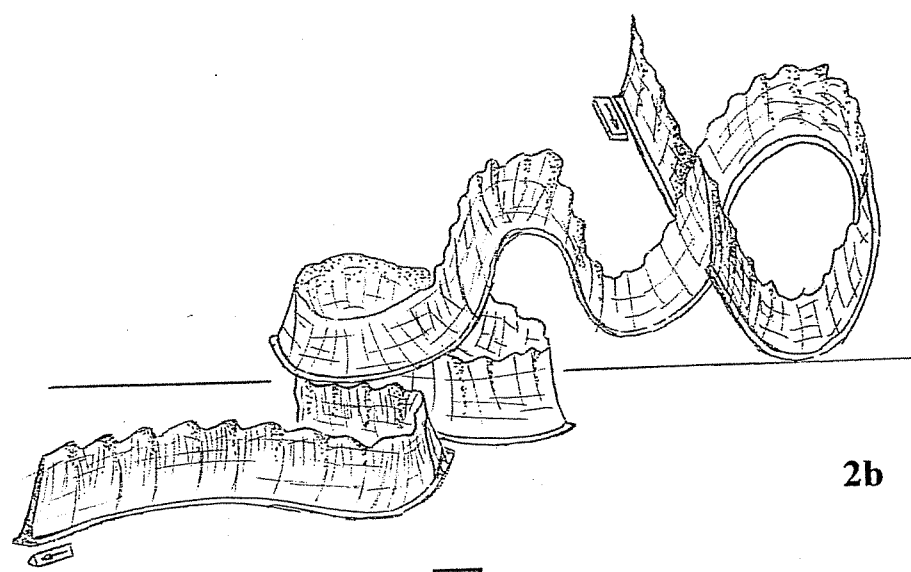
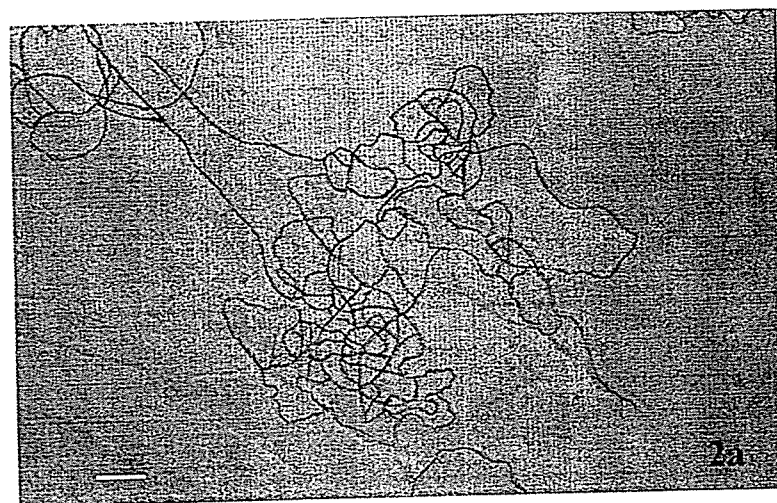
1b



1c



1d



Estampa 2. a - MGIGM4895. Exploração de *clusters* de matéria orgânica pelo produtor de *Dictyodora tenuis* (M'Coy). O elevado número de sobreposições e o espaço não utilizado ($D_0 = 1.37$) revelam uma má gestão dos parques recursos tróficos do meio marinho profundo; escala = 10mm. b - Reconstituição composta de *Dictyodora tenuis* (M'Coy). As setas dão o sentido de deslocação; escala = 1mm.

Génese e significado paleoambiental da associação *Gastrochaenolites-Trypanites* no Jurássico Superior da Bacia Lusitânica (Portugal)

C. NETO DE CARVALHO¹, e C. FARINHA²

Abstract: It is described the dynamical mechanisms responsible for an olisthostrome generation in the Lusitanian Basin during the Late Jurassic, the same that allowed the colonization of these exotic niches by the *Gastrochaenolites-Trypanites* lithobiont producers within the ichnofacies *Entobia* and its evolution through their replacement by epilithic and cryptoendolithic communities.

Key words: *Gastrochaenolites ornatus*, *Trypanites* isp., Biogeodynamics, Upper Jurassic, Lusitanian Basin.

Palabras clave: *Gastrochaenolites ornatus*, *Trypanites* isp., Biogeodinâmica, Jurássico Superior, Cuenca Lusitânica.

Introdução

Os modernos estudos de bioerosão em Portugal são escassos e remetem-se quase exclusivamente à identificação das estruturas de bioerosão

¹ Centro de Geologia da Universidade de Lisboa. Bloco C2, 5º piso, Campo Grande, P-1700 Lisboa, Portugal. praedichnia@hotmail.com.

² Grupo PALEO - Grupo de Paleontologia do Museu Nacional de História Natural. Rua da Escola Politécnica, nº 58, P-1294 Lisboa Codex, Portugal.

presentes em paleosuperfícies de abrasão marinha litoturbadas durante o Neogénico (resumidos em Silva *et al.*, 1999). As superfícies de omissão perfuradas mais antigas conhecidas no registo geológico português encontram-se datadas do Cretácico inferior (Ellis, 1983). O presente trabalho, que se pretende que seja uma contribuição para o conhecimento da diversidade etológica associada às etapas de *rifting* aliadas à estruturação da Bacia Lusitânica, descreve um cenário tectono-ambiental fini-jurássico, onde se enquadra um *hardground* com litoturbação polifásica subsequentemente colonizado por comunidades epilíticas e cripto-endolíticas. Cada marca de actividade comportamental preservada resulta de um processo de adaptação que recria a provável morfologia do seu produtor.

Enquadramento estratigráfico e tectonoclimático

O segundo e mais importante episódio de *rifting* na Bacia Lusitânica deu-se durante o Kimeridgiano. Este episódio distensivo foi responsável pelo deslizamento de blocos ao longo de falhas tardi-variscas, dando origem à compartimentalização da Bacia em sub-bacias fortemente subsidentes (Leinfelder e Wilson, 1989). Na dependência dos novos relevos tectónicos (escarpas de falha), particularmente no bordo leste da sub-bacia de Arruda-dos-Vinhos ou na Falha de Vila Franca de Xira, e em clima subárido, depositou-se espessa sequência bréchio-conglomerática e arcósica (Leinfelder, 1987) em leques aluviais coalescentes passando a ambientes *fan-delta*. Esta sequência terrígena é substituída vertical e lateralmente por fácies de rampa carbonatada (Leinfelder, 1987). O afloramento estudado (Fig. 1) enquadra-se nas fácies margo-carbonatadas da unidade «Calcários de Mem Martins» (Kimeridgiano superior-Titoniano), correspondendo a uma sequência de margas argilosas biodetríticas, calcários margosos com oncóides polifásicos, por vezes pisolíticos, olistostromas e calcários bioedificados. Esta sucessão é interpretada como depósitos de rampa média proximal, na dependência de *patch-reefs* de corais e espongiários que passam, no sentido do *offshore* (para o actual W), a sedimentos biodetríticos retrabalhados por correntes de densidade durante eventos tempestíticos, a níveis condensados com oncóides polifásicos e a uma superfície de omissão com intensa litoturbação, alvo do presente trabalho. A exclusividade da sedimentação carbonatada no bordo leste da sub-bacia de Arruda-dos-Vinhos a partir do Kimeridgiano superior-Titoniano terá sido consequência de uma diminuição profunda da razão de subsidência associa-

da à degradação erosiva dos relevos tectónicos, com a progressiva retirada das fácies aluviais, assim como a um incremento da aridez para o final do Jurássico, igualmente verificado em outros pontos da Bacia Lusitânica (Azevêdo *et al.*, 2000).

Caracterização da superfície de omissão litoturbada e sua atribuição à icnofácies *Entobia*

O *hardground* estudado corresponde ao topo de olistostroma composto por olistólitos muito heterométricos, atingindo uma dimensão de até 1m, de espongiários coloniais dispostos integralmente em *biofabrics* de máxima estabilidade (i.e. invertidos; Est. 1b) e de coraliários, ambos sem abrasão ou rolamento, suportados por matriz essencialmente composta por sedimento argiloso com uma baixa razão de elementos figurados. Este nível, que chega a atingir 2m de espessura para leste, apresenta uma granotriagem negativa. Para W, o olistostroma diminui rapidamente de espessura, passando lateralmente a fácies argilo-margosa biodetrítica interpretada como sedimentos tempestíticos distais (Fig. 1; Est. 1a).

A superfície de bioerosão, embora mal preservada devido às condições de afloramento, pode ser seguida por mais de 50m. É caracterizada por densa litoturbação apenas ao nível dos olistólitos, inteiramente do-

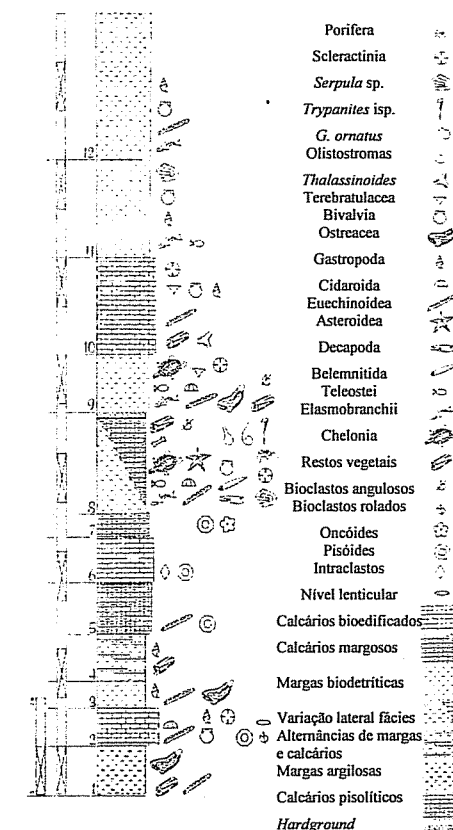


Figura 1. Sucessão de litofácies e distribuição das ocorrências de icnofósseis, fósseis e estruturas sedimentares no afloramento localizado próximo do v.g. Mato da Cruz, Alverca

minada por comunidades icnomonospecíficas de *Gastrochaenolites* Leymerie e onde é comum a presença de *Trypanites* Mägdefrau (Est. 2a; Est. 2c). A presença destes icnofósseis em *tier* protrusivo (Fig. 2), onde ocorre *Gastrochaenolites* com morfologia típica penetrando até cerca de 40mm no substrato bioclástico (Est. 2a), *Gastrochaenolites* cortados em profundidade por morfótipos similares (Est. 2b) e ostentando perfurações do tipo *Trypanites*, traduz colonizações sucessivas separadas entre si por processos erosivos, com a consequente degradação profunda do *hardground*, próprias da icnofácies *Entobia* (*sensu* Bromley, 1994). A colonização do *hardground* terá acontecido logo após a deposição gravítica dos olistólitos de espongiários e coraliários na dependência directa dos *patch-reefs*.

Um longo intervalo de paragem de sedimentação permitiu a instalação policíclica de colónias de litobiontes. O domínio franco das perfurações atribuídas a bivalves (produtores de *Gastrochaenolites*, ver abaixo) indica um ambiente infralitoral muito pouco profundo (Bromley, 1992). A diminuição do hidrodinamismo e o incremento de profundidade poderão estar entre as causas que levaram à substituição progressiva das faunas euendolíticas pela associação epilítica *Praeexogyra pustulosa-Nanogyra nana-Serpula* sp. e por bivalves (*nestlers*) cripto-endolíticos (Est. 2e). A excelente preservação dos bióglifos em *Gastrochaenolites* nos *tiers* mais profundos (Est. 2c), assim como de alguns bivalves cripto-endolíticos, de concha fina, em posição de vida, ter-se-á devido à sua rápida cobertura por margas argilosas microbiodetríticas, na influência distal de um novo evento tempestítico.

Evidências da morfologia funcional dos prováveis produtores euendolíticos

As formas bem preservadas de *Gastrochaenolites* Leymerie apresentam uma morfologia em clava típica (Est. 2a) normal ao plano de camada ou fortemente oblíqua (dependendo da posição do olistolito em relação à superfície do *hardground* ou do espaço livre existente); a abertura estreita é separada da câmara principal por um pescoço esguio ligeiramente encurvado; a câmara principal é alongada, de secção e base circulares. As paredes internas das câmaras apresentam bióglifos correspondentes a um forte serrilhado, reflexo da escultura espinhosa das valvas de um único produtor (Est. 2c-d). Esta descrição enquadra-se perfeitamente no diagnóstico de Kelly e Bromley (1984) para a icnoespécie *Gastrochaenolites ornatus* Kelly e Bromley. A inexistência de uma lineação

biogénica nas paredes da perfuração, ornamentadas por bióglifos em forma de serrilha assimétrica, indicam que o meio de bioerosão foi essencialmente mecânico. Este tipo de perfuração dá-se por raspagem sucessiva das regiões anterior e antero-ventral da concha do bivalve contra o substrato, o que implica uma ornamentação sobresspessada das valvas do produtor (Savazzi, 1994). No interior de alguns *Gastrochaenolites* ocorrem bivalves em posição de vida (Est. 2e). Contudo, tratam-se de *nestlers* e não dos produtores *in flagranti delicto*, uma vez que as suas valvas aplanadas, com costilhas concêntricas finas, não representam adaptações ao modo de vida litobionte. Assim, as evidências icnológicas e funcionais acima definidas apontam para um produtor dentro dos Pholadidae, uma vez que esta família é composta quase exclusivamente por perfuradores mecânicos, os quais apresentam uma forte escultura denticulada apontada na direcção anterior e mecanismos fisiológicos que incrementam a diversidade de movimentos das valvas (Röder, 1977 in Savazzi, 1994; Est. 2d).

Dimensões (mm)	Média	Desvio padrão	Intervalo
(N = 116)			
Diâmetro	10	4	3-21
Profundidade	12	7	1-39

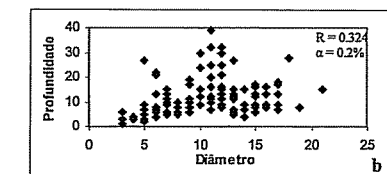


Figura 2. a - Medidas da população de *Gastrochaenolites ornatus* Kelly e Bromley do *hardground* de Mato da Cruz (unidade «Calcários de Mem Martins»). b - A baixa correlação (R) Diâmetro vs Profundidade nestes *domichnia* traduz a preservação de várias etapas da evolução do *tier* povoado por Pholadidae no processo de degradação do *hardground*.

Alguns dos *Gastrochaenolites* nos *tiers* mais profundos são cortados por *Trypanites* (após terem sido desocupados pelo produtor; est. 2a). As estruturas identificadas como *Trypanites* isp. correspondem a perfurações cilíndricas ou de secção oval, com forma levemente ondulada e abertura única. São tradicionalmente interpretadas como formas *domichnia* produzidas por anelídeos, cirrípedes, foronídeos e sipunculídeos (Pleydell Jones, 1988). No entanto, o pequeno diâmetro das perfurações (1 a 3mm) e a presença de bióglifos entrecruzados restringem a produção destes morfótipos de *Trypanites* a apenas algumas espécies de *Polychaeta* e *Sipuncula* que utilizam, pelo menos secundariamente, uma acção mecânica no processo de perfuração do substrato lítico (Bromley, 1994).

Conclusões

O término da principal fase *sin-rift* na Bacia Lusitânica durante o Kimeridgiano superior-Titoniano e o incremento das condições de aridez levaram ao desenvolvimento de fácies de rampa carbonatada nas suas áreas depocêntricas, fustigadas apenas por eventos tempestíticos. Destes resultaram as influências neríticas alodápicas (olistostromas) nas proximidades *offshore* dos *patch-reefs* espongo-corálicos. Longos períodos não deposicionais permitiram a colonização da superfície do olistostroma observado em Mato da Cruz por sucessivas associações euendolíticas de suspensívoros, como Pholadidae de espessa concha aragonítica e vermes *Polychaeta/Sipuncula*, gerando intensa litoturbação mecânica em icnofácies *Entobia*. O novo evento tempestítico que selou o *hardground* foi precedido pela instalação de associações epilíticas e cripto-endolíticas.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Sérgio Saltão a sua valiosa colaboração nos trabalhos de campo. Uma palavra de grande apreço aos revisores científicos, o Dr. J. C. García-Ramos da Universidad de Oviedo e o Dr. E. Mayoral da Universidad de Huelva, pelas sugestões para a melhor compreensão deste trabalho.

Bibliografia

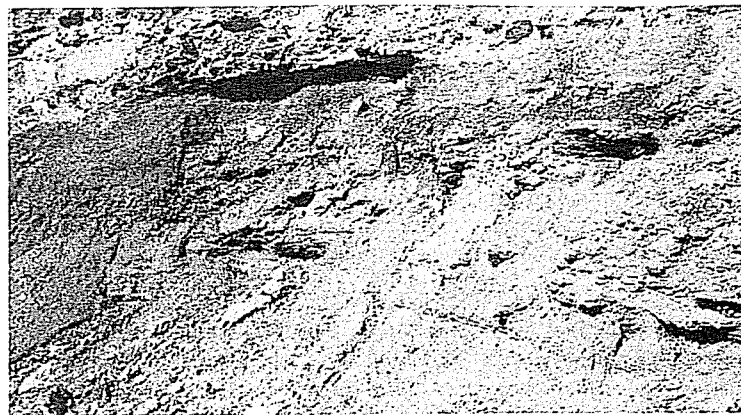
- Azevêdo, T.; Neto de Carvalho, C.; Pires, R. S. S.; Dias, N. e Cachola, N. 2000. Paleogeografia e Paleoecologia no Jurássico Superior (Kimeridgiano-Titoniano) da Cadeia de Arrábida. *Pangea' 00 - I Jornadas Ibéricas de Jovens Geólogos* (Universidade de Évora), 49-61.
- Bromley, R. G. 1992. Bioerosion: Eating Rocks for Fun and Profit. In: *Trace Fossils, Short Courses in Paleontology* (Eds. C. G. Maples and R. R. West). The Paleontological Society, 5, 121-129.
- Bromley, R. G. 1994. The palaeoecology of bioerosion. In: *The Palaeobiology of Trace Fossils* (Ed. S. K. Donovan). The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 135-154.
- Ellis, P. M. 1983. A Cretaceous Encrusted Surface on the Upper Jurassic Limestones of Monte Gordo, Vila Franca de Xira, Portugal. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 69 (1), 103-106.

Génese e significado paleoambiental da associação *Gastrochaenolites-Trypanites* no Jurássico Superior...

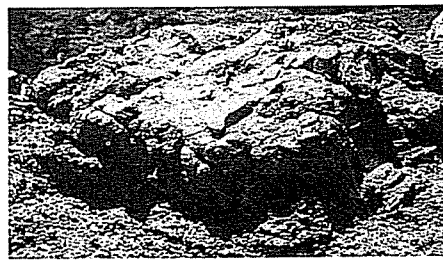
- Kelly, S. R. A. and Bromley, R. G. 1984. Ichnological nomenclature of clavate borings. *Palaeontology*, 27 (4), 793-807.
- Leinfelder, R. R. 1987. Multifactorial control of sedimentation patterns in an ocean marginal basin - The Lusitanian Basin (Portugal) during the Kimeridgian and Tithonian. *Geologische Rundschau*, 76, 599-651.
- Leinfelder, R. R. and Wilson, R. C. L. 1989. Seismic and sedimentologic features of Oxfordian-Kimmeridgian syn-rift sediments on the eastern margin of the Lusitanian Basin. *Geologische Rundschau*, 78 (1), 81-104.
- Pleydell, S. M. and Jones, B. 1988. Boring of various faunal elements in the Oligocene-Miocene Bluff Formation of Grand Cayman, British West Indies. *Journal of Paleontology*, 62 (3), 348-367.
- Savazzi, E. 1994. Functional morphology of boring and burrowing invertebrates. In: *The Palaeobiology of Trace Fossils* (Ed. S. K. Donovan). The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 43-82.
- Silva, C. M.; Cachão, M.; Martinell, J. and Domènech, R. 1999. Bioerosional evidence of rocky palaeoshores in the Neogene of Portugal: environmental and stratigraphical significance. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 45, 156-160.

Estampa 1. *Hardground* intensamente litoturbado pela associação *Gastrochaenolites ornatus-Trypanites* isp. no Jurássico superior de Mato da Cruz (Bucelas). a - Variação lateral da fácies de olistostromas para nível argilo-margoso biotetrítico cinzento-escuro; escala = 31cm. b - Exemplo dos olistólitos de espongiários invertidos sobre os quais se instalou a superfície de bioerosão; escala = 31mm. c - Idem b; escala = 25mm. d - Aspecto da superfície de omissão litoturbada por *Gastrochaenolites*; escala = 31mm.

Estampa 2. a - Secção de *Gastrochaenolites* preenchido por sedimento argilo-margoso perfurado por *Trypanites* após a sua litificação; escala = 10mm. b - Intensa degradação do *hardground* por bivalves euendolíticos levou à preservação de superfícies apenas com bases de *Gastrochaenolites*; escala = 10mm. c - Pormenor dos bióglifos presentes em *Gastrochaenolites ornatus* Kelly e Bromley perfurados por *Trypanites*; escala = 10mm. d - Representação do provável produtor (Pholadidae) de *Gastrochaenolites ornatus* Kelly e Bromley, tendo como base as características morfológicas descritas; escala = 5mm. e - Aspectos morfológicos do bivalve cripto-endolítico em posição de vida preservado no interior de *Gastrochaenolites*; escala = 10mm.



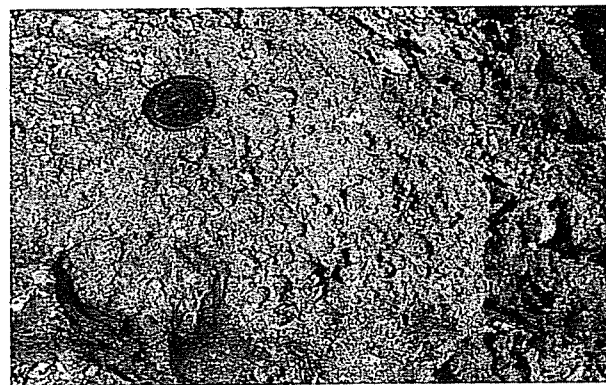
a



b



c

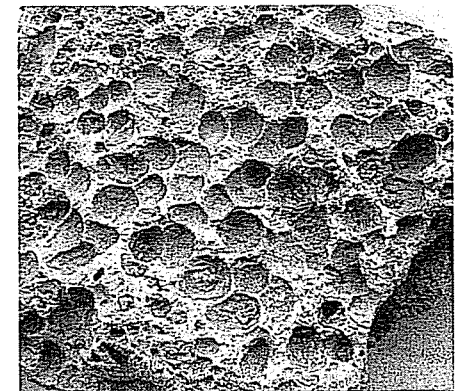


d

Estampa 1.



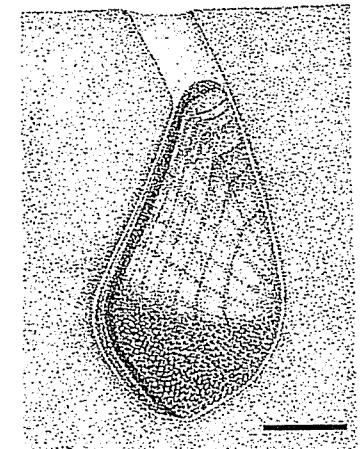
a



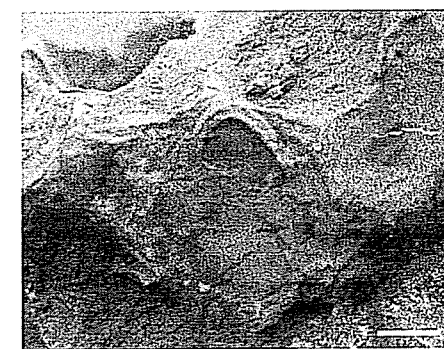
b



c



d



e

Estampa 2.

Formas compuestas de *Asterosoma ludwigae* Schlirf, 2000 en el Jurásico de la Cuenca Lusitánica (Portugal): análisis icnotaxonómico

C. NETO DE CARVALHO^{1,2} Y N. PESSOA E COSTA^{2,3}

Abstract This work describes two occurrences exceptionally well preserved of *Asterosoma ludwigae* Schlirf in the Jurassic of Lusitanian Basin (Portugal), showing morphotype interactions in three gradational stages of behavioural evolution. The diagnosis of this ichnospecies is emmended to support the morpho-ethological variability of the portuguese forms and *Grès de Châtillon* unit. Some structures previously attributed to other ichnospecies of *Asterosoma* and *Phycodes* are included in *A. ludwigae* Schlirf.

Key words: *Asterosoma ludwigae*, *Phycodes*, ichnotaxonomy; Jurassic; Lusitanian Basin.

Palabras clave: *Asterosoma ludwigae*, *Phycodes*, icnotaxonomía; Jurásico; Cuenca Lusitánica.

¹ Centro de Geologia da Universidade de Lisboa. Bloco C2, 5.º piso, Campo Grande, P-1700 Lisboa, Portugal. praedichnia@hotmail.com.

² Grupo PALEO - Grupo de Paleontologia do Museu Nacional de História Natural. Rua da Escola Politécnica, n.º 58, P-1294 Lisboa Codex, Portugal.

³ Calle Joaquín María López, n.º 70 - bajo B, 28015 Madrid, España. nuno.carla@teleline.es.

Introducción

La icnoespecie *Asterosoma ludwigae* ha sido recientemente establecida por Schlirf (2000) basándose en el material procedente de la unidad *Grès de Châtillon*, que aflora en la región de Boulonnais (N de Francia). Aunque no se pretenda discutir las relaciones morfológicas que han llevado a la denominación del *derivatio nominis* de la icnoespecie (véanse las recomendaciones en Pickerill, 1994), las icnotaxobases diagnosticadas son comparables con formas anteriormente descritas bajo diversas designaciones y otras recientemente reconocidas en unidades detríticas jurásicas, localizadas en cuencas relacionadas con el evento de *rifting* que culminó con la apertura del Atlántico Norte. El presente trabajo describe las relaciones icnotaxonómicas de los dos primeros hallazgos de *Asterosoma* en la Cuenca Lusitánica (Portugal), en los intervalos Pliensbachense inferior de Peniche (unidad «Calcários e margas de Peniche») y Kimmeridgiense superior-Tithónico del Guincho (unidad «Calcários de Mem Martins»), constituyendo patrones morfoetológicos compuestos. Para la descripción de las secuencias estratigráficas e interpretación de los ambientes deposicionales véanse Mouterde (1955) y Ramalho (1971), respectivamente; la síntesis de esta información, incorporada en nuevos análisis de carácter paleoecológico, podrá ser encontrada en Neto de Carvalho y Rodrigues (en prep.).

Icnología sistemática

En el análisis icnotaxonómico llevado a cabo se han empleado las sugerencias de Fürsich (1973) y de Pemberton y Frey (1982) de sinonimizar las formas interligadas en un único sistema, clasificándolo con base en el componente de comportamiento más asumido por los organismos que las han producido. Así, diferentes estructuras biogénicas pueden indicar distintos comportamientos del mismo individuo.

Icnogénero *Asterosoma* von Otto, 1854

ICNOESPECIE TIPO: *Asterosoma radiceforme* von Otto, 1854, p. 15; lám. 2, fig. 4; lám. 3, figs. 1-2.

DIAGNOSIS: Galerías horizontales dispuestas radialmente a partir de un tubo axial, con 3 a 9 radios bulbosos simples, pudiendo aún surgir di-

cotómicamente o en abanico en asimetría dimensional. Los bulbos, afilados en las extremidades, pueden o no poseer un relleno con laminaciones concéntricas, estando ligados por un tubo axial con una posición subcentral o excéntrica; ornamentación ausente o constituida por estrías y surcos longitudinales a subangulares (Häntzschel, 1975; Schlirf, 2000).

Asterosoma ludwigae Schlirf, 2000

(Lám. 1, 1a-d; Lám. 2, 1a-b, 2a-b)

- 1971 - *Asterosoma radiforme* von Otto, 1854. Chamberlain, p. 233; lám. 29, fig. 14.
 1997 - *Phycodes* cf. *curvipalmatum* Pollard, 1981. Jensen, p. 76-78; lám. 50; lám. 51, figs. 1-2.
 1997 - *Phycodes palmatus* (Hall, 1852). Jensen, p. 78; lám. 50; lám. 51, figs. 1-2.
 1998 - *Phycodes* isp. Schweigert, p. 13; lám. 6, fig. 1.
 1998 - *Phycodes* aff. *curvipalmatus* Pollard, 1981. Schweigert, p. 13; lám. 6, fig. 2.
 2000 - *Asterosoma ludwigae* Schlirf, 2000. Schlirf, p. 166-168; lám. 3, figs. 1-11; figs.-text. 19A-B.

MATERIAL: 1) Depositado en las colecciones del Grupo PALEO: GPMNHN729CC (Lám. 1, 1b) a GPMNHN734CC (Lám. 1, 1a); numerosas observaciones en una capa a 173m de la base de la unidad «Calcários de Mem Martins» (Kimmeridgiense superior-Tithónico). 2) Observaciones en los primeros 5m de calizas litográficas a partir de la base del Pliensbachense (capas 5a y parte inferior de la 5b de Mouterde, 1955), a 30m de la base de la unidad «Calcários e margas de Peniche».

DIAGNOSIS ENMENDADA: *Asterosoma* con bulbos rectos o curvos, afilados o achatados, que surgen de una galería axial vertical u horizontal, de sección circular, según un patrón dicotómico o en abanico. Los bulbos se encuentran bien individualizados o agrupados y presentan un relleno con laminaciones concéntricas, irregular o incluso macizo. Las extremidades de los bulbos pueden presentar digitaciones y subdigitaciones milimétricas desarrolladas entre éstas y la base de la capa suprayacente.

DESCRIPCIÓN: Es posible distinguir tres morfotipos distintos, que representan estadios etológicos graduales (*formas compuestas* de Pickerill, 1994; lám. 1, fig. 1d), en los hallazgos de conservación excepcional de *Asterosoma ludwigae* Schlirf procedentes de la unidad «Calcários de Mem Martins» (Guincho). Así, las formas más pequeñas (1^{er} estadio, Lám. 1,

1a) presentan irradiaciones cortas a partir de una galería vertical axial, a veces yuxtapuestas o incluso fundidas, que se alargan hacia la parte distal y tienden a disponerse en abanico. Estas formas presentan estrías poco marcadas (bioglifos) en toda la superficie. A lo largo de la periferia de la porción más distal se disponen numerosas digitaciones, con un diámetro de 2-5mm; aquéllas que presentan un diámetro mayor pueden igualmente ramificarse (subdigitaciones de 2mm de diámetro). Las digitaciones tienden a disminuir de espesor con la distancia al cuerpo principal y surgen siempre que las terminaciones de los bulbos no alcanzan la base de la capa calcárea suprayacente. El estadio de máxima extensión y complejidad de formas (3^{er} estadio, Lám. 1, Fig. 1c) está caracterizado tanto por el aumento del número de bulbos divergentes, organizados en 1 a 3 haces irradiantes a partir de un punto común, con un valor angular entre los conjuntos de ramificaciones de galerías de aproximadamente 30°, como por el gran alargamiento asimétrico que los haces de galerías pueden alcanzar (hasta 30 cm). A partir de una galería horizontal axial, con una anchura máxima de 12 mm, se desarrollan 4 a 6 pares de terminaciones bulbosas divergentes según un ángulo medio de 17°, dispuestas de forma rectilínea o ligeramente curvadas, las cuales suelen presentar dimensiones medias de 43,5 mm (eje mayor) por 22,4 mm (eje menor). Estas terminaciones de los bulbos presentan numerosos bioglifos sublongitudinales, a veces entrecruzados, en toda la superficie. En corte transversal se observa que los bulbos tienen un contorno elíptico dentado, bioglífico (Lám. 2, 1b). Las terminaciones bulbosas unen el icnofósil a la base de la capa, según una curvatura de bajo ángulo (raramente alcanza los 40°). En ciertos casos, se observa un alargamiento de las terminaciones bulbosas hacia el interior de la capa calcárea suprayacente. No existen evidencias de las finas digitaciones observadas en el morfotipo descrito anteriormente; sin embargo, en un caso fue posible observar el afilamiento acentuado de una estructura bulbosa hasta contactar con el nivel suprayacente. Este 3^{er} estadio corresponde al holotipo de *Asterosoma ludwigae* Schlirf. Las formas consideradas intermedias entre los dos morfotipos anteriores (2.^a estadio, Lám. 1, 1b), presentan un pequeño número de ramificaciones radiales bulbosas (2 a 5), a partir de una galería vertical central, dispuestas según un ángulo medio de 80°, de fuerte elipticidad y con bioglifos, en cuya periferia pueden desarrollarse las digitaciones cilíndricas típicas del 1^{er} estadio. Es decir, es una estructura que refleja características tanto del 1^{er} como del 2.^a estadio.

Las formas observadas en la unidad «Calcários e margas de Peniche» (Peniche) apenas difieren de las estructuras descritas en el Jurási-

co superior del Guincho por su menor dimensión, forma alargada de los bulbos y patrón etológico más sencillo, que se manifiesta por la presencia de una única morfoestructura, correlacionable con el estadio de máximo desarrollo (3^{er} estadio, Lám. 2, 2a-b).

DISCUSIÓN: Las formas de *Asterosoma* descritas en el Jurásico portugués difieren del holotipo de *Asterosoma ludwigae* Schlirf por la mayor diversidad de morfologías asociadas a este icnotaxón (tres estadios etológicos observados). Sin embargo, observaciones personales en las colecciones del Geologisch-Paläontologisch Institut, Universität Tübingen, han permitido identificar estructuras procedentes de la unidad «Grès de Châtillon», correspondientes al 1^{er} estadio etológico descrito. *Asterosoma* se distingue del icnogénero *Phycodes* Richter por la forma bulbosa de las terminaciones de las galerías que irradian a partir de un único tubo axial, en contra a los densos haces de tubos cilíndricos muy finos que se generan distal y libremente en *Phycodes* (Häntzschel, 1975; Seilacher, 2000), como resultado de una típica alimentación sistemática retrusiva, muy eficiente respecto a la cubierta total del sedimento disponible. Así, algunas estructuras descritas por diversos autores (Jensen, 1997; Schweigert, 1998) e identificadas como *Phycodes curvipalmatus* Pollard y *P. palmatus* (Hall), presentan icnotaxobases que se integran en el icnogénero *Asterosoma* y que se correlacionan con *A. ludwigae* Schlirf, siendo colocadas en sinonimia en el presente trabajo. Son de señalar las fuertes semejanzas entre el 3^{er} estadio y las formas atribuidas a *Phycodes* aff. *curvipalmatus* Pollard por Schweigert (1998), del Kimmeridgiense superior de Tuttlingen (Alemania). Efectivamente, estas semejanzas no se limitan solamente a las grandes dimensiones y morfología (e.g., disposición de las estructuras bulbosas, bioglifos), sino que comprenden incluso una edad, litofacies y condiciones paleoambientales muy aproximadas (depósitos calciturbidíticos en régimen disaerobio).

Tal como se observa en las formas portuguesas, *A. ludwigae* Schlirf suele presentar un relleno pasivo, que puede ser estructurado o no (*sensu* Goldring, 1996). De la misma manera, los bioglifos no penetrativos (Lám. 2, 1b) contradicen la hipótesis «worm waste disposal» para la génesis de los bulbos en *Asterosoma* (Chamberlain, 1971). Su presencia en el seno de un nivel margoso rico en pelets orgánicos, así como la casi total ausencia de éstos en el interior de las estructuras estudiadas (Lám. 2, 1a) apuntan hacia un comportamiento sedimentívoro de sus productores.

Por estas razones, *A. ludwigae* Schlirf representa una icnoespecie definida como un *fodinichnion* exclusivo, habiendo sido producido, probablemente, por crustáceos decápodos (Neto de Carvalho y Rodrigues, en prep.).

Conclusiones

Las formas de *Asterosoma ludwigae* Schlirf representadas en el Jurásico de la Cuenca Lusitánica están constituidas por tres estadios morfo-etológicos, semejantes a otras estructuras procedentes del *locus typus*, incluido en la unidad *Grès de Châtillon*. La diagnosis de esta icnoespecie es enmendada para comportar el conjunto de caracteres morfológicos de los tres estadios. Algunas estructuras anteriormente identificadas como otras icnoespecies de *Asterosoma* y *Phycodes* se colocan en sinonimia a fin de ser incluidas en las icnotaxobases establecidas para *Asterosoma ludwigae* Schlirf. Algunas de estas icnotaxobases son sintomáticas de un organismo productor con características morfológicas y tróficas propias de ciertos crustáceos (decápodos), contradiciendo la opinión generalizada de los gusanos como responsables por las estructuras de *Asterosoma*.

Agradecimientos

Los autores expresan su gratitud al Prof. Adolf Seilacher y a Hans Luginsland, de la Universität Tübingen, por el acceso a las colecciones de icnofósiles y demás facilidades; a María Soledad Ureta Gil y Sixto Fernández López, de la Universidad Complutense de Madrid, por las sugerencias aportadas, y a María Dolores Gil Cid, de la misma universidad, por la lectura crítica del trabajo; a António Carlos Fernandes, del Museu Nacional da Universidade Federal do Rio de Janeiro, por el apoyo y discusiones entusiásticas; a Mário Cachão, de la Universidade de Lisboa, por el apoyo científico y motivación desde siempre demostrados.

Bibliografía

- Chamberlain, C. K. 1971. Morphology and ethology of trace fossils from the Ouachita Mountains, southeast Oklahoma. *Journal of Paleontology*, 45 (2), 212-246.

- Fürsich, F. T. 1973. A revision of the trace fossils *Spongiomorpha*, *Ophiomorpha* and *Thalassinoides*. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Monatshefte*, **12**, 719-735.
- Goldring, R. 1996. The sedimentological significance of concentrically laminated burrows from Lower Cretaceous Ca-bentonites, Oxfordshire. *Journal of the Geological Society, London*, **153** (2), 255-263.
- Häntzschel, W. 1975. Trace Fossils and Problematica (Miscellanea, Supplement 1). In: *Treatise on Invertebrate Paleontology* (Ed. C. Teichert). Geological Society of America and University of Kansas Press, Boulder, Colorado and Lawrence, Kansas, Part W, 269 pp.
- Jensen, S. 1997. Trace fossils from the Lower Cambrian Mickwitzia sandstone, south-central Sweden. *Fossils and Strata*, **42**, 110 pp.
- Mouterde, R. 1955. Le Lias de Peniche. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, **36**, 87-115.
- Neto de Carvalho, C. and Rodrigues, N. P. C. (in prep.). Compound forms of *Asterosoma ludwigae* Schlirf, 2000 in the Jurassic of Lusitanian Basin (Portugal): conditional strategies in behaviour of Decapoda.
- Pemberton, S. G. and Frey, R. W. 1982. Trace fossil nomenclature and the *Planolites-Palaeophycus* dilemma. *Journal of Paleontology*, **56** (4), 843-881.
- Pickerill, R. K. 1994. Nomenclature and taxonomy of invertebrate trace fossils. In: *The Palaeobiology of Trace Fossils* (Ed. S. K. Donovan). The Johns Hopkins University Press, Baltimore, 3-42.
- Ramalho, M. 1971. Contribution à l'étude micropaléontologique et stratigraphique du Jurassique supérieur et du Cretacé inférieur des environs de Lisbonne (Portugal). *Memórias dos Serviços Geológicos de Portugal*, **19**, 212 pp.
- Schlirf, M. 2000. Upper Jurassic trace fossils from the Boulonnais (northern France). *Geologica et Palaeontologica*, **34**, 145-213.
- Schweigert, G. 1998. Die Spurenfauna des Nusplinger Plattenkalks (Oberjura, Schwäbische Alb). *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde, Serie B (Geologie und Paläontologie)*, **262**, 47 pp.
- SEILACHER, A. 2000. Ordovician and Silurian Arthropycid Ichnostratigraphy. In: *Geological Exploration in Murzuq Basin* (Eds. M. A. Sola and D. Worsley). 2000 Elsevier-Science B. V., 237-258.
- VON OTTO, E. 1854. *Additamente zur Flora des Quadergebirges in Sachsen*, Leipzig, **2**, 53 pp.

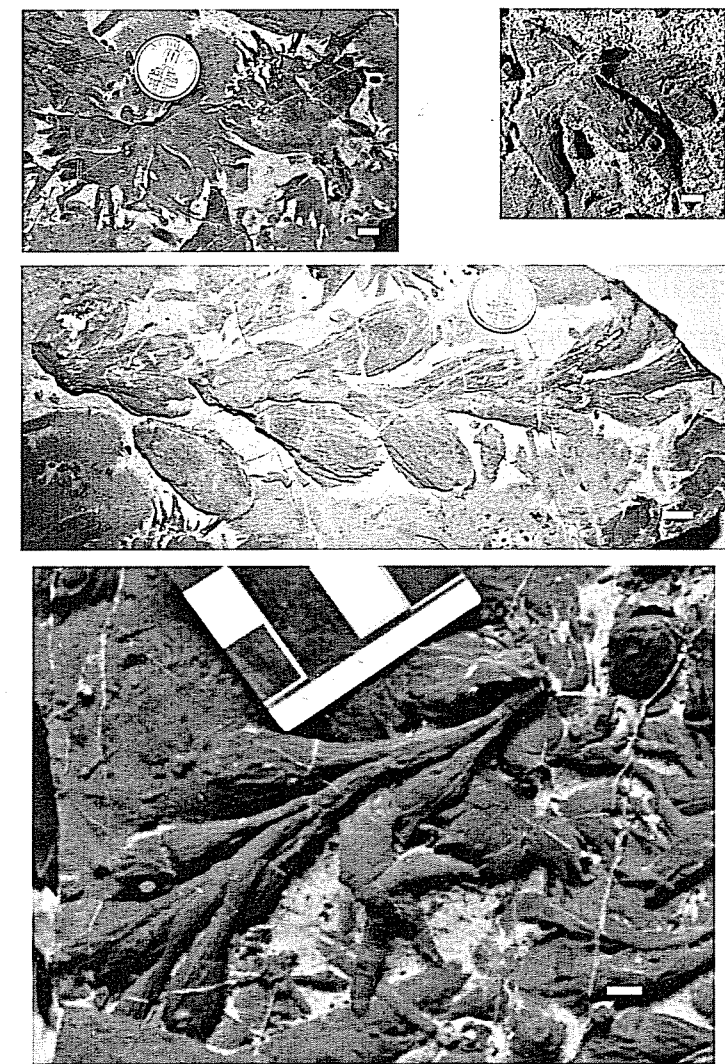


Lámina 1

1. Los tres estadios morfoetológicos de *Asterosoma ludwigae* Schlirf del Kimmeridgiense superior-Tithónico del Guincho. a. GPMNHN734CC; 1er estadio: terminaciones alargadas y dispuestas en abanico con diversas digitaciones ligadas a la base de la capa. b. GPMNHN729CC; 2.º estadio: digitaciones periféricas a las terminaciones bulbosas y existencia de una galería vertical axial. c. 3er estadio: disposición unidireccional de una ramificación de bulbos. d. Ejemplar donde aparecen los tres estadios asociados. Escala = 10mm. Vistas de muro.

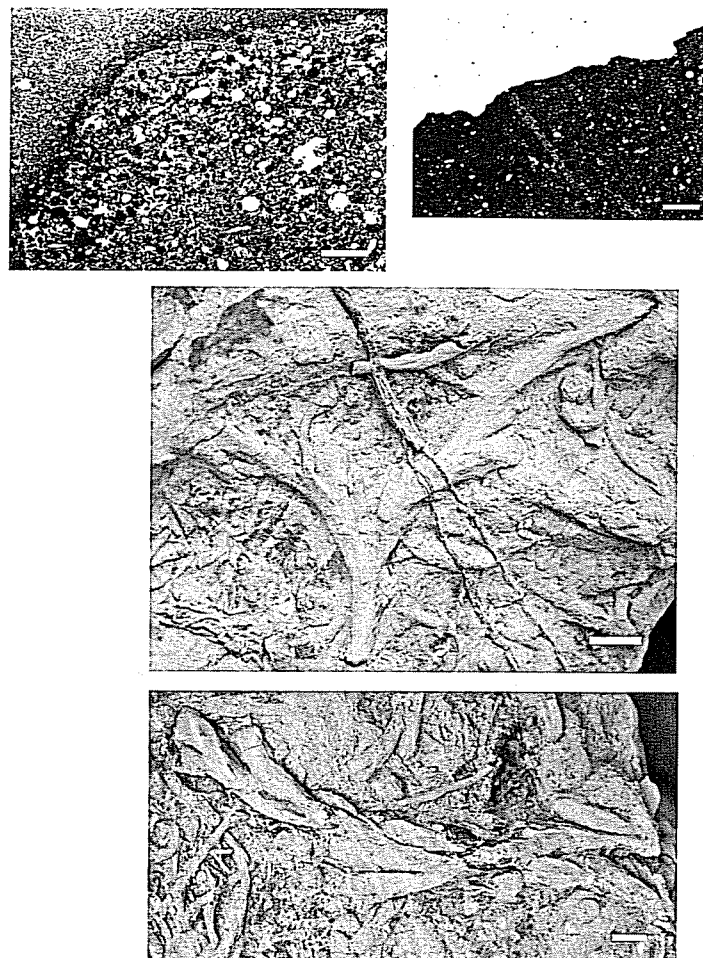


Lámina 2

1. Fotomicrografías de láminas delgadas de un bulbo de *Asterosoma ludwigae* Schlirf (3er estadio) del Kimmeridgiense superior-Titónico del Guincho. a. Relleno (pasivo) micrítico de la estructura biogénica, semejante a la composición del nivel carbonatado suprayacente, que contrasta con el sedimento biodetrítico, rico en pelets orgánicos, de la matriz margosa. b. Detalle de los bioglifos presentes en toda la superficie del icnofósil, destacándose el carácter genético no penetrativo de estas estructuras. Escala = 500µm. 2. Morfoestructuras de *A. ludwigae* Schlirf del Pliensbachense de Peniche. a. 3er estadio: desarrollo dicotómico típico. b. 3er estadio: mayor afilamiento de los bulbos. Escala = 10mm. Vistas de muro.

Cambios en la diversidad de los mamíferos sudamericanos durante el lapso Mioceno Superior-Holoceno: el caso pampeano

E. ORTIZ-JAUREGUIZAR¹

Abstract The diversity changes on South American land-mammal fauna, and the influence of the immigrant mammals on the native ones during the upper Miocene-Holocene span, were analyzed using the fossil record of the Pampean Region (Argentina). The results shows that: 1) the diversity rise except on the Holocene, as a result of the megafaunal extinction; and 2) the immigrants had not a negative effect on the native mammals.

Key words: Mammals. Cenozoic. South America. Diversity. Great American Biotic Interchange.

Palabras clave: Mamíferos. Cenozoico. América del Sur. Diversidad. Gran Intercambio Biótico Americano.

Introducción

La evolución cenozoica de los mamíferos sudamericanos está marcada por extensos períodos de aislamiento geográfico y breves pero cruciales intervalos durante los cuales se produjeron eventos inmigratorios. De estos eventos, el mejor representado en el registro y el más estudia-

¹ Museo Paleontológico «Egidio Feruglio». Fontana 140, (9100) Trelew, Argentina. eortiz@mef.org.ar.

do es el «Gran Intercambio Biótico Americano» (en adelante el Gran Intercambio) iniciado hace unos 10 Ma (en el Mioceno superior) y que perdura hasta la actualidad.

Durante el Mioceno superior-Plioceno superior las planicies dominaron los paisajes sudamericanos, con una vegetación de tipo pastizal o sabana herbácea en la cual predominaron los mamíferos pastadores y los de dieta mixta. Por el contrario, a partir del Pleistoceno inferior los ambientes se tornaron más variados como consecuencia de la elevación de diversas cadenas montañosas bajo la influencia de la fase diastrófica Diaguita y de las glaciaciones. Los pastizales se redujeron, aumentando la superficie cubierta por las estepas (en el sur) y los bosques en el centro y norte del continente. Los mamíferos pastadores y los de dieta mixta siguieron siendo importantes, pero se incrementó el número de los ramoneadores (Pascual *et al.*, 1996).

Uno de los aspectos más debatidos del Gran Intercambio es el referido a las consecuencias que tuvo sobre los mamíferos nativos el arribo y la diferenciación local de los mamíferos inmigrantes (*e.g.*, Simpson, 1980; Patterson y Pascual, 1972; Marshall y Cifelli, 1990; Webb, 1991; Alberdi *et al.*, 1995a, b). Este trabajo se enmarca en este debate y tiene dos objetivos: 1) analizar los cambios en la diversidad de la fauna sudamericana durante el Gran Intercambio; y 2) evaluar la incidencia de los mamíferos inmigrantes sobre los nativos.

Material y método

Se utilizó el registro fósil de la Región Pampeana (33° a 40° S; 53° a 67° O) por ser el único que proviene de una secuencia estratigráfica que abarca la totalidad del lapso y no presenta grandes diferencias geográficas entre las distintas formaciones mamalíferas (Alberdi *et al.*, 1995a, b). Las unidades de estudio fueron las faunas de las seis Edades reconocidas para el período: Huayqueriense (Mioceno superior); Montehermosense (Plioceno inferior); Chapadmalalense (Plioceno superior); Marplatense (Plioceno superior-Pleistoceno inferior); Ensenadense (Pleistoceno medio); Lujanense (Pleistoceno superior); y Platense (Holoceno). A fin de considerar la estructura existente en los momentos inmediatamente anteriores al Gran Intercambio se incluyó una séptima unidad, representada por la fauna de la Edad Chasiense (Mioceno superior). Para cada una de estas faunas se calculó la diversi-

dad a partir del número total de géneros. Los datos fueron tomados de Tonni *et al.* (1992), Alberdi *et al.* (1995b) (faunas Huayqueriense-Platense) y Pascual *et al.* (1996) (fauna Chasiense).

Resultados y discusión

Los máximos valores de diversidad se alcanzan durante el lapso Chapadmalalense-Lujanense y los mínimos en las Edades Huayqueriense y Platense (Fig. 1). El lapso de mayor diversidad coincide con el establecimiento del istmo de Panamá y el apogeo del Gran Intercambio, un momento en el que, curiosamente, se registran los mayores cambios climático-ambientales del período. Así, el Gran Intercambio produce un incremento en la diversidad de la fauna de mamíferos de la Región Pampeana. La baja diversidad registrada durante la Edad Huayqueriense puede relacionarse con una mayor aridización con relación a la Edad Chasi-

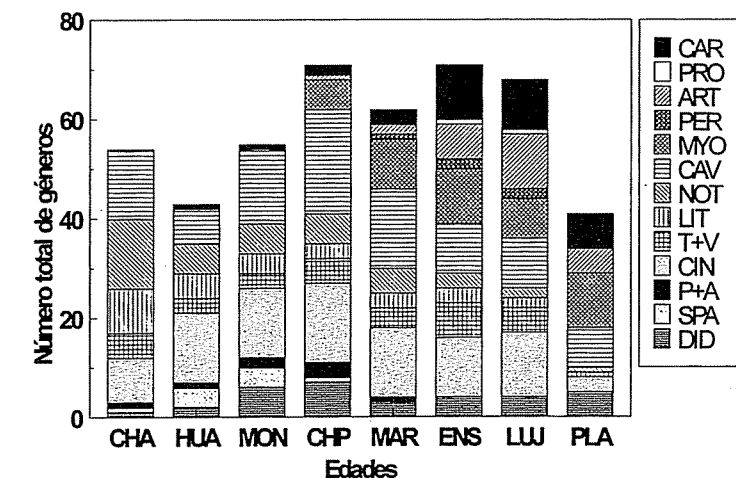


Figura 1. Composición faunística de la Región Pampeana durante el lapso Mioceno superior-Holoceno.

Referencias: CHA = Chasiense; HUA = Huayqueriense; MON = Montehermosense; CHP = Chapadmalalense; MAR = Marplatense; ENS = Ensenadense; LUJ = Lujanense; PLA = Platense; DID = Didelphimorpha; SPA = Sparassodonta; P+A = Paucituberculata + Argyrolagida; CIN = Cingulata; T+V = Tardigrada + Vermilingua; LIT = Litopterna; NOT = Notoungulata; CAV = Caviomorpha; MYO = Miomorpha; PER = Perissodactyla; ART = Artiodactyla; PRO = Proboscidea; CAR = Carnivora.

quense. Esto habría disminuido la superficie cubierta por los bosques, como lo sugiere la extinción de tipos ramoneadores entre los Notoungulata y Tardigrada. Por último, la baja diversidad durante la Edad Platense responde básicamente a la extinción de los megamamíferos, probablemente como consecuencia de la acción individual o conjunta de los cambios climático-ambientales y la llegada del *Homo sapiens* al continente sudamericano (véase Alberdi *et al.*, 1995a, b; Ortiz Jaureguizar, 1998).

En cuanto a la diversidad relativa (Fig. 1) durante la Edad Chasi-quense la fauna estaba dominada por los Notoungulata, Caviomorpha y Cingulata. Los primeros disminuyeron su diversidad durante el Gran Intercambio, en tanto que los dos últimos la mantuvieron aproximadamente constante hasta la Edad Lujanense. La diversidad de los Cingulata cae notablemente en la Edad Platense, debido a la extinción de los Glyptodontidae y Pampatheriidae. Entre los inmigrantes se destaca el progresivo incremento en los Myomorpha, Artiodactyla y Carnivora, aunque en estos dos últimos grupos se aprecia una disminución en la diversidad durante la Edad Platense.

A través del Gran Intercambio se observan dos patrones (Fig. 2a): 1) la diversidad de los mamíferos nativos es mayor que la de los inmigrantes, excepto en la Edad Platense; y 2) la diversidad de los nativos decae continuamente a partir de la Edad Chapadmalalense, en tanto que la de los inmigrantes no deja de incrementarse. El primer patrón podría obedecer a cuestiones geográficas, dada la gran distancia existente entre Centroamérica y la Región Pampeana. Esto hace suponer una mayor diversidad de los inmigrantes en las regiones más septentrionales del continente, que lamentablemente carecen de un buen registro fósil. El segundo patrón ha sido explicado clásicamente por la superioridad competitiva de los inmigrantes o por la «ingenuidad» de las presas nativas frente a los carnívoros inmigrantes (*e.g.*, Simpson, 1980; Patterson y Pascual, 1972; Marshall y Cifelli, 1990; Webb, 1991). Sin embargo, si se comparan los grupos nativos y los inmigrantes en relación con sus probables requerimientos tróficos las explicaciones clásicas son refutadas.

En el caso de los fitófagos de tamaño mediano a grande (Fig. 2b) el arribo y la diversificación de los Artiodactyla, Perissodactyla y Proboscidea no parece haber afectado a los grupos nativos. Es más probable que la expansión de las estepas y los bosques (en desmedro de las sabanas y pastizales) ocurrida a partir de la Edad Marplatense tuviese un efecto diezmando sobre los grupos cursoriales y pastadores nativos, como los Notoungulata y Litopterna. Por el contrario, grupos que habrían pre-

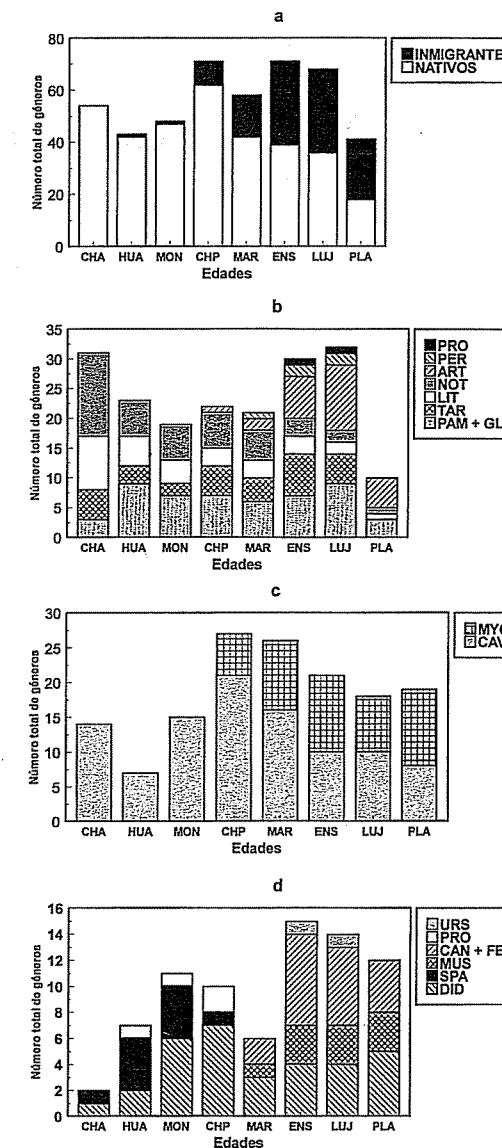


Figura 2. Composición faunística de la Región Pampeana durante el lapso Mioceno superior-Holoceno por procedencia geográfica (a) y zonas adaptativas (b-d). Referencias: a = procedencia geográfica; b = grandes fitófagos; c = pequeños fitófagos; d = depredadores. Para las restantes abreviaturas, véase la Fig. 1.

sentado una mayor adaptación a las nuevas condiciones, como los Cervidae y Camelidae, se vieron favorecidos. Es interesante destacar que los Xenarthra, que habrían tenido requerimientos tróficos más amplios que los «ungulados» nativos, muestran una elevada diversidad durante todo el lapso (con la excepción de la Edad Platense, a causa de la ya mencionada extinción de la megafauna) siendo probablemente los Xenarthra quienes mejor aprovecharon la progresiva declinación de los Notoungulata y Litopterna.

En el caso de los fitófagos de tamaño mediano a pequeño (Fig. 2c) tampoco la llegada de los inmigrantes parece afectar a los grupos nativos. Así, mientras los Muridae mantienen una diversidad más o menos constante a partir de la Edad Chapadmalense, los Caviomorpha experimentan una disminución que se concentra en los grandes Hydrochoeriidae corredores y en los cavícolas Octodontidae. Estos dos grupos no poseen equivalentes entre los Muridae y no parecen haber soportado las condiciones más áridas que se desarrollaron, periódica pero marcadamente, a partir la Edad Marplatense.

Por último, el caso de los tipos depredadores (Fig. 2d) es algo diferente. Entre los grandes carnívoros, representados por los marsupiales Sparassodonta (Borhyaenidae y Thylacosmilidae) entre los nativos y los Canidae y Felidae entre los inmigrantes, no hubo interacción porque la extinción de los primeros es previa al primer registro de los segundos. Pero en el caso de los pequeños depredadores, Didelphimorphia entre los nativos y Mustelidae entre los inmigrantes, podría haberse producido alguna interacción negativa. La llegada de estos últimos, que rápidamente se diversificaron en los nichos más carnívoros y terrestres, podría haber restringido a aquellos a los nichos más omnívoros y arborícolas. Es interesante destacar que entre los Didelphimorphia se produjo una incipiente diferenciación de tipos más carnívoros y terrestres, precisamente en los momentos en que los Sparassodonta reducían su diversidad. Así, la llegada de los Mustelidae pudo haber abortado esta diferenciación.

Conclusiones

Como corolario, puede afirmarse que: 1) la diversidad de los mamíferos crece durante el Gran Intercambio excepto durante el Holoceno, como consecuencia de la extinción de la megafauna; 2) los mamíferos inmigrantes no tuvieron un efecto negativo sobre los grupos nativos.

Agradecimientos

Deseo agradecer a P. Posadas, M. T. Alberdi y B. Azanza la lectura crítica del manuscrito. Este trabajo se ha realizado en el marco del PICT99 N° 6866 de la ANPCYT. Finalmente, agradezco al CONICET el continuo apoyo brindado a mis trabajos de investigación.

Bibliografía

- Alberdi, M. T., Ortiz Jaureguizar, E. y Prado, J. L. 1995a. Evolución de las comunidades de mamíferos continentales del Cenozoico superior de la provincia de Buenos Aires. *Revista Española de Paleontología*, **10** (1), 30-36.
- Alberdi, M. T., Leone, G. y Tonni, E. P. (Edits.) 1995b. *Evolución biológica y climática de la Región Pampeana durante los últimos cinco millones de años. Un ensayo de correlación con el Mediterráneo occidental*. Monografías del Museo Nacional de Ciencias Naturales, 12. Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC), Madrid, 1-423.
- Marshall, L. G. and Cifelli, R. L. 1990. Analysis of changing diversity patterns in Cenozoic Land Mammal Age Faunas, South America. *Palaeovertebrata*, **19** (4), 169-210.
- Ortiz Jaureguizar, E. 1998. Paleoeología y evolución de la fauna de mamíferos de América del Sur durante la «Edad de las Planicies Australes» (Mioceno superior-Plioceno superior). *Estudios Geológicos*, **54**, 161-169.
- Pascual, R., Ortiz Jaureguizar, E. and Prado, J. L. 1996. Land mammals: Paradigm of Cenozoic South American geobiotic evolution. In: *Contribution of Southern South America to Vertebrate Paleontology*, (Ed. G. Arratia). *Müncher Geowissenschaftliche Abhandlungen (A)*, **30**, 265-319.
- Patterson, B. and Pascual, R. 1972. The fossil mammal fauna of South America. In: *Evolution, mammals, and southern continents* (Eds. A. Keast, F. C. Erk and B. Glass), University of New York Press, Albany, 247-309.
- Simpson, G. G. 1980. *Splendid isolation, the curious history of South American mammals*. Yale University Press, New Haven, 1-266.
- Tonni, E. P., Alberdi, M. T., Prado, J. L., Bargo, M. S. and Cione, A. L. 1992). Changes of mammals assemblages in the pampean region (Argentina), and their relation with the Plio-Pleistocene boundary. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **95**, 179-194.
- Webb, S. D. 1991. Ecogeography and the Great American Interchange. *Paleobiology*, **17** (3), 266-280.

Taphonomic study of the bone-cracking behaviour of *Pachycrocuta brevirostris* (Mammalia, Carnivora, Hyaenidae) at Venta Micena

P. PALMQVIST¹, A. ARRIBAS² AND M. DE RENZI³

Resumen El estudio analítico de la asociación de Venta Micena ha revelado gran parte de la información paleobiológica encriptada durante su historia tafonómica, proporcionando claves específicas sobre el comportamiento fracturador de huesos de la hiena gigante extinta *Pachycrocuta brevirostris* Aymard. Los sesgos tafonómicos de la asociación fósil incluyen el carroñeo por las hienas de cadáveres de ungulados, el transporte selectivo de partes esqueléticas a sus cubiles maternos y la destrucción diferencial de los huesos largos ya en el seno de los cubiles.

Palabras clave: *Pachycrocuta*, Venta Micena, sesgos tafonómicos, información paleobiológica.

Key words: *Pachycrocuta*, Venta Micena, taphonomic bias, paleobiological information.

¹ Departamento de Geología y Ecología (Área de Paleontología), Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga. 29071 Málaga, Spain. Paul.Palmqvist@uma.es.

² Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España (I.G.M.E.), c/ Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid, Spain. A.Arribas@igme.es.

³ Institut Cavanilles de Biodiversitat i Biologia Evolutiva. Universitat de València. Apdo Correos 2085. 46071-Valencia. derenzim@uv.es.

Introductory remarks

Venta Micena (Orce, Granada, southeastern Spain) is located in the eastern sector of the Guadix-Baza intramontane basin. The site is dated by biostratigraphy to the lower Pleistocene, with an estimated age of 1.3 ± 0.1 Ma (Arribas and Palmqvist, 1999). The fossil assemblage is composed of 5,798 identifiable skeletal remains from 225 individuals belonging to 20 taxa of large mammals, 655 anatomically identifiable bones of mammals that could not be determined taxonomically (e.g., diaphyses and small cranial fragments), and ~10,000 unidentifiable bone shafts (Arribas and Palmqvist, 1998; Arribas, 1999; Palmqvist and Arribas, 2001a, 2001b). Complete elements and bone fragments range in size from isolated premolars and third phalanges of *Vulpes* to complete mandibles of *Mammuthus*. Fossil remains of micromammals, including teeth and elements from the axial skeleton, were probably deposited as fecal droppings of small carnivores (Palmqvist and Arribas, 2001a). The longitudinal axes of major long bones show no preferred orientation, which suggests they were not aligned by currents. The stratigraphy also indicates the absence of channeled currents in the area in which fossils were accumulated. Surfaces of the bones are well preserved, since >90% show weathering stage 0. The concentration of fossils on the excavated surface is very high for large mammals, with a mean density of ~60 bones/m². Articulated bones are relatively scarce, representing <20% of all elements in the sample; however, there is a low degree of horizontal dispersion, with abundant groups of disarticulated but associated elements (e.g., skulls with mandibles and metapodials with phalanges). Previous research on the taphonomy of this locality has revealed that the giant, short faced hyaena *Pachycrocuta brevirostris* Aymard was the main agent responsible for the bone accumulation, and that most losses of palaeobiological information were a consequence of the selective destruction of skeletal remains by hyaenas during the period when the bones were exposed on the surface before burial.

Three preservational biases, which took place consecutively during the biostratigraphic stage, affected the original composition of the large mammals assemblage (Palmqvist *et al.*, 1996; Arribas and Palmqvist, 1998; Palmqvist and Arribas, 2001a): (i) scavenging by hyaenas of ungulate prey hunted by hypercarnivores; (ii) selective transport by hyaenas of carcasses and bone remains to their maternity dens; and (iii) differential breakage by adult hyaenas of major limb bones in the dens, according to their marrow yields and mineral density. The importance and consequences of the third bias for the composition of the fossil as-

semblage are further evaluated in this article, with emphasis on the consumption of horse (*Equus altidens* Guerrero y Palmqvist) bones, since this is the ungulate better represented in Venta Micena.

Typical bone-consuming sequences for each postcranial element of *E. altidens* were described by Arribas (1999). Three distinct types of bone-modifying activities by hyaenas were established, depending on the position of the bone in the horse skeleton (which is related to the pattern of disarticulation of the horse carcass followed by the hyaenas) as well as on the amount of within-bone nutrients (i.e., grease and marrow content) and mineral density:

In the first group are humerus, radius, tibia, ulna and calcaneum, which are consumed following an invariant proximodistal pattern. The reduction of these bones by hyaenas starts with gnawing the proximal epiphysis, then is followed by fracturing the diaphysis and is finished by gnawing of the distal epiphysis, which usually shows abundant toothmarks.

Femur: this is the only element in which the sequence of consumption follows a variable direction (i.e., from the proximal epiphysis to the distal epiphysis or viceversa) and both epiphyses are lost.

Third metacarpals and metatarsals: these bones are modified by crushing, with a variable direction of activity, and they tend to be more abundantly preserved as complete elements than other major limb bones, due to their higher mineral density and lower marrow yields.

Material and methods

The original abundance of skeletal remains of *E. altidens* in the transported assemblage (i.e., the bone frequencies prior to destruction of skeletal elements by hyaenas), were estimated from minimal number of individuals (*MNI*) calculated from teeth counts and cranial elements, as well as from minimal number of elements (*MNE*) calculated from postcranial bones (i.e., complete elements and those represented by isolated epiphyses and diaphyses). This allowed estimation of the percentage of bones and bone regions of the horse skeleton preserved in the assemblage.

The bone-consuming sequences proposed by Arribas (1999) for horse remains were focused on the abundance of major long bones of forelimb (i.e., humerus, radius, and metacarpal) and hindlimb (i.e., femur, tibia, and metatarsal), preserved as complete elements, isolated epiphyses (i.e., proximal epiphysis and distal epiphysis) and diaphyses. This generates a contingency table.

A contingency table consists of a matrix or array with r rows and c columns for analysis of dependence of two characters. Each character shows several states (i.e., attributes). Let the first character be subdivided into r attributes and the second character be subdivided into c attributes. There are $r \times c$ cells or categories for this array. The ij -th cell contains the frequency (n_{ij}) for the simultaneous presence of the i -th attribute and the j -th attribute. The statistics for testing independence is $\chi^2 = \sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^c \frac{(O_{ij} - E_{ij})^2}{E_{ij}}$ (E_{ij} = expected number under the null hypothesis of independence, O_{ij} = observed frequency). When the null hypothesis holds, χ^2 is distributed as a chi-square variable with $(r-1) \times (c-1)$ degrees of freedom. It remains the question of which categories are responsible for a significant chi-square value. The following approach (analysis of adjusted residuals; EVERITT, 1979) proved to be highly effective in taphonomic analysis of vertebrate assemblages (Belinchón and De Renzi, 1990). Let $e_{ij} = (O_{ij} - E_{ij}) / E_{ij}^{1/2}$; its variance is $v_{ij} = (1/n_{i.}) (1/n_{.j})$. The number $n_{i.}$ consists of all the cases in which the i -th attribute is observed; the number $n_{.j}$ consists of all the cases in which the j -th attribute is observed. The adjusted residual is $d_{ij} = e_{ij} / v_{ij}^{1/2}$. Adjusted residuals are approximately normally distributed $[N(0,1)]$ when the characters generating the contingency table are independent. Dependency of characters produces one or more adjusted residuals higher than the standard normal deviate (e.g., for the 5% probability the standard normal deviate is 1.96).

MNE counts for each limb bone allowed estimation of minimal numbers of forelimbs and hindlimbs (for further details on this methodology, see Palmqvist and Arribas, 2001a). The ratio of forelegs to hindlegs was compared with the corresponding values for flesh and marrow contents, estimated from data for modern horse.

Results and discussion

Figure 1 shows the frequencies of surviving elements and bone portions of the horse skeleton in Venta Micena, estimated from *MNE* counts. Results obtained in the analysis of preservational categories for major

limb bones are provided in Table 1. Inspection of the observed and expected frequencies reveals that the humerus, femur, and tibia are represented by complete elements with frequencies (3, 3, and 8, respectively) which are in all cases significantly smaller than those expected from a random distribution among bone elements (17, 11, and 26, respectively). Third metacarpals and third metatarsals are preserved complete with significantly higher frequencies (55 and 72) than those expected by chance (42 and 47). The observed frequency of complete radii (10) is not significantly different from the expected value (9). Given the marrow contents of humerus (41 g), femur (72 g) and tibia (33 g), which are greater than those of radius (24 g), metacarpal (11 g) and metatarsal (9 g), these results confirm that bone-crushing by hyaenas was highly selective.

EQUUS ALTIDENS	COMPLETE BONES	PROXIMAL EPIPHYSES	DIAPHYSES	DISTAL EPIPHYSES	PARTIAL $\Sigma\chi^2$ VALUES (ROWS)
humerus	3 (17.4) -4.14 ***	4 (19.6) -4.27 ***	11 (10.9) 0.06 —	65 (35.0) 7.08 ***	83 50.0 ***
radius	10 (8.5) 0.54 —	13 (8.4) 1.27 —	0 (4.8) -2.58 ***	18 (19.3) 0.23 —	41 7.7 —
metacarpal	55 (41.9) 2.69 **	67 (46.8) 3.96 ***	26 (26.3) -0.08	51 (84.0) -5.57 ***	199 25.8 ***
femor	3 (10.7) -2.75 **	10 (12.0) -0.69 —	30 (6.7) 9.97 ***	8 (21.5) -3.98 ***	51 95.3 ***
tibiae	8 (25.7) -4.31 ***	1 (28.7) -6.49 ***	2 (16.1) -4.15 ***	111 (51.5) 11.97 ***	122 119.9 ***
metatarsal	72 (46.7) 5.02 ***	74 (52.3) 4.14 ***	26 (29.4) -0.80 —	50 (93.7) -7.14 ***	222 43.5 ***
partial $\Sigma\chi^2$ values (columns)	151 47.7 ***	169 59.6 ***	95 98.5 ***	303 136.4 ***	718 $\Sigma\Sigma\chi^2=340.71$ ***

Table 1. Abundance of major limb bones of equids preserved as complete elements, isolated epiphyses, and diaphyses in Venta Micena. Also shown the observed frequencies (OF) of skeletal elements, the bone frequencies expected from a random distribution (EF, between brackets), the values obtained in the χ^2 tests [normal deviates adjusted for individual cells; cumulative χ^2 values, (OF-EF)²/EF: partial sums by rows, by columns, and total], and the level of statistical significance [—: $p > 0.05$; *: normal deviate for $p < 0.05$ (1.96) exceeded; **: normal deviate for $p < 0.01$ (2.58) exceeded; ***: normal deviate for $p < 0.001$ (3.29) exceeded].

Humeri and tibiae are represented by smaller numbers of proximal epiphyses (4 and 1) than those expected (20 and 29), and the number of distal epiphyses observed for both elements (65 and 111) are significantly larger than the expected ones (35 and 52). The numbers of observed and expected diaphyses are not significantly different in the case of the humerus, but the frequency of isolated diaphyses is significantly smaller for the tibia (2) than the expected value (16). These results indicate that the proximodistal bone-consuming sequences described by Arribas (1999) for these skeletal elements are statistically significant. In the case of femora, the observed number of diaphyses (30) is significantly larger than the expected frequency (7), the number of distal epiphyses (8) is smaller than the expected frequency (22), and the observed and expected numbers of proximal epiphyses show a non significant difference (10 and 12). Such result indicates that this bone element is consumed by hyaenas according to the pattern suggested by Arribas (1999) but with a clear preference for breaking the bone at the distal end, which is probably related to the release of the tibia and the remaining bones of the hindlimb. Similarly, although Arribas (1999) indicated that metacarpals and metatarsals were fractured by hyaenas with a variable direction of activity, the observed frequencies of proximal epiphyses are higher in both cases (67 and 74) than those expected from a random distribution (47 and 52), while the observed numbers of distal epiphyses (51 and 50) are smaller than the expected ones (84 and 94). This result suggests that both limb bones were preferentially fractured by hyaenas at the distal end, which possibly implies a selective behaviour for accessing the fat contents of phalanges.

The cumulative values of the χ^2 -test for the distribution of major limb bones among preservational categories (i.e., partial sums for rows in table 1) indicate that the tibia is the element that shows a more heterogeneous distribution, followed by femur, humerus, metatarsal, and metacarpal. It is worth mentioning that the abundance of radii is not different from that expected from a random, homogeneous distribution. The cumulative values of the χ^2 -test for the distribution of major limb bones among preservational categories (i.e., partial sums for columns in table 1) show that the most heterogeneous distribution corresponds to distal epiphyses, followed by diaphyses, proximal epiphyses, and complete elements. Thus, the distribution of complete elements and anatomical regions for the major limb bones of Equus is highly heterogeneous as a whole, with a very high level of statistical significance. These results indicate that given the selective bone-crushing behaviour

of *Pachycrocuta*, the skeletal elements preserved in the fossil assemblage are those that remained once all within-bone nutrients were consumed by the hyaenas (Fig. 1).

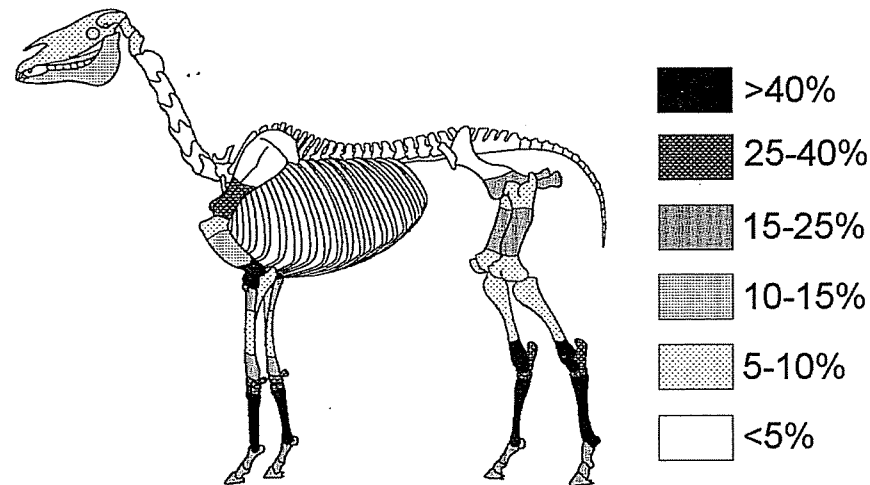


Figure 1. Frequencies of preserved elements of the horse skeleton in the Venta Micena assemblage, estimated from minimal number of heads, forelimbs, and hindlimbs.

Finally, the ratio of minimal number of forelimbs (118) to hindlimbs (141) in the assemblage takes a value of 0.84, which is clearly different from that of flesh yields provided by both limbs (0.30), and closer to the corresponding ratio estimated for marrow contents (0.67). This suggests the total marrow yields provided by the limb bones of each leg as the main factor determining the interest of hyaenas to transport the skeletal elements of horses to their maternity dens.

Acknowledgments

This research was supported by DGESIC projects PB97-1082 and PB97-1267-C03-02.

References

- Arribas, A. 1999. Análisis y modelización de la tafonomía del yacimiento de Venta Micena (Orce, Granada) y su estudio comparativo con otras localidades españolas del Plio-Pleistoceno continental. *Ph.D. dissertation*, Universidad Complutense de Madrid, 353 pp.
- Arribas, A. and Palmqvist, P. 1998. Taphonomy and paleoecology of an assemblage of large mammals: hyaenid activity in the lower Pleistocene site at Venta Micena (Orce, Guadix-Baza Basin, Granada, Spain). *Geobios*, 31 (supl.), 3-47.
- Arribas, A. and Palmqvist, P. 1999. On the ecological connection between sabretooths 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.
- Belinchón, M. and De Renzi, M. 1990. Análisis estadístico de datos tafonómicos: aplicación a la paleontología de vertebrados. In: *Comunicaciones de la Reunión de Tafonomía y Fosilización* (coord. Fernández López, S.), 51-57. Ed. U.C.M. y C.S.I.C., Madrid.
- Everitt, B. S. 1979. *The Analysis of Contingency Tables*. Chapman and Hall, London, 128 pp.
- Palmqvist, P. and Arribas, A. 2001a. Taphonomic decoding of the paleobiological information locked in a lower Pleistocene assemblage of large mammals. *Paleobiology*, 27, 512-530.
- Palmqvist, P. and Arribas, A. 2001b. An overview of the taphonomy and paleoecology of the assemblage of large mammals preserved in lower Pleistocene deposits from Venta Micena (Guadix-Baza basin, Spain). *Paleontologia i Evolució*, 32-33, 37-58.
- Palmqvist, P., Martínez-Navarro, B. and Arribas, A. 1996. Prey selection by terrestrial carnivores in a lower Pleistocene paleocommunity. *Paleobiology*, 22, 514-534.

Estimating palaeodiet from craniodental morphology in ancient ungulates: a multivariate approach

P. PALMQVIST¹, M. MENDOZA¹ AND C.M. JANIS²

Resumen Diversas características morfológicas del cráneo, la mandíbula y la dentición de los ungulados se encuentran bien correlacionadas con sus adaptaciones alimenticias, por lo que se pueden utilizar para inferir la ecología trófica de las especies fósiles. Se ha desarrollado un enfoque multivariante usando funciones discriminantes para efectuar comparaciones dos a dos entre grupos establecidos en función del tipo de hábitat y la dieta en las especies modernas. Los resultados obtenidos muestran que estos algoritmos re-clasifican correctamente las especies modernas en la mayor parte de los casos, por lo que son útiles para obtener inferencias paleoautoecológicas al aplicarlos a especies extintas.

Palabras clave: Ungulata, morfología craneodental, adaptaciones alimenticias, ecomorfología, análisis discriminante.

Keywords: Ungulata, craniodental morphology, dietary adaptations, ecomorphology, discriminant analysis.

¹ Departamento de Ecología y Geología (Área de Paleontología), Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga. Campus de Teatinos. E-29071 Málaga, Spain. Paul.Palmqvist@uma.es, lolo@cica.es

² Department of Ecology and Evolutionary Biology, Box G-B207. Brown University, Providence, RI 0291, USA. Christine_Janis@brown.edu

Introductory remarks

The relationship between ungulate diet and craniodental morphology has been studied intensively in the past few decades (see reviews in Janis, 1995; MacFadden, 2000; Pérez-Barbería and Gordon, 2001), in an attempt to discriminate between feeding categories related to the proportion of grass ingested (i.e., grazers, browsers, and mixed-feeders). Many studies have shown that reliable palaeoautecological inferences on feeding preferences of ancient ungulates can be obtained through ecomorphological comparison with modern species of known diet (e.g., Spencer, 1997). For example, the hypsodonty index (*HI*, estimated dividing unworn molar crown tooth height by molar width) has been shown to be a useful indicator of feeding behaviour, in ungulates which feed upon abrasive grasses with high silicophytolith contents having higher values than leaf-eating browsers. Table 1 lists other important craniodental features that are also indicative of dietary habits in ungulates.

Table 1

CRANIODENTAL FEATURE	GRAZERS	BROWSERS
skull length relative to body size	large	short
braincase angle	narrow	wide
height of the glenoid fossa above		
the occlusal plane	high	low
length of the paracondylar process	long	short
anterior extension of the zygomatic arch	well developed	poorly developed
masseteric prominence above M ¹	present	absent
position of the orbit	starts above M ³ or further back	starts above M ²
shape of the incisor arcade	straight	curved
muzzle morphology	broad	narrow
relative width of premaxillae (premaxillary width/palatal width)	high	short
mandible size (mandibular corpus depth and width)	large	small

Continuación. Table 1.

CRANIODENTAL FEATURE	GRAZERS	BROWSERS
mandibular diastema		
(length between incisors and premolars)	long	short
size of incisors	I ₁ and I ₃ of similar size	I ₁ larger than I ₃
hypsodonty index (unworn M3 height / M3 width)	high	low
relative length of the premolar tooth row (premolar row length / molar row length)	high (perissodactyls) low (artiodactyls)	low (perissodactyls) high (artiodactyls)

Table 1. Craniodental features which allow discrimination between leaf-eating, dicot feeders and grazers.

However, although the hypsodonty index is probably the best single variable for predicting diet in both extant and ancient ungulates, in some cases molar crown height may provide unreliable inferences: e.g., grazing hippos have brachydont (i.e., short-crowned) teeth. Similarly, it has been suggested that some extinct llamas with brachydont teeth were mainly grazers according to their isotopic (¹³C) signature (MacFadden and Shockey, 1997). These examples indicate that other morphological features of the skull, mandible and dentition must be taken into account for predicting the feeding ecology of ancient ungulates. On the other hand, although there are clear morphological patterns related to diet among extant ungulates (Table 1), there are some second-order differences of craniodental morphology related to phylogeny (e.g., horses have relatively narrower muzzles than grazing ruminants of similar size; Janis and Ehrhart, 1988).

Thus, the discrimination of feeding habits in ungulates is a rather difficult task, due to functional, historical and biomechanical constraints. The main objective of this research is to identify, with the help of multivariate statistics, those complex patterns in the craniodental structure of modern ungulates that better correlate with each dietary type. In addition, these correlations will enable the determination of the diet of extinct taxa.

Material and methods

We use here the statistical technique of discriminant analysis but following a different approach from that of Janis (1995), who focussed on some morphometric ratios, since all morphological variables are considered *a priori* as potentially useful for discriminating between the ungulate groups compared. In this way, the best combination of variables in the data set of ungulate species and craniodental measurements is selected for each discriminant function using a stepwise procedure. Canonical discriminant analysis was based on 115 species of ungulates, which include representatives of all living genera. They were classified into the following habitat/dietary categories and subcategories:

1. Omnivores: species whose food is mainly composed of non-fibrous vegetal matter, mushrooms and animal tissues ($N = 5$ species).

2. Phytophages or herbivores: species feeding exclusively on vegetal matter ($N = 110$).

2.1. Species from open habitats ($N = 58$):

2.1.1. *General grazers*, in which >75% grass is consumed throughout the year ($N = 21$).

2.1.2. *Fresh-grass grazers*, feeding predominantly on fresh-grass, which represents >75% of the diet ($N = 7$).

2.1.3. *Mixed-feeders from open habitats*, in which grass consumption represents between 25% and 75% of the diet ($N = 30$).

2.2. Species from closed habitats ($N = 52$):

2.2.1. *Browsers*, whose food is mainly composed by leaves, with grass representing <25% of the diet ($N = 24$). This trophic category is further subdivided in general browsers, feeding at any level above the ground ($N = 19$), and high level browsers, feeding from trees and bushes at high levels above the ground ($N = 5$).

2.2.2. *Frugivores*, whose food is mainly composed by fruits (>50% of the diet) and other non-fibrous soft matters ($N = 8$).

2.2.3. *Mixed-feeders from closed habitats*, in which grass consumption throughout the year ranges from 25% to 75% ($N = 20$).

The feeding categories listed above are those considered relevant in most studies on dietary preferences of ungulates (Janis, 1995). However, the boundaries between trophic groups used here are somewhat different, since most authors consider browsing species as consuming <10% grass and grazers as those in which grass represents >90% of the diet, following Hofmann and Stewart (1972). In this paper we have established the boundaries in <25% and >75%, respectively, because they more accurately reflect resource partitioning among herbivores, according to a recent synthesis on diet information for extant African Bovidae based on an extensive survey of the literature (Gagnon and Chew, 2000). Open and closed habitats refer to the degree of tree coverage. Such habitat divisions, as employed by Janis (1988), do not correspond strictly to feeding categories, because although most browsing species live in forests and the majority of grazers inhabit unforested habitats, there are some exceptions.

Table 2

Variable	Description
LPRL	lower premolar tooth row length, measured along the base of the teeth
LM3	third lower molar length, measured at the occlusal surface as the maximum labial excursion of the tooth
HM3	third lower molar height, measured from the base of the crown to the tip of the protoconid
WM3	third lower molar width, measured at the occlusal surface of the tooth, between the outer surfaces of the protoconid and the entoconid
LM12	sum of first and second lower molars length, measured at the occlusal surface of each tooth
LMRL	lower molar tooth row length, measured along the base of the teeth
JLB	anterior jaw length, measured from the base of the first incisor to the first premolar
JMA	posterior jaw length, measured as the horizontal distance from the back of the jaw condyle to the posterior border of the third molar
JMB	depth of mandibular angle, measured from the top of the condyle to the deepest point of the mandibular angle

Continuación. Table 2.

JMC	maximum width of the mandibular angle, measured from the junction of the posterior third molar with the jaw to the maximally distant point on the angle of the jaw
JD	length of the coronoid process, measured as the vertical distance from the top, to the bottom, between the condyle and itself
Variable	Description
SA	length of the masseteric fossae, measured from the posterior portion of the jaw glenoid to the most anterior extent of the scar for the origin of the masseter muscle
SB	occipital height, measured from the base of the foramen magnum to the top of the occipital region
SC	length of the posterior portion of the skull, measured from the occipital condyles to the back of the last molar
SD	width of the face under the orbit, measured from the boundary between premolar and molar tooth rows until the nearest point of the orbit
SE	length of the paraoccipital process, measured from the upper limit of the occipital condyles to the extreme of the paraoccipital process
MZW	muzzle width, measured at the outer junction of the boundary between the maxilla and premaxilla
PAW	palatal width, measured as the distance between upper second molars at the level of the protocones
BL	basicranial length, measured from the base of the foramen magnum to the point in the basicranium where a change in angulation occurs between the basicranium and the palate
CA	basicranial angle, measured as the angle between the basioccipital bone and the palate
IWA	width of the first lower incisor
IWB	width of the second lower incisor
TTV	total molar tooth volume, calculated multiplying the average occlusal surface area estimated for each permanent tooth by its unworn height; the values for each tooth in one side of the lower jaw were summed

Table 2. Morphological variables of the skull, mandible and dentition used in this study.

Twenty-three measurements of the skull, mandible and teeth (Table 2) were used as variables in the statistical analyses. The squared values of these variables were also used, in order to obtain quadratic discriminant functions. Canonical discriminant functions were obtained from two different data sets. The first was composed of 115 ungulate species and 22 craniodental measurements. This data set included all variables listed in Table 2 except lower molar tooth row length. The second set was a matrix with 134 species and 16 craniodental measurements, including all the variables used in the first data set except those measured at the first and second lower incisors, at the third lower molar, and the total molar tooth volume, as these variables were not available for 19 of the ungulate species. The squared values of craniodental measurements were also used as variables. Discriminant functions were obtained using the stepwise method based on maximising the Mahalanobis distance between the centroids of the groups compared.

Results and inferences on ancient taxa

Quadratic discriminant functions for each pair of dietary/habitat groups compared are provided in Table 3, which includes the unstandardised discriminant function coefficients (i.e., the multipliers of the variables when they are expressed in the original units of measurement). Table 3 also shows the high percentages of correct reclassifications obtained using the discriminant functions, which range from 88.2% to 100%.

These algorithms were applied to two extinct North American ungulates, the equid *Dinohippus leidyanus* Azzaroli, and the camelid *Stenomylus hitchcocki* Loomis. Previous speculations on the diets of these species are as follows (see chapters in Janis *et al.*, 1998). *Dinohippus* is a late Miocene equid, closely related to modern horses. It has usually been considered to be a grazer, due to its high degree of hypsodonty, but results obtained in recent morphological and biogeochemical studies on dental microwear and carbon isotopes have been interpreted as indicative of a browsing or mixed-feeding diet (MacFadden *et al.*, 1999). *Stenomylus* is a late Oligocene-early Miocene «gazelle camel». It has extremely hypsodont third molars, leading some workers to consider it to be a grazer. However, it also has a very narrow muzzle, and existed before the extensive spread of grasslands in North America, thus it would more likely be a mixed feeder.

TABLE 3

GROUPS COMPARED	N	ALG	DISCRIMINANT FUNCTION	EIGEN	R	L	C2	D2	R	%CR
herbivores ^(a) vs. omnivores ^(b)	N _A = 110 N _B = 5	1.1	$2.121\text{LPRL} - 5.059\text{PAW} + 0.533\text{SB} + 1.331\text{SD} - 0.238\text{SA} + 0.711\text{LM}^3 + 2.703\text{WM}^3 - 0.141\text{LPRL}^2 + 0.266\text{PAW}^2 - 0.047\text{SD}^2 - 0.087\text{SE}^2 + 1.436$	5.166	0.915	0.162	195.55	11.04	R _A = 0.48 R _B = 10.57 R ₀ = 5.01	100
grazers and mixed-feeders from open habitats ^(a) vs. browsers and mixed-feeders from closed habitats ^(b)	N _A = 64 N _B = 65	2.1	$1.207\text{JMB} - 0.400\text{LPRL} - 0.506\text{JLB} - 0.171\text{JMA} - 0.813\text{JMC} - 1.038\text{MZW} - 2.233\text{PAW} - 0.924\text{SB} + 0.548\text{SD} + 1.656\text{JD} + 0.716\text{LMRL} + 0.592\text{SC} - 0.574\text{CA} - 0.0345\text{LPRL}^2 + 0.011\text{JLB}^2 - 0.022\text{JMB}^2 + 0.022\text{JMC}^2 + 0.046\text{MZW}^2 + 0.187\text{PAW}^2 + 0.023\text{SB}^2 - 0.008\text{SD}^2 - 0.001\text{SE}^2 - 0.140\text{JD}^2 - 0.054\text{LMRL}^2 + 0.008\text{SA}^2 - 0.014\text{SC}^2 + 0.002\text{CA}^2 + 48.513$	3.873	0.892	0.205	170.74	3.90	R _A = 1.97 R _B = 1.94	97.7
	N _A = 58 N _B = 52	2.2	$1.000\text{JMB} - 0.267\text{LPRL} - 1.074\text{JLB} - 3.375\text{PAW} - 0.805\text{SB} + 0.219\text{RL} + 0.778\text{SD} + 3.237\text{JD} + 0.174\text{SC} - 0.264\text{CA} + 0.130\text{HM}^3 - 4.931\text{WM}^3 + 0.027\text{TV} - 0.034\text{LPRL}^2 + 0.034\text{JLB}^2 - 0.031\text{JMA}^2 - 0.027\text{JMB}^2 + 0.220\text{PAW}^2 + 0.026\text{SB}^2 - 0.258\text{JD}^2 + 0.001\text{CA}^2 - 0.411\text{WM}^2 + 1.741\text{WM}^3 + 24.841$	4.650	0.907	0.177	167.11	4.28	R _B = 0.02 R _A = 2.02 R _B = 2.95 R ₀ = -0.12 R _A = 1.10 R _B = -1.22 R ₀ = -0.06	98.2
	N _A = 7 N _B = 51	3.1	$0.874\text{SC} - 0.670\text{JLB} - 0.677\text{PAW} - 2.821\text{SB} - 1.309\text{BL} - 0.488\text{SA} + 13.447\text{WVB} + 1.502\text{LM}^3 + 1.526\text{LM}^2 + 0.118\text{SB}^2 + 0.0405\text{BL}^2 + 0.023\text{JD}^2 - 4.723\text{WVB}^2 + 9.184$	2.327	0.836	0.301	59.50	4.61	RA = 0.56 RB = -4.05 RO = -1.75 RA = 2.72	96.6
fresh-grass grazers ^(a) vs. general grazers and mixed-feeders from open habitats ^(b)	N _A = 21 N _B = 30	4.1	$0.336\text{JMC} + 1.504\text{MZW} - 1.139\text{PAW} + 0.245\text{BL} + 0.604\text{SE} - 0.295\text{SA} - 1.004\text{LM}^3 - 1.363\text{LM}^2 + 0.569\text{HM}^3 + 0.106\text{JD}^2 - 0.564$	5.391	0.918	0.157	81.61	4.62	RB = -1.90 RA = 2.96 RO = 0.41 RB = -1.65 RO = 0.35	98.0
general grazers ^(a) vs. mixed-feeders from open habitats ^(b)	N _A = 30	4.2	$0.770\text{JMC} + 1.421\text{MZW} - 1.305\text{PAW} - 0.873\text{LM}^3 - 0.484\text{LM}^2 - 1.170$	4.072	0.806	0.197	75.51	4.01		94.1

Continuación, Table 3.

GROUPS COMPARED	N	ALG	DISCRIMINANT FUNCTION	EIGEN	R	D2	R	%CR
frugivores ^(a) vs. browsers and mixed-feeders from closed habitats ^(b)	NA = 8 NB = 44	5.1	$2.043\text{LRL} - 2.135\text{JMC} - 2.648\text{PAW} - 0.531\text{SB} - 1.347\text{BL} + 1.137\text{SD} - 5.038\text{SE} + 13.623\text{JD} - 0.363\text{SA} + 0.955\text{SC} + 0.106\text{CA} - 1.313\text{LM12} + 4.561\text{HM3} - 22.478\text{WM3} + 0.062\text{BL2} + 0.663\text{SE2} - 1.389\text{JD2} + 2.727\text{WB2} - 0.658\text{HM32} + 12.247\text{WM32} - 0.002\text{TTV2} - 15.228$	3.945	0.893	0.202	61.54	98.0
browsers ^(a) vs. mixed-feeders from closed habitats ^(b)	NA = 24 NB = 20	6.1	$1.613\text{JMB} - 1.914\text{MZV} - 0.713\text{SA} - 1.373\text{CA} - 19.861\text{WB} - 3.947\text{HM3} - 0.070\text{JMC2} + 0.044\text{SB2} + 0.114\text{SD2} + 0.005\text{CA}^2 + 7.901\text{WB2} + 0.215\text{LM32} + 0.760\text{HM32} + 112.113$	3.035	0.867	0.248	48.13	97.7
general browsers ^(a) vs. high level browsers ^(b)	NA = 19 NB = 5	7.1	$3.413\text{LPLR} + 2.130\text{MZV} - 1.868\text{JD} - 0.975\text{SC} - 0.057\text{LR2} + 0.466\text{HM32} + 0.165$	10.016	0.954	0.091	45.59	100
							7.46	100
							RA = 5.91	
							RB = 1.55	
							RO = 2.18	

Table 3. Two-group quadratic discriminant functions between ungulate feeding/ habitat groups. Alg: algorithm, Eigen: eigenvalue, r: canonical correlation, y: Wilks' lambda, X2: test for Wilk's lambda (all functions are statistically significant at $p < 0.000001$), R: group centroids (RA, RB) and limit between groups (RO), D2: Mahalanobis distance between group centroids, %CR: percentage of correct reclassifications obtained with the discriminant function.

Results obtained with the discriminant functions provide inferences on the feeding behaviour of these fossil species. *D. leidyanus* and *S. hitchcocki* are unambiguously classified by algorithm 1.1 as phytophages (Fig. 1a). Algorithms 2.1 and 2.2, which are based on different sets of variables, classify them unequivocally as species from open habitats; it is interesting to note here that the hypsodonty index does not allow to determine the habitat adaptations of these species, since their intermediate values greatly overlap between species from open and closed habitats (Fig. 1b). Algorithm 3.1 indicates that *D. leidyanus* and *S.*

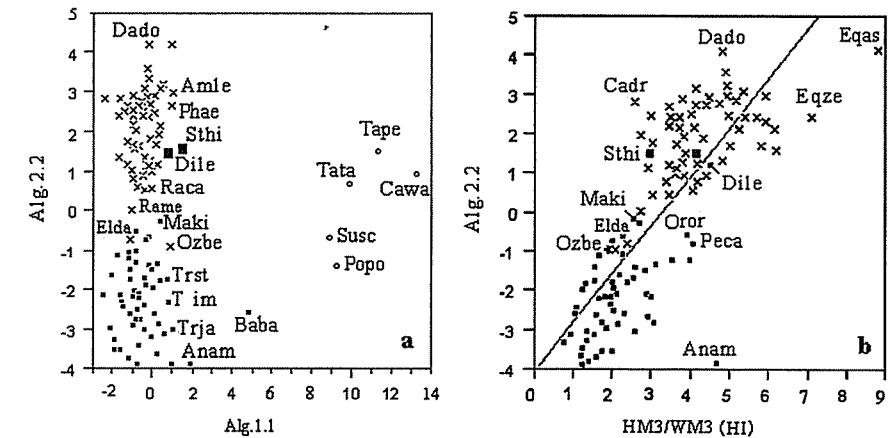


Figure 1. Bivariate scatter-plots of ungulate projections on algorithm 2.2 vs. (a) projections on algorithm 1.1, and (b) values of the hypsodonty index (HI). Open circles: omnivorous species (Cawa: *Catagonus wagneri*, Popo: *Potamochoerus porcus*, Susc: *Sus scrofa cristatus*, Tata: *Tayassu tajacu*, Tape: *Tayasu pecari*). Crosses: species from open habitats (Amle: *Ammotragus lervia*, Cadr: *Camelus dromedarius*, Dado: *Damaliscus dorcas*, Elda: *Elaphurus davidianus*, Eqas: *Equus asinus*, Eqze: *Equus zebra*, Ozbe: *Ozotoceros bezoarticus*, Phae: *Phacochoerus aethiopicus*, Raca: *Raphicerus campestris*, Rame: *Raphicerus melanotis*). Small black squares: species from closed habitats (Anam: *Antilocapra americana*, Baba: *Babyrousa babyrussa*, Maki: *Madoqua kirki*, Oror: *Oreotragus oreotragus*, Peca: *Pelea capreolus*, Trim: *Tragelaphus imberbis*, Trja: *Tragulus javanicus*, Trst: *Tragelaphus strepsiceros*). Large black squares: fossil species (Dile: *Dinohippus leidyanus*, Sthi: *Stenomylus hitchcocki*).

hitchcocki were not fresh-grass grazers (Figs. 2a-b). Finally, algorithm 4.1 helps to more accurately identify the trophic behaviour of these species: this discriminant function classifies *D. leidymanus* as a general grazer and *S. hitchcocki* as a mixed-feeder from open habitats (Fig. 2a).

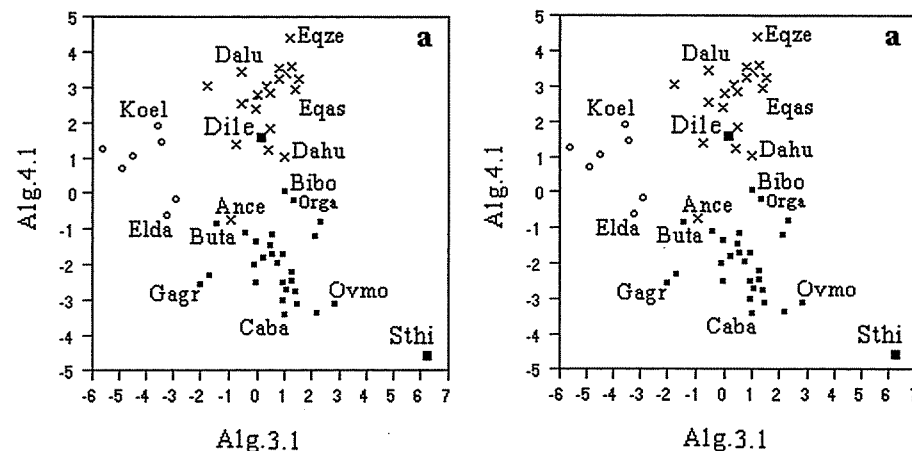


Figure 2. Bivariate scatter-plots of ungulate projections on algorithm 3.1 vs. projections on algorithms 4.1 (a) and 4.2 (b). Open circles: fresh-grass grazers (Koel: *Kobus ellipsiprymnus*, Koko: *Kobus kob*). Crosses: general grazers (Ance: *Antelope cervicapra*, Dahu: *Damaliscus hunteri*, Dalu: *Damaliscus lunatus*, Hini: *Hippotragus niger*). Small black squares: mixed-feeders from open habitats (Bibo: *Bison bonasus*, Buta: *Budorcas taxicolor*, Caba: *Camelus bactrianus*, Gagr: *Gazella granti*, Orga: *Oryx gazella*, Ovmo: *Ovibos moschatus*). Large black squares: extinct species. For other abbreviations, see legend of Fig. 1.

Conclusions

Results obtained in this study indicate that the characterization of aspects of craniodental structure which are closely related to feeding behaviour in ungulates is better addressed following a multivariate approach than with the previously employed univariate methods. Such characterization should allow for confidence in the determination of the feeding adaptations of extinct ungulates, as we can demonstrate correct assignment for living species of known diet not used for obtaining the algorithms.

Acknowledgments

This work has been financed in part by DGESIC project PB97-1082 (PP).

References

- Gagnon, M. and Chew, A.E. 2000. Dietary preferences in extant African Bovidae. *Journal of Mammalogy*, **81**, 490-511.
- Hofmann, R.R. and Stewart, D.R.M. 1972. Grazer or browser: a classification based on the stomach structure and feeding habits of East African ruminants. *Mammalia*, **36**, 226-240.
- Janis, C.M. 1988. An estimation of tooth volume and hypsodonty indices in ungulate mammals, and the correlation of these factors with dietary preference. In: *Teeth Revisited* (D.E. Russell, J.P. Santoro & D. Sigogneau, eds). *Mémoires du Muséum national d'Histoire naturelle du Paris (série C)*, **53**, 367-387.
- Janis, C.M. 1995. Correlations between craniodental morphology and feeding behaviour in ungulates: reciprocal illumination between living and fossil taxa. In: *Functional Morphology in Vertebrate Paleontology* (J.J. Thomason, ed). Cambridge University Press, Cambridge (UK), 76-98.
- Janis, C.M. and Ehrhardt, D. 1988. Correlation of the relative muzzle width and relative incisor width with dietary preferences in ungulates. *Zoological Journal of the Linnean Society*, **92**, 267-284.
- Janis, C.M., Scott, K.M. and Jacobs, L.L. (eds.) 1998. *Evolution of Tertiary Mammals of North America*. Cambridge University Press, Cambridge (UK).
- MacFadden, B.J. 2000. Cenozoic mammalian herbivores from the Americas: reconstructing ancient diets and terrestrial communities. *Annual Reviews in Ecology and Systematics*, **31**, 33-59.
- MacFadden, B.J. and Shockey, B.J. 1997. Ancient feeding ecology and niche differentiation of Pleistocene mammalian herbivores from Tarija, Bolivia: morphological and isotopic evidence. *Palaeobiology*, **23**, 77-100.
- MacFadden, B.J., Solounias, N. and Cerling, T.E. 1999. Ancient diets, ecology, and extinction of 5-million-year-old horses from Florida. *Science*, **283**, 824-827.
- Pérez-Barbería, F.J. and Gordon, I.J. 2001. Relationships between oral morphology and feeding style in the Ungulata: a phylogenetically controlled evaluation. *Proceedings of the Royal Society of London, series B*, **268**, 1021-1030.
- Spencer, L.M. 1997. Dietary adaptations of Plio-Pleistocene bovidae: implications for hominid habitat use. *Journal of Human Evolution*, **32**, 201-228.

La complejidad sutural en ammonites del Jurásico tardío: Restricciones morfoestructurales y marco ecológico

P. PALMQVIST¹, F. OLÓRIZ² Y J. A. PÉREZ CLAROS¹

Abstract Morphostructural and ecological constraints on suture complexity of Late Jurassic ammonites are analysed. Suture complexity was estimated using the fractal dimension (D_f). Whorl height is the morphological variable better correlated with D_f . Epiocéanic ammonites show the lowest D_f values in all taxonomic groups. Significant differences of D_f among basic planispiral shell types reflect maximum D_f values in nektonic, streamlined swimmers and minimum values in vertical vagrants. This would mean that suture complexity was more related to shell geometry than to bathymetry.

Key words: Ammonites, sutures, fractal dimension, planispiral types, Late Jurassic.

Palabras clave: Ammonites, suturas, dimensión fractal, tipos planispirales, Jurásico superior.

¹ Departamento de Ecología y Geología (Área de Paleontología), Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga. Campus de Teatinos. E-29071 Málaga, Spain. Paul.Palmqvist@uma.es, johnny@uma.es.

² Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Campus Universitario de Fuentenueva, E-18002 Granada, Spain. foloriz@goliat.ugr.es.

Introducción

El significado funcional de los septos recurvados y las suturas complejas en los cefalópodos ammonoideos ha generado un debate persistente desde que Buckland emitiese, a mediados del siglo XIX, la hipótesis de que tales estructuras estarían diseñadas para favorecer la resistencia de la concha a la presión hidrostática (ver revisión en Saunders, 1995). Otras interpretaciones sobre el significado de la complejidad sutural emanan del campo de la morfología funcional y construccional, de la fisiología y de la biología del desarrollo. Así, las explicaciones fabricacionales incluyen, por ejemplo, el considerar el replegamiento de los septos como una consecuencia de la presencia de puntos de anclaje del manto en expansión o el contemplar su desarrollo según un modelo de dedos viscosos; entre las interpretaciones de carácter funcional se cuentan el recurvamiento de los septos para incrementar la masa de la concha a fin de contrarrestar su flotabilidad, la presurización interna del gas para hacer frente a la presión externa del agua, la compresión y descompresión de una vejiga mediante una membrana (esto es, el modelo del submarino cartesiano) o su papel a la hora de facilitar la respiración o el transporte de líquido cameral (García-Ruiz y Checa, 1993; Seilacher y LaBarbera, 1995; Jacobs, 1996; Daniel *et al.*, 1997; Olóriz *et al.*, 1999).

El replegamiento de los septos se limita a su periferia, traduciéndose en un incremento de la complejidad de las suturas, y se ve acompañado de un adelgazamiento de estos tabiques, aunque su centro se engruesa para compensar la concentración de los esfuerzos (Westermann, 1996). Hewitt y Westermann (1997) propusieron que la función principal de los septos recurvados sería la de reforzar la pared de la concha frente a la carga hidrostática, que sería absorbida por la línea de sutura. De manera similar, Westermann (1999) sugiere que tanto la proporción entre el grosor en el centro y en los márgenes de los septos como la complejidad sutural tenderían a aumentar con la profundidad del hábitat en los ammonoideos mesozoicos. No obstante, los resultados obtenidos con una amplia base de datos del Jurásico superior indican que la complejidad sutural, estimada mediante la dimensión fractal de las líneas de sutura, es similar en los especímenes que se desenvolvían en plataformas epicontinentales y en aquellos provenientes de ambientes epiocéánicos, por lo que la complejidad no parece estar relacionada directamente con la profundidad potencial del hábitat (Olóriz y Palmqvist 1995; Olóriz *et al.*, 1997, 1999). Sin embargo, en tales estudios no se atendió al tamaño de los especímenes ni a su pertenencia a diferentes

grupos taxonómicos, lo que justifica efectuar un análisis que clarifique la influencia de ambos factores sobre la complejidad sutural. En el presente trabajo se avanzan datos e interpretaciones de la investigación en curso.

Material y métodos

A estos efectos, se presentan los resultados obtenidos en un análisis de la relación entre la complejidad sutural y la altura del flanco, estimada en aquel punto del fragmocono donde se tomó la sutura; la elección de la altura del flanco como estimador del tamaño se justifica al correlacionarse mejor la complejidad sutural con este parámetro que con el diámetro de la concha (Olóriz y Palmqvist, 1995; Pérez-Claros, 1999). Igualmente, se evalúa la complejidad sutural a nivel de superfamilias, ya que la mayor parte de los especímenes de la base de datos del Jurásico superior pertenecen al orden Ammonitina, y se comparan los valores de complejidad obtenidos en las morfologías básicas planispirales definidas por Westermann (1996), las cuales se relacionan estrechamente en opinión de este autor con el estilo de vida y la profundidad del hábitat de los ammonites. Los detalles sobre la metodología utilizada para calcular D_f según la técnica del compás se encuentran en Lutz y Boyajian (1995) y en Olóriz *et al.* (1997, 1999).

Resultados

La relación entre la dimensión fractal (D_f) de las suturas de los ammonites de ambientes neríticos y epiocéánicos en relación a la altura del flanco (A_f , variable transformada según $\log_{10}$ para evitar desviaciones de la normalidad) se muestra en la Figura 1. Un análisis de regresión por mínimos cuadrados permite apreciar la existencia de una relación directa y estadísticamente significativa entre ambas variables para el conjunto de los ejemplares analizados ($D_f = 1,25 \pm 0,02 + 0,15 \pm 0,02 \log A_f$; $r = 0,43$, $F = 63,83$, $p < 0,0001$, $N = 356$), lo que indica que la complejidad sutural tiende a ser superior en aquellos fragmoconos con flancos más altos (variable que explica un 18,5% de la varianza de D_f). No obstante, se observa un nivel importante de «ruido filogenético», responsable de la dispersión en las estimaciones de D_f para una altura con-

creta del flanco. La distribución de valores en ambos grupos muestra un amplio solapamiento, aunque las formas epiocéánicas presentan, en general, suturas más simples que las neríticas, lo que se refleja en que, para una altura concreta de flanco, los valores de D_f son inferiores en los especímenes provenientes de ambientes epiocéánicos. Por otra parte, al efectuar por separado análisis de regresión para los especímenes neríticos y los epiocéánicos, se aprecia una relación significativa entre la complejidad sutural y la altura del flanco en los primeros ($D_f = 1,23 \pm 0,02 + 0,16 \pm 0,02 \log A_f$; $r = 0,50$, $F = 78,51$, $p < 0,0001$, $N = 305$), pero no en los segundos ($D_f = 1,30 \pm 0,12 + 0,08 \pm 0,08 \log A_f$; $r = 0,15$, $F = 0,88$, $p = 0,35$, $N = 51$).

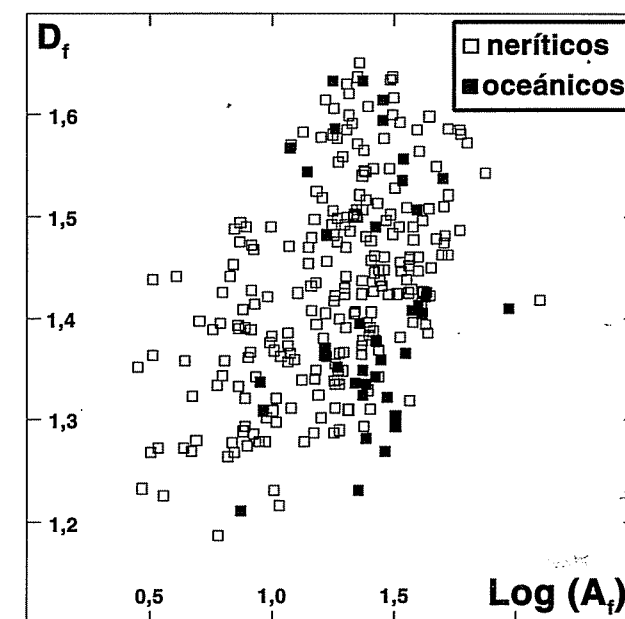


Figura 1. Diagrama en el que se relacionan los valores de dimensión fractal (D_f) de las suturas septales en los ammonites del Jurásico superior (base de datos recopilada por Olóriz *et al.*, 1997, 1999) frente a los logaritmos ($\log_{10}$) de la altura del flanco (A_f), medida en mm.

Los valores medios, mínimos y máximos de D_f en ammonites neríticos y epiocéánicos indican que no hay una tendencia diferencial al incremento de complejidad sutural para los ejemplares recolectados en facies epiocéánicas; de hecho, en la superfamilia Perisphinctaceae, que es el clado mejor representado en la muestra, las especies

neríticas presentan un valor de D_f (1,44) superior al de las epiocéánicas (1,36), según una diferencia estadísticamente significativa de acuerdo con la prueba t de Student ($t = 3.52$, $p < 0,001$), aún cuando ambos grupos presentan valores similares de altura del flanco (1,35 y 1,38, respectivamente; $t = 0,60$, $p > 0,1$; 26,0 y 26,5 mm para las medias sin transformar los datos logarítmicamente). Los Haplocerataceae, segundo grupo en abundancia, presentan un valor medio de D_f algo superior en los especímenes epiocéánicos que en los neríticos (1,48 y 1,42, respectivamente), aunque tal diferencia no resulta significativa ($t = 1,28$, $p > 0,1$); sin embargo, el valor medio de A_f es significativamente superior en los ejemplares epiocéánicos (1,50; 32,4 mm) frente a los neríticos (1,03; 13,5 mm), diferencia que resulta bastante significativa ($t = 4,67$, $p < 0,001$). Finalmente, los Phyllocerataceae muestran valores de D_f similares en ambos casos (medias de 1,49 y 1,50 en neríticos y epiocéánicos, respectivamente; ($t = 0,16$, $p > 0,1$), aún cuando los valores de A_f son mayores en las especies epiocéánicas del clado (1,23 y 1,61; 20,6 y 51,2 mm, respectivamente; $t = 1,44$, $p > 0,1$). Tales resultados indican que la complejidad sutural, estimada mediante la dimensión fractal, no se relaciona con la distribución paleogeográfica.

Se aprecian también diferencias interesantes en los valores medios de D_f obtenidos para las morfologías planispirales básicas propuestas por Westermann (1996). Así, los datos recogidos en la Tabla 1 (ver también Fig. 2) revelan que los oxiconos y los oxiconos-discoconos, fragmoconos involutos con sección subtriangular u ovalada alta, respectivamente, presentan los valores más altos de D_f ($>1,5$ en ambos casos). Estas morfologías corresponderían a formas nadadoras activas, con alta maniobrabilidad y capacidad de alcanzar velocidades favorables para la captura de sus presas, según la interpretación efectuada por Westermann (1996); tales especímenes muestran una concha comprimida lateralmente, cuya concha presenta una superficie relativa ($S:V$) alta. El recurvamiento de los septos proporcionaría un refuerzo de la concha y, además, ayudaría en la regulación de la flotabilidad, conforme a las interpretaciones recientes sobre transporte del líquido cameral (Saunders, 1995; Daniel *et al.*, 1997).

Los discoconos y los oxiconos-platiconos, que presentan secciones ovaladas altas y enrollamiento que resulta en conchas entre involutas y de enrollamiento intermedio, muestran también valores relativamente altos de D_f ($\sim 1,44$ en ambos casos), lo que resulta congruente con un cociente $S:V$ elevado en conchas comparativamente menos hidrodinámicas

TIPO DE CONCHA	N	$D_{f \text{ med.}}$	σ_{Df}	$D_{f \text{ mín.}}$	$D_{f \text{ máx.}}$	$\log(A_f)_{\text{med.}}$
Oxiconos	14	1,51	0,07	1,37	1,64	1,33
Oxiconos/discoconos	12	1,52	0,12	1,31	1,65	1,27
Discoconos	47	1,44	0,10	1,19	1,62	1,20
Oxiconos/platiconos	8	1,44	0,06	1,33	1,50	1,35
Discoconos/platiconos	87	1,41	0,10	1,19	1,63	1,35
Platiconos	169	1,42	0,09	1,22	1,66	1,25
Platiconos/serpenticonos	59	1,43	0,08	1,23	1,59	1,27
Serpenticonos	48	1,41	0,10	1,22	1,62	1,28
Planorbiconos	19	1,43	0,10	1,28	1,60	1,26
Cadiconos	7	1,38	0,04	1,33	1,44	1,36
Discoconos/esferoconos	9	1,39	0,07	1,30	1,48	1,24
Esferoconos	4	1,38	0,16	1,19	1,54	1,42
Elipsoesferoconos	5	1,31	0,06	1,23	1,39	0,74

Tabla 1. Estadísticos centrales y de dispersión (número de casos, media, desviación estándar, mínimo y máximo) para la dimensión fractal de las suturas (D_f) en los ammonites de la base de datos recopilada por Olóriz *et al.* (1997, 1999) para el Jurásico superior, clasificados según tipos de concha planispirales (Westermann, 1996). Se muestran también los valores medios en cada morfotipo de la altura del flanco (A_f) y el grado de involución (WD), calculado este último multiplicando la tasa de expansión espiral por la distancia de la curva generatriz al eje de enrollamiento.

cas que las anteriores, cuyo grado de maniobrabilidad sería presumiblemente menor. Los planorbiconos (evolutos con sección subcircular a deprimida) y los platiconos (involutos a moderadamente evolutos, con secciones subrectangulares y comprimidas) serían según Westermann (1996) epibentónicos vágiles (*demersals*) con una capacidad de natación baja o moderada dentro del estándar de los ammonites. Sus valores de D_f son intermedios (1,43 y 1,42, respectivamente), según lo esperable de sus cocientes $S:V$, también intermedios.

Tal y como se reconoce en el caso de los planorbiconos, los serpenticonos (conchas muy evolutas a advolutas, con sección desde subcircular a deprimida) y los platiconos-serpenticonos muestran cámaras de habitación longidómicas que los capacitarían pobremente como na-

dadores. Estos ammonites serían, presumiblemente, planctónicos con desplazamiento pasivo (Westermann, 1996). Sus valores de D_f resultan intermedios (1,41 y 1,43, respectivamente).

Finalmente, las conchas subglobulares tipo esferocono (con cámara de habitación involuta) y cadicono (con ombligo angular y abierto), los eliptoesferoconos (cámara de habitación que se hace evoluta) y las morfologías intermedias entre discoconos y esferoconos presentan un enrollamiento que resulta en conchas desde involutas hasta de enrollamiento intermedio, con secciones deprimidas a ovales-subcirculares, en correspondencia con formas poco hidrodinámicas que no podrían desenvolverse como nadadores activos, por lo que Westermann (1996) las considera migradores verticales. Estas formas muestran los valores más bajos de D_f (1,38, 1,39, 1,31 y 1,39, respectivamente), lo que resulta congruente con su cociente $S:V$ reducido. Tal resultado sugiere, nuevamente, que la complejidad sutural no estaría relacionada con la profundidad del hábitat y la capacidad del fragmococono para resistir la presión hidrostática, sino con la geometría de la concha y sus propiedades hidrodinámicas, al menos en el caso de las formas neotónicas del Jurásico superior. Por otra parte, si estas formas efectuaban desplazamientos batimétricos importantes, tal y como sugiere Westermann (1996), los resultados obtenidos indican que la complejidad sutural no se encontraría relacionada con el control de la flotabilidad.

Conclusiones

La dimensión fractal de las suturas de los ammonites del Jurásico superior se relaciona de manera directa con la altura del flanco, tanto en especímenes provenientes de ambientes neríticos como en los epiocéánicos, aunque los segundos presentan, por lo general, suturas más simples.

Se aprecian diferencias interesantes en los valores medios de dimensión fractal correspondientes a las morfologías planispirales básicas. Así, los conchas involutas con sección comprimida lateralmente, interpretables como pertenecientes a formas nadadoras activas con alta maniobrabilidad, presentan las suturas más complejas, mientras que aquellas otras con secciones que van desde deprimidas a subcirculares y enrollamiento de involuto a intermedio, que corresponderían según Westermann (1996) a formas con capacidad de efectuar desplazamientos

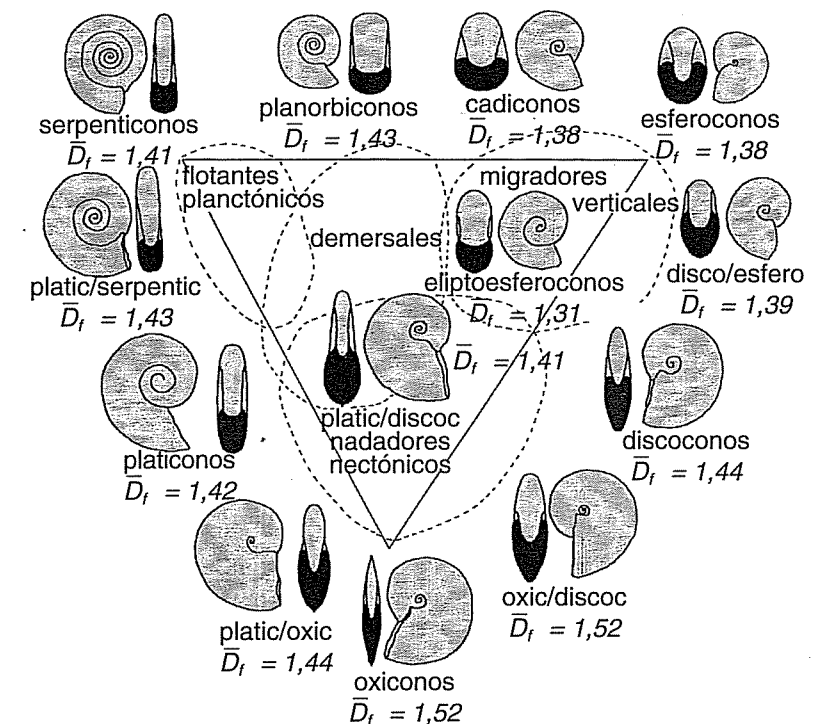


Figura 2. Morfologías planispirales básicas de ammonites (ejemplos del Jurásico superior) y sus hábitats de preferencia en el ambiente pelágico (según Westermann, 1996), junto a sus valores medios de dimensión fractal (D_f) para las suturas (datos tomados de la Tabla 2). La categoría «planctónicos» incluye a las formas que se desplazarían pasivamente al estar escasamente capacitadas para la natación, como los serpenticonos, y a las que efectuarían migraciones verticales, principalmente los esferoconos y los cadiconos. En los demersales se incluyen los platiconos y los planorbiconos. Las formas nadadoras neotónicas, con alto potencial hidrodinámico, están representadas por los oxiconos, así como por algunos discoconos y platiconos. La morfología de los demersales se solapa en gran medida con la de las formas neotónicas, según muestran las categorías intermedias.

tos batimétricos importantes, muestran las suturas más sencillas. Finalmente, las conchas muy evolutas a advolutas, con sección desde subcircular a deprimida y cámara de habitación longidómica, estarían escasamente capacitadas para la natación, presentando suturas de complejidad intermedia.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por los proyectos PB97-0803 (FO) y PB97-1082 (PP).

Bibliografía

- Daniel, T. L., Helmuth, B. S., Saunders, W. B. and Ward, P. 1997. Septal complexity in ammonoid cephalopods increased mechanical risk and limited depth. *Paleobiology*, **23**, 470-481.
- García-Ruiz, J. M. and Checa, A. 1993. A model for the morphogenesis of ammonoid septal sutures. *Geobios Mémoire Spécial*, **15**, 157-162.
- Hewitt, R. A. and Westermann, G. E. G. 1997. Mechanical significance of ammonoid septa with complex sutures. *Lethaia*, **30**, 205-212.
- Jacobs, D. K. 1996. Chambered cephalopod shells, buoyancy, structure and decoupling: history and red herrings. *Palaos*, **11**, 610-614.
- Lutz, T. M. and Boyajian, G. E. 1995. Fractal geometry of ammonoid sutures. *Paleobiology*, **21**, 329-342.
- Olóriz, F. and Palmqvist, P. 1995. Sutural complexity and bathymetry in ammonites: fact or artifact? *Lethaia*, **28**, 167-170.
- Olóriz, F. Palmqvist, P. and Pérez-Claros, J. A. 1997. Shell features, main colonized environments, and fractal analysis of sutures in Late Jurassic ammonites. *Lethaia*, **30**, 191-204.
- Olóriz, F. Palmqvist, P. and Pérez-Claros, J. A. 1999. Recent advances in morphometric approaches to covariation of shell features and the complexity of suture lines in Late Jurassic ammonites, with reference to the major environments colonized. In Olóriz, F. & Rodríguez-Tovar, F. J. (eds.): *Advancing Research on Living and Fossil Cephalopods*, 273-293. Plenum Press, New York.
- Pérez-Claros, J. A. 1999. *Análisis morfométrico de la complejidad sutural en ammonites del Jurásico superior, en relación a las características del fragmocono y el paleoambiente*. Tesis Doctoral (inédita), Universidad de Málaga, 508 pp.
- Saunders, W. B. 1995. The ammonoid suture problem: relationships between shell and septum thickness and suture complexity in Paleozoic ammonoids. *Paleobiology*, **21**, 343-355.

- Seilacher, A. and Labarbera, M. 1995. Ammonites as cartesian divers. *Palaos*, **10**, 493-506.
- Westermann, G. E. G. 1996. Ammonoid life and habitat. In Landman, N. H., Tanabe, K. & Davis, R. A. (eds.): *Ammonoid Paleobiology*, 608-710.
- Westermann, G. E. G. 1999. Recent hypotheses on mechanical and metabolic functions of septal fluting and sutural complexity in post-Carboniferous ammonoids. In Histon, K. (ed.): *V International Symposium «Cephalopods – Present and Past», Abstract Volume. Berichte der Geologischen Bundesanstalt*, **46**, 120.

Revisão preliminar dos graptólitos silúricos portugueses de tipo «sardo»

J. M. PIÇARRA¹ e J. C. GUTIÉRREZ-MARCO²

Abstract A preliminary review of the type material of 22 graptolite taxa (species and «varieties») from Portuguese Silurian localities, all of them adscribed to the so called «Sardic fauna» of the Mediterranean Wenlock, have shown that most of its holotypes and paratypes corresponded to heavily deformed and unrecognizable monograptids. In order to maintain the taxonomic stability, we propose to restrict most of the Portuguese species and subspecies to its cotypes, as well as diverse synonymies with other previously known taxa.

Key words: Graptolites, Silurian, Palaeogeography, Taxonomical review, «Sardic fauna», Portugal.

Palavras chave: Graptólitos, Silúrico, Paleogeografia, Revisão taxonómica, «fauna sárdica», Portugal.

Introdução e apresentação de resultados

Os Graptólitos de tipo «sardo» são caracterizados por apresentarem um rabdosoma bastante largo e, normalmente, um número reduzido

¹ Instituto Geológico e Mineiro, Ap. 104, 7801-902 Beja Codex, Portugal. jose.picarra@igm.pt.

² Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), Facultad de CC. Geológicas, 28040 Madrid, España. jcgrapto@eucmax.sim.ucm.es.

de tecas. Estas formas foram assinaladas pela primeira vez em materiais do Venloquiano da Sardenha, Itália (Meneghini, 1857; Gortani, 1922 a, b) enquanto que, em Portugal, é Delgado (1908) que primeiro cita a presença de espécies novas, sendo «algumas de dimensões extraordinárias», mas sem chegar a proposições taxonómicas formais. A chamada «fauna sárdica» é dada a conhecer em outras regiões da área mediterrânea actual, tais como os Alpes Cárnicos, Pirinéus, centro da Península Ibérica, Maciço Armoricano, Boémia, Thuringia, Bulgária, Turquia, Argélia e Marrocos, sugerindo Degardin (1981, com referências) que essa fauna se distribuíra exclusivamente na plataforma septentrional do continente chamado «Nigritia» (= margem norte de Gondwana).

Novas referências portuguesas de graptólitos de tipo «sardo» são apresentadas por Perdígão (1961), Romariz (1962, 1969) e Waterlot (1965). Romariz assinala numerosas formas «sárdicas», distribuídas por várias regiões do país, nas quais se incluem 21 novas espécies e 3 novas variedades de espécies já definidas, a maioria atribuídas ao Venloquiano. Waterlot, de material proveniente de S. Pedro da Cova (Valonga), descreve 3 novas espécies e 2 novas variedades.

Nos últimos anos, a credibilidade desta «fauna sárdica» tem sido questionada (Jaeger, 1976; Rickards *et al.*, 1990; Couto *et al.*, 1997; Piçarra, 2000), em virtude da grande maioria das suas formas terem sido definidas com exemplares muito deformados e de posição estratigráfica duvidosa.

A presente nota expõe os resultados preliminares obtidos na revisão de grande parte do material original dos graptólitos «sardos» considerados por Romariz (1962, 1969), como espécies ou variedades novas (Estampa 1). Estes exemplares eram até à poucos meses dados como tendo sido destruídos pelo incêndio da Faculdade de Ciências de Lisboa, ocorrido em 1978.

Das 24 novos táxons descritos por Romariz no «Salopiano», apenas não se observaram os exemplares tipo de «*Monograptus delgadoi*» e «*Monograptus uncinatus medius*». As formas revistas e o número de sintipos de cada uma delas (com indicação entre parêntesis do número de sintipos para cada forma), são os seguintes: «*Bulmanograptus lusitanicus*» (2), «*Monoclimacis lusitanica*» (3), «*Monograptus carringtoni*» (19), «*M. duriensis*» (6), «*M. flemingii nobilis*» (5), «*M. latus giganteus*» (1), «*M. lusitanicus*» (5), «*M. pauperrimus*» (2), «*M. pectiniformis*»

(4), «*M. pennatulus*» (4), «*M. recareiensis*» (4), «*M. rectus*» (4), «*M. ribeiroi*» (2), «*M. teixeirai*» (9), «*Pristiograptus acutus*» (11), «*P. amplus*» (8), «*P. angulosus*» (25), «*P. delgadoi*» (12), «*P. denticulatus*» (1), «*P. tubiformis*» (2), «*P. valongensis*» (14) e «*Retiolites transmontana*» (3).

O material aparece fundamentalmente em xistos negros grafitosos provenientes maioritariamente da região de Valongo e em pequena percentagem de jazidas das áreas de Amarante, Mação e de Trás-os-Montes. Pelo menos 12 dos exemplares tipo designados por Romariz (1962) são da colecção de Delgado (1908) que os havia identificado como novas espécies em nomenclatura aberta (*Monograptus* a, b, d, etc).

A maioria das formas de Romariz (1962) correspondem a fragmentos distais do rabdosoma, por vezes, de reduzida dimensão, geralmente mal conservados e com pouco contraste em relação à rocha matriz. São raríssimos os exemplares tipo que apresentam a parte proximal ou conservam detalhes precisos da morfologia tecal, ambos factores essenciais para a distinção genérica. A maioria das amostras apresenta também uma forte lineação de estiramento, como resultado da intensa deformação tectónica associada à Orogenia Hercínica.

Ao analisarmos as duas características morfológicas principais dos exemplares tipo das formas portuguesas, concretamente a grande largura do rabdosoma e o reduzido número de tecas em relação a outras formas do mesmo género, verificamos que estão dependentes não só da forte lineação de estiramento, como também da própria expansão da rocha por injeção de água através dos planos de estratificação e xistosidade, de que são exemplo típico as trilobites gigantes do Ordovício de Valongo (Couto *et al.*, 1997). O ângulo que a lineação de estiramento faz com o eixo do rabdosoma é também determinante no valor da largura deste e na forma das tecas. A largura do rabdosoma é maior quando o valor daquele ângulo se aproxima dos 90°.

Quando o ângulo é próximo de 0°, o rabdosoma apresenta normalmente uma largura menor, estando esta mais dependente da maior ou menor expansão da rocha. A variação volumétrica da rocha está bem expressa nos exemplares de «*M. rectus*» que, com o mesmo ângulo entre a lineação de estiramento e o eixo dos rabdosomas, apresentam valores de 8, 10 e 12 mm para a largura dos rabdosomas.

Conclusões

Os dados disponíveis apontam para que os caracteres diagnósticos essenciais das formas «sardas» definidas por Romariz (1962, 1969), com excepção de «*Monograptus delgadoi*» e «*Monograptus uncinatus medius*» (cujo material tipo não foi revisto), não são significativos do ponto de vista taxonómico e na sua maioria são o resultado da deformação tectónica e da variação volumétrica experimentada pela rocha matriz.

O mau estado de preservação e a elevada deformação sofrida pelos exemplares tipo da maior parte das espécies ou subespécies impede que se assinalasse qualquer outro novo exemplar às mesmas, excepto no caso de *Dimorphograptus* (ex *Bulmanograptus*) *lusitanicus*. Deste modo, dado que quase todos os táxons foram descritos de uma forma válida (com descrição e ilustrações do material tipo) e para evitar confusões e riscos de desestabilização nomenclatural, propomos restringir quase todas as espécies ou subespécies ao seu holotipo ou lectotipo (aqui designado), com excepção das formas «*M. uncinatus medius*» e «*P. denticulatus*». Consideramos inválidas estas duas formas por não existir nenhuma ilustração do seu material tipo acompanhando a descrição original (Romariz, 1962). As espécies que requerem a designação de um lectotipo, por não se explicitar este e serem vários os exemplares presentes na amostra original, são os seguintes (entre parêntesis indica-se a sua ilustração em Romariz, 1962): «*Monograptus carringtoni*» (Est. 7, Fig. 1 inferior), «*Monograptus ribeiroi*» (Est. 6, 7), «*Pristiograptus angulosus*» (Est. 9, Figs. 4 e 7) e «*Pristiograptus tubiformis*» (Est. 9, Figs. 8 e 10).

Nos casos em que os exemplares conservam a parte proximal do rabdosoma (só no holotipo e paratipos de «*Monograptus carringtoni*» e num paratipo de «*M. pennatulus*») é possível reconhecer que os táxons revistos parecem corresponder a variantes deformadas de espécies conhecidas, talvez de *Monograptus flemingii* (holotipo de «*Monograptus carringtoni*» e paratipo de «*M. pennatulus*») e *Monograptus belophorus* (paratipos de «*M. carringtoni*»). O material tipo dos restantes táxons «sárdicos» portugueses corresponde rigorosamente a formas especificamente indetermináveis de *Retiolites*? sp., *Monograptus*? sp., *Monoclimacis*? sp., *Pristiograptus*? sp. e *Pristiograptus* gr. *dubius*.

Concluindo, do ponto de vista bioestratigráfico, Romariz (1962, 1969) atribuiu o material tipo dos seus novos táxons portugueses à Biozona de *Cyrtograptus rigidus* do Venloquiano (Sheinwoodiano), mas a existência de graptólitos deformados procedentes de horizontes mais antigos (Aeroniano) fica confirmada pela presença de *Dimorphograptus*

(«*Bulmanograptus lusitanicus*») e não é de excluir também que algumas localidades tipo destes táxons portugueses cheguem ao Homeriano basal, onde existem muitas formas susceptíveis de sofrer uma deformação semelhante às estudadas (*Monograptus flemingii*, *Pristiograptus meneghini*, *P. pseudodubius*, *Monoclimacis flumendosae*, etc.).

Agradecimentos

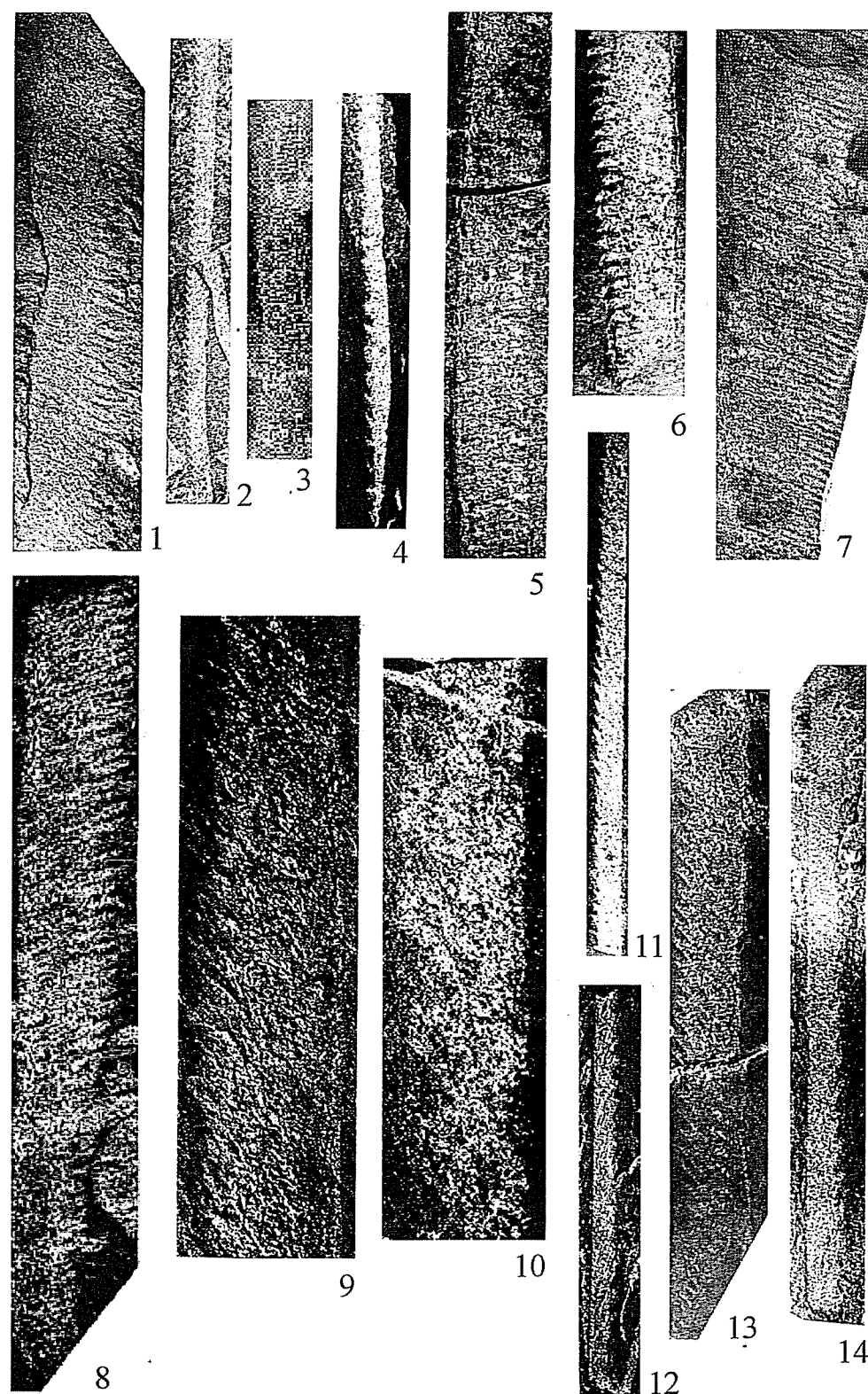
Os autores agradecem à Dra Liliana Póvoas, do Museu de História Natural da Faculdade de Ciências de Lisboa, o facto de nos ter alertado para a existência deste material e de nos ter facilitado o seu estudo. Esta nota é uma contribuição para o Projecto n.º 421 do IGCP (IUGS-UNESCO).

Bibliografia

- Couto, H., Piçarra, J. M. y Gutiérrez-Marco, J. C. 1997. El Paleozoico del Anticlinal de Valongo (Portugal). In: Grandal d'Anglade, A, Gutiérrez-Marco, J. C. y Santos Fidalgo, L. (eds), XIII Jornadas de Paleontologia e V Reunión Internacional del proyecto PICG 351, A Coruña, Libro de Resúmenes y Excursiones, 269-290.
- Dégardin, J. M. 1981. La faune à Graptolites de type sarde: son extension stratigraphique et sa répartition paléogéographique. *Annales de la Société Géologique du Nord*, **100**, 119-129.
- Delgado, J. F. N. 1908. Système Silurique du Portugal. Étude de stratigraphie paléontologique. *Mémoires de la Commission du Service Géologique du Portugal*, **4**, 245 pp.
- Gortani, M. 1922a. Faune paleozoiche della Sardegna. Parte I. Le graptoliti di Goni, *Palaeontographia Italica*, **28**, 41-68.
- Gortani, M. 1922b. Faune paleozoiche della Sardegna. Parte II. Graptoliti della Sardegna orientale. *Palaeontographia Italica*, **28**, 95-112.
- Jaeger, H. 1976. Das Silur und Unterdevon vom thüringischen Typ in Sardinien und seine regionalgeologische Bedeutung. *Nova Acta Leopoldina, neue Folge*, **45** (224), 263-299.
- Meneghini, G. 1857. Paléontologie de l'Ile de Sardaigne. In: La Marmora, A., *Voyage en Sardaigne*. Imprimerie Royal, Turin, 584 pp.

- Perdigão, J. C. 1961. Fauna graptolítica gigante, tipicamente mediterrânica, em Portugal. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, **45**, 519-528.
- Piçarra, J. M. 2000. Estudo estratigráfico do sector de Estremoz-Barrancos, Zona de Ossa Morena, Portugal. Litoestratigrafia do intervalo Câmbrico médio?-Devónico inferior (Vol. I); Bioestratigrafia do intervalo Ordovícico-Devónico inferior (Vol. II). Tese de doutoramento, Universidade de Évora, 268 pp.
- Rickards, R. B., Rigby, S. y Harris, J. H. 1990. Graptoloid biogeography: recent progress, future hopes. In: McKerrow, W. S. & Scotese, C. R. (eds), *Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography*, Geological Society Memoir, **12**, 139-145.
- Romariz, C. 1962. Graptolitos do Silúrico Português. *Revista da Faculdade de Ciências de Lisboa*, 2.ª sér., **C, 10** (2), 115-312.
- Romariz, C. 1969. Graptolitos silúricos do Noroeste Peninsular. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, **53**, 107-155.
- Waterlot, G. 1965. Découverte d'une faune graptolitique géante dans le Llandoveryen et le Tarannonien inférieur des environs de Porto (Portugal). *Annales de la Société Géologique du Nord*, **85**, 159-168.

Estampa 1. Alguns graptólitos «sardos» (holotipos ou lectotipos) da colecção de Romariz. 1. «*Monograptus pectiniformis*» (x 2); 2. «*M. flemingii nobilis*» (x 0,8); 3. «*M. teixeirai*» (x 0,7); 4. «*M. recareiensis*»; 5. «*M. lusitanicus*» (x 2); 6. «*M. latus giganteus*» (x 2,5); 7. «*M. rectus*» (x 3); 8. «*M. carringtoni*» (x 2,5); 9. «*M. duriensis*» (x 3,5); 10. «*Monoclimacis lusitana*» (x 2); 11. «*Pristiograptus acutus*»; 12. «*P. angulosus*» (x 2); 13. «*P. amplus*» (x 1,5); 14. «*P. valongensis*» (x 1,5).



Escamas de elasmobranquios y actinopterigios del Triásico Medio de Henarejos (Cuenca, España): primeros datos

P PLASENCIA^{1,2}, L. MÁRQUEZ¹ y A. MÁRQUEZ-ALIAGA^{1,2}

Abstract Microfossil fish scales from the Muschelkalk of Iberia (Henarejos, Cuenca, Spain) are described for the first time. Placoid (Elasmobranchs) and ganoid (Actinopterygians) scales of Middle Triassic have been determined.

Key words: Microfossils, Elasmobranchs, Actinopterygians, Middle Triassic, Iberian Range.

Palabras clave: Microfósiles, Elasmobranquios, Actinopterigios, Triásico Medio, Cordillera Ibérica.

Introducción

El yacimiento de Henarejos está situado en la Serranía de Cuenca (España). Los materiales estudiados pertenecen al tramo dolomítico su-

¹ Departamento de Geología; Universitat de València, C/ Dr. Moliner, 50, 46100 Burjassot (Valencia). Leopoldo.Marquez@uv.es.

² Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Departamento de Geología. Universitat de València. Campus de Burjassot. C/Dr. Moliner, 50, 46100 Burjassot (Valencia). Ana.Marquez@uv.es, eplasen@informed.es.

perior del Muschelkalk de la Cordillera Ibérica (López *et al.* 1987). El registro fósil de Henarejos, estudiado principalmente por Márquez-Aliaga (1985), está constituido por bivalvos, conodontos, gasterópodos, foraminíferos, ammonites y vertebrados. Este conjunto paleontológico está datado como Ladiniense.

Material de estudio

El registro fósil de peces de Henarejos se compone principalmente de microfósiles: escamas, dientes y fragmentos de mandíbulas y de huesos que aparecen en gran número (más de 100 elementos) y en buen estado de conservación. En el presente trabajo se estudian las escamas halladas en el nivel He-14 (Márquez-Aliaga, 1985), que constituye el tramo más fosilífero de la serie citada.

Aproximación sistemática

El uso de las escamas desarticuladas para identificar un pez a nivel específico es difícil (Duffin, 1999) debido a varios factores. Primero, por la falta de material articulado con el que realizar comparaciones entre taxones. Segundo, porque las escamas, dentro de un mismo organismo, presentan diversas morfologías dependiendo de la posición en el cuerpo del animal y de su función. Sin embargo, para la adscripción a categorías taxonómicas superiores sí pueden ser utilizadas y esto permite la clasificación de las escamas de Henarejos en dos taxones: Elasmobranquios y Actinoptergios.

ELASMOBRANQUIOS

Las escamas de tipo placoideo (Meléndez, 1986; Hickman *et al.* 1998) representan aproximadamente el 90% de las escamas encontradas y pertenecen a Elasmobranquios (probablemente seláceos) siendo de morfologías muy diversas. Para la clasificación y determinación de las mismas se siguen los criterios de Johns (1996), quien realiza una clasificación morfológica y no taxonómica. La escama se compone de una corona, que estaría en contacto con el exterior y un pedículo, que se in-

sertaría en el cuerpo del animal. Las escamas encontradas presentan muy diversas morfologías: 1) Pedículo tetraédrico liso con la silueta de la base romboidal y sin costillas bien desarrolladas en su superficie. La corona es ancha y con costillas que se extienden del extremo anterior al posterior (Lám. 1.a). 2) Pedículo truncado acanalado y corto con la silueta de la base de distintas formas. La corona tiene forma lanceolada y presenta una cúspide principal con dos laterales menos desarrolladas, que pueden presentar costillas (Lám. 1.b). 3) Pedículo truncado acanalado con numerosas costillas en su superficie y la base de silueta redondeada. La corona es ancha y poco o nada ornamentada (Lám. 1.c).

ACTINOPTERGIOS

Las escamas de tipo ganoideo (Meléndez, 1986; Hickman *et al.*, 1998), representan aproximadamente el 10% de las registradas. Tienen forma romboidal, presentando en la cara ventral estructuras de anclaje o poros para la entrada de canales vasculares y en la cara dorsal ornamentaciones consistentes en una serie de costillas en dirección antero-posterior (Lám. 1.d).

Conclusiones

En este trabajo se aborda por primera vez el estudio de escamas de peces del Triásico de España, concretamente en el yacimiento de Henarejos, donde son muy abundantes, con una gran diversidad morfológica y un buen estado de conservación. Se han podido determinar escamas placoideas (90%) y ganoideas (10%) similares a las obtenidas por Johns (1996) en la Columbia Británica (Canadá) y por Delsate y Duffin (1999) en Luxemburgo, en materiales que estos autores datan como Triásico Medio.

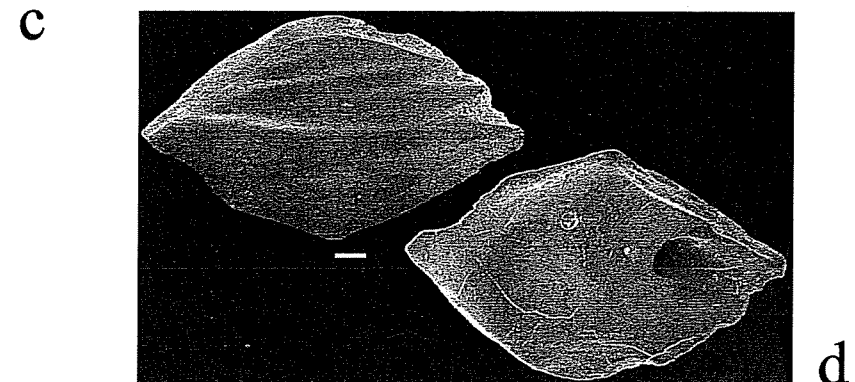
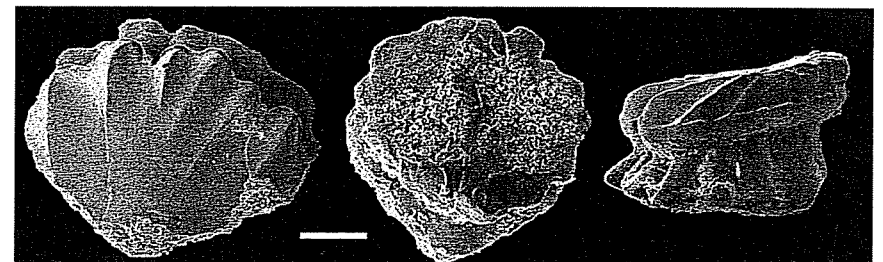
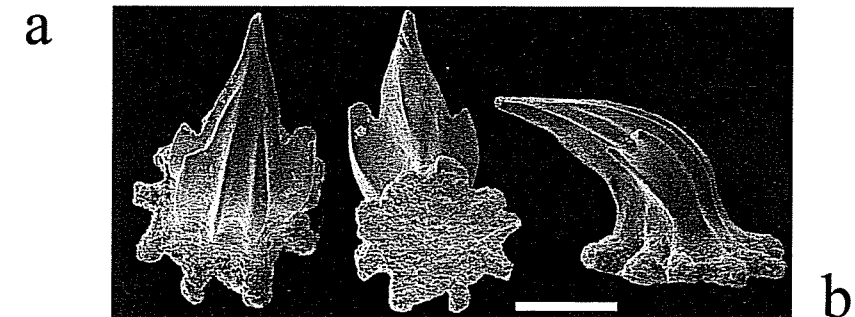
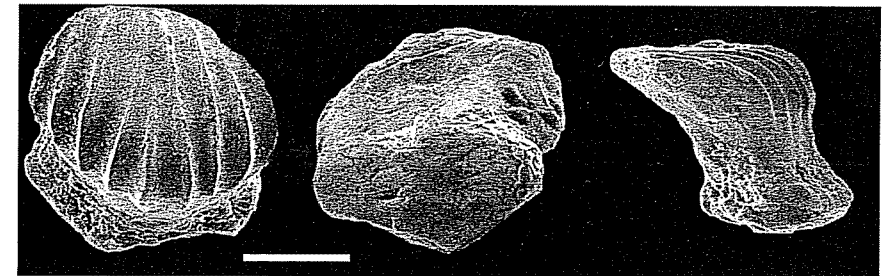
Agradecimientos

Agradecemos a Héctor Botella (Universitat de València) y al Dr. Christopher J. Duffin (Surrey, Inglaterra) su colaboración. Trabajo financiado por el proyecto DGYT PB98-0488.

Bibliografía

- Delsate, D. and Duffin, C. J. 1999. A new fish fauna from the Middle Triassic (Upper Muschelkalk) of Moersdorf (Gran Duchy of Luxembourg). *Travaux. Science Musée National d'histoire naturelle de Luxembourg*, **32**, 5-52.
- Duffin, C. J. 1999. Fish. In: *Fossils of the Rhaetian Penarth Group* (Andrew Swift, ed.). The Paleontological Association, London, 191-222.
- Hickman, C. P., Roberts, L. S., and Larson, A. 1998. *Zoología. Principios integrales*. McGraw-Hill/Interamericana, 921 pp.
- Johns, M. 1996. Diagnostic pedicle features of Middle and late Triassic elasmobranch scales from northeastern British Columbia, Canada, *Micropaleontology*, **42** (4) 335-350.
- López, J., Márquez-Aliaga, A., Arche, A. y Goy, A. 1987. La facies Muchelkalk de Henarejos (Cuenca): sedimentología y fauna del tramo superior. *Cuadernos de Geología Ibérica*, **11**, 665-676.
- Márquez-Aliaga, A. 1985. Bivalvos del Triásico Medio del sector meridional de la Cordillera Ibérica y de los Catalánides. *Publicaciones Universidad Complutense de Madrid*, **40**, 1-429.
- Meléndez, B. 1986. Vertebrados. Generalidades En: *Paleontología. Tomo 2. Vertebrados* (B. MELÉNDEZ, ed.). Paraninfo, Madrid, 39-63.

Lámina 1. a. Escamas plácoideas de Elasmobranquio (EPE). Vistas anterior, inferior y de perfil. He14a028. b. EPE. Vistas anterior, interior y de perfil. He14a025. c. EPE. Vistas anterior, inferior y de perfil. He14a011. d) Escama ganoidea de Actinopterigio. Vistas dorsal y ventral. He14a045. Todas las barras = 100 μ .



Dimorfismo sexual en dinosaurios saurópodos basado en la estructura sacra

R. ROYO-TORRES¹

Abstract The Neosauropoda are characterized by a sacrum with five or six sacral vertebrae. Some individuals like the specimen from Peñarroya de Tastavins has four coossified sacra and one caudosacral free. This feature can be used to discriminate sexual morphs in sauropods.

Key words: Sauropods, sacrum, sexual dimorphism, caudosacral.

Palabras clave: Saurópodos, sacro, dimorfismo sexual, caudosacra.

Introducción

En dinosaurios se ha descrito dimorfismo sexual basado en la variación del número de vértebras sacras tanto en Ornithischia como en Saurischia (Galton, 1999). Sin embargo en saurópodos no se ha interpretado la variación de vértebras sacras como carácter para identificar dimorfismo sexual. El estudio del sacro del saurópodo de Peñarroya de Tastavins (MPZ99/9, Aptiense inferior de Teruel) nos permite sugerir una res-

¹ Departamento de Ciencias de la Tierra, Paleontología, Universidad de Zaragoza; C. Pedro Cerbuna, 12. 50009 Zaragoza; 309037@docto.unizar.es. Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel, Dinópolis, polígono Los Planos. 44002 Teruel. dinopolis@navegalia.com.

puesta paleobiológica a la variación del número de vértebras sacras y a la presencia de una vértebra caudosacra sin fusionar en saurópodos adultos y relacionarlo con el dimorfismo sexual. Información adicional sobre el saurópodo de Peñarroya puede consultarse en Royo-Torres (1999).

VARIACIÓN EN EL NÚMERO DE VÉRTEBRAS SACRAS EN FUNCIÓN DEL GRUPO TAXONÓMICO. El número de vértebras sacras es un carácter diagnóstico en la clasificación de los saurópodos (Wilson y Sereno, 1998). Los sacros primitivos están compuestos por dos y tres vértebras sacras. En los saurópodos se fueron añadiendo vértebras caudales (caudosacras) en el Jurásico Inferior y Medio. La condición primitiva es retenida en *Vulcanodon karibaensis* Raath y *Barapasaurus* Jain, Kutty, Roy-Chowdhury y Chatteerjee, (McIntosh, 1990). El número aumenta en el Jurásico Superior por adición de una vértebra dorsal hasta alcanzar un sacro de cinco vértebras en los Neosauropoda. En los titanosáuridos del Cretácico Superior se añade una sexta vértebra más (Wilson y Sereno 1998). El sacro del saurópodo de Peñarroya de Tastavins pertenece a un Titanosauriforme no titanosáurido con cinco vértebras sacras, Royo-Torres (1999).

VARIACIÓN EN EL NÚMERO DE VÉRTEBRAS SACRAS FUSIONADAS EN FUNCIÓN DE LA EDAD DEL INDIVIDUO. El número de vértebras sacras en los saurópodos puede variar con la ontogenia. Por ejemplo los individuos juveniles de *Apatosaurus excelsus* Marsh, tienen tres vértebras sacras, en vez de cinco que tiene el adulto (Riggs, 1903). El braquiosáurido *Bothriospondylus suffosus* Owen, tiene 3 centros vertebrales sin osificar (McIntosh, 1990). También se han citado cinco vértebras sacras pero sin fusionar los arcos neurales ni las costillas sacras, como sucede en *Camarasaurus lentus* Marsh (Galton, 1999). Si es un individuo adulto se puede diferenciar con la presencia de recrecimiento óseo y el sacro completamente fusionado.

El saurópodo de Peñarroya de Tastavins muestra recrecimiento óseo en las espinas neurales de las últimas dorsales y las dorsales posteriores están fusionadas entre sí por los centros y al sacro. El sacro está completamente fusionado por los centros, arcos y espinas por lo que se interpreta como un ejemplar adulto.

DIMORFISMO SEXUAL EN EL SACRO. En los dinosaurios ornitiscios se ha descrito dimorfismo sexual con los sacros en *Hypsilophodon* Huxley (Galton, 1974), donde se encuentran ejemplares con cinco y seis vérte-

bras sacras y en estegosauridos, interpretándose como hembras los ejemplares con un número mayor de vértebras sacras (Galton, 1999). En el ornitópodo *Iguanodon* Mantell, se describió variación en el número de vértebras sacras por Hooley (1912) diferenciando ambos sexos. Sin embargo hoy se acepta que son dos especies diferentes *I. atherfieldensis* Hooley, con siete sacras y *I. bernissartensis* Boulenger, con ocho sacras (Norman, 1990). En *Camptosaurus* Marsh, también se ha descrito el carácter de una vértebra sacra extra como distinción de las hembras (Nopcsa, 1929).

En prosaurópodos Galton (1999) describe dimorfismo sexual en la especie *Sellosaurus gracillis* Huene, interpretándose que los machos eran más gráciles y con dos vértebras sacras y las hembras robustas y con tres vértebras sacras.

En terópodos en general se han diferenciado machos de hembras por ser más gráciles y menos robustos (Galton, 1999). En otros grupos como aves, reptiles o mamíferos no se observa variación en el número de vértebras sacras en machos y hembras, (Nopcsa, 1929 y Galton, 1974).

En saurópodos encontramos dos caracteres diferentes que pueden ser interpretados como diferencia entre sexos: tener una vértebra caudosacra libre y variación en el número de vértebras sacras.

Shunosaurus Dong, Zhou y Zhang, es descrito con sacro de cinco vértebras sacras, estando la caudosacra libre (McIntosh, 1990); *Patagosaurus* Bonaparte, tiene un sacro con cinco vértebras sacras y la caudosacra libre (Bonaparte 1986). Hay géneros cuyas descripciones del sacro varían según los ejemplares, encontrándose en algún caso la caudosacra fusionada por puntos muy concretos como en el ejemplar nº 879 de *Haplocanthosaurus* Hatcher, puede tratarse de un ejemplar senil cuya vértebra caudosacra estuvo libre. En el género *Camarasaurus* Cope, se cita la especie *Camarasaurus grandis* Marsh (un ejemplar de Kansas) con una caudosacra libre (Riggs, 1903). En *Diplodocus* Marsh, se cita un ejemplar de Como Bluff con cuatro vértebras sacras, (Osborn, 1899). Y en otro ejemplar de *Diplodocus* Marsh, se describe un sacro con cuatro vértebras, tres fusionadas y una caudosacra libre, (Osborn, 1899). En *Mamenchisaurus hochuanensis* Young y Chao, se describe un sacro con cuatro vértebras sacras, tres fusionadas y una caudosacra libre, (Young y Chao, 1970). El sacro del saurópodo de Peña-

rroya está compuesto por cinco vértebras sacras, una dorsosacra fusionada a tres vértebras sacras primitivas y una caudosacra libre pero con articulación mediante la barra ilíaca.

En otros géneros de saurópodos no se cita la presencia de una caudosacra libre pero sí hay variación en el número de vértebras sacras. En braquiosauridos, descritos habitualmente con cinco sacras, hay varios ejemplares citados con cuatro vértebras: el sacro de *Brachiosaurus nougaredi* Lapparent, en Lapparent (1960), un braquiosaurido *incertae sedis* Blows (1995) y un ejemplar de *Brachiosaurus brancai* Janensch, citado en Janensch (1950). En *Barosaurus* Marsh, hay discrepancias en cuanto al número de vértebras sacras según autores: cuatro o cinco (McIntosh, 1990; Lull, 1919).

Discusión y conclusiones

La presencia de una vértebra caudosacra sin fusionar parece ser un carácter que aparece independientemente del taxón, por lo que se puede interpretar como un fenómeno de variabilidad ontogenética o por dimorfismo sexual. Una variabilidad ontogenética no parece ser la respuesta, ya que el saurópodo de Peñarroya es un individuo adulto, por lo que se relaciona con dimorfismo sexual. Más complicado es identificar los dos sexos. En otros géneros también se observan diferencias en el número de vértebras sacras, en este caso es más complicado inferir dimorfismo sexual como causa de esta variación. La diferencia entre ambos sexos pudo darse de forma diferente según los taxones. Se plantean dos hipótesis para explicar la presencia de una caudosacra libre o un número inferior de vértebras sacras.

1.^a Las hembras necesitan una mayor movilidad en la cola para la puesta de huevos y/o para la copula. En tal caso serían hembras los individuos saurópodos con una vértebra caudosacra libre, parcialmente fusionada o que dispongan de un número inferior de vértebras sacras para favorecer la puesta o la cópula.

2.^a Los machos mantienen la caudosacra libre para realizar la cópula, son de menor tamaño y tienen menor número de vértebras sacras.

Bibliografía

- Blows, W. T. 1995. The Early Cretaceous brachiosaurid dinosaurs *Ornithopsis* and *Eucamerotus* from the Isle of Wight, England. *Palaeontology*, **38** (1), 187-197.
- Bonaparte 1986. Les dinosaures (Carnosaures, Allosauridés, sauropodes, Cétiosauridés), du Jurassique Moyen de Cerro Cándor (Chubut, Argentine). *Annales de Paléontologie (vert.-invert.)*, **72**, 325-386.
- Galton, P. M. 1974. The ornithischian dinosaur *Hypsilophodon* from the Wealden of the Isle of Wight, *Bulletin of The British Museum (Natural History) Geology*, **25**, (1), 1-152.
- Galton, P. M. 1999. Sex, sacra and *Sellosaurus gracilis* (Saurischia, Sauropodomorpha, Upper Triassic, Germany) - or why the character «two sacral vertebrae» is plesiomorphic for Dinosauria. *Neues Jahrbuch. für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, **213** (1), 19-55.
- Hooley, R. W. 1912. On the discovery of remains of *Iguanodon mantelli*. in the Wealdens beds of Brighstone Bay, Isle of Wight. *Geological Magazine, London*, n.s. **9**, 444-449.
- Janensch, W. 1950. Die Wirbelsäule von *Brachiosaurus brancai*. *Palaeontographica Suppl.*, **7** (3), 27-93.
- Lapparent, A. F. de, 1960. Les dinosaures du «Continental intercalaire» du Sahara central. *Mémoires de la Société géologiques de France*, **88**, 1-57.
- Lull, R. S. 1919. The sauropod dinosaur *Barosaurus* Marsh. *Memoirs of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*, **VI**, 1-42.
- McIntosh, J.S. 1990. Sauropoda. In *The Dinosauria*, (D.B. Weishampel, P. Dodson, and H. Osmólska, eds.). Berkeley: University of California Press, 345-401.
- Nopcsa, F. 1929. Sexual differences in ornithomimid dinosaurs, *Palaeobiologica*, **2**, 187-201.
- Norman, D. B. 1990. A review of *Vectisaurus valdensis*, with comments on the family Iguanodontidae, In: *Dinosaur systematics. Approaches and Perspectives*. K. Carpenter and P. J. Currie. Cambridge, Cambridge University Press, 147-162.
- Osborn, H. F. 1899. A skeleton of *Diplodocus*. *Memoirs of the American Museum of Natural History*, **1**, 199-208.

- Royo Torres, R. 1999. *Cintura pélvica del dinosaurio (Saurischia: Sauropoda) de Penarroya de Tastavins (Teruel), del Cretácico Inferior, Aptiense*. Tesis de Licenciatura Universidad de Zaragoza (inédita), 1-155
- Riggs, E. S. 1903. Structure and relationships of opisthocoelian dinosaurs. Part. I. *Apatosaurus* Marsh, *Field Columbian Museum, Geological Series*, **82**, 165-196.
- Young, C. C. and Zhao, X. J. 1972. *Mamenchisaurus hochuanensis* sp. nov. *Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology Monographs*, **A**, **8**, 1-30.
- Wilson, J. A. and Sereno, P. C. 1998. Early evolution and higher-level phylogeny of sauropod dinosaurs. *Journal of Vertebrate Paleontology*, **18**, (2): 1-68.

Estudio paleobotánico de una formación tobácea cuaternaria en la localidad turolense de Cañizar del Olivar

C. RUBIO¹, A. ALI², J. FERRER¹ Y P. ROIRON²

Abstract We present here a stratigraphical and palaeontological study of a Quaternary tufa from Cañizar del Olivar (Teruel province). The main identified species are: *Corylus avellana* Linneo, *Ilex aquifolium* Linneo and *Pinus* cf. *nigra* Arnold subsp. *salzmanii* (Dunal) Franco. This study shows that the tufa was deposited under a supramediterranean climate in mild conditions (interglacial).

Key words: Paleobotany, leaf flora, tufa, Quaternary, Teruel.

Palabras clave: Paleobotánica, Macroflora, Toba, Cuaternario, Teruel.

Introducción

En este trabajo preliminar se ha realizado un estudio geológico-paleontológico sobre una formación tobácea. El trabajo consta de una primera parte, en la que se describen las facies sedimentarias que aparecen,

¹ Departamento de Ciencias de la Tierra (Paleontología). Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna, 12. 50009 Zaragoza. c.rubio@posta.unizar.es; joferrer@posta.unizar.es.

² UMR 5059, Institut de Botanique, Université Montpellier II. 163 rue Auguste Broussonet. 34090 Montpellier. roiron@crit.univ-montp2.fr.

posteriormente se identifica la macroflora y se concluye con una interpretación paleoclimática del medio en el que se originó este depósito.

Situación geográfica y geológica

La localidad de Cañizar del Olivar se sitúa en la provincia de Teruel, en la comarca de las Cuencas Mineras. Dista de Teruel 100 km. y se accede desde Teruel por la N-420 dirección a Alcañiz, hasta las Ventas de Cañizar, donde se toma el desvío a Cañizar del Olivar. Este trabajo se ha realizado en una formación tobácea situada en la ribera del Río Estercuel, a 500 metros del cruce de la N-420 con la carretera local de acceso a Cañizar del Olivar, con coordenadas U.T.M.:30TXL993201. Con una altitud de 1000 metros sobre el nivel del mar, presenta una vegetación actual típica con presencia arbórea de *Quercus ilex* Linneo subsp. *ballota* (Desfontaines) Sampaio (= *Quercus ilex* Linneo subsp. *rotundifolia* [Lamarck] Schwarz), *Quercus faginea* Lamarck, *Juniperus oxycedrus* Linneo, *Salix fragilis* Smith, *Populus alba* Linneo y matorral con *Genista scorpius* (Linneo) De Candolle, típicos de una etapa bioclimática Mesomediterránea del Sector Maestracense (Rivas-Martínez, 1987).

La formación tobácea perteneciente al Cuaternario se emplaza discordante sobre los materiales de las cuencas cretácicas de edad Albien-Cenomaniense, en la subcuenca de Estercuel-Ariño (Pardo, 1979).

Descripción de las facies del edificio tobáceo

Se ha realizado la descripción de las capas de la toba, en la que se han diferenciado 16 tramos atendiendo a los diferentes aspectos estratigráficos (Fig. 1), identificándose diferentes tipos de facies:

— facies de calizas compactas: Las calizas son oquerosas y están cementadas, presenta el depósito una ligera inclinación sin llegar a formar un modelo típico en cascada. El registro fósil corresponde a macroflora y gasterópodos.

— facies de calizas arenosas: la roca no presenta una buena cementación, es muy deleznable y algunos granos son arenosos. El registro fósil está constituido por gasterópodos.

— facies de tallos: Son características estas facies que presentan los tallos y raíces tanto en posición de formación como restos acumulados en sedimentos.

— facies de musgos: aparecen muy próximos a la base del edificio, forman morfologías típicas en cascadas.

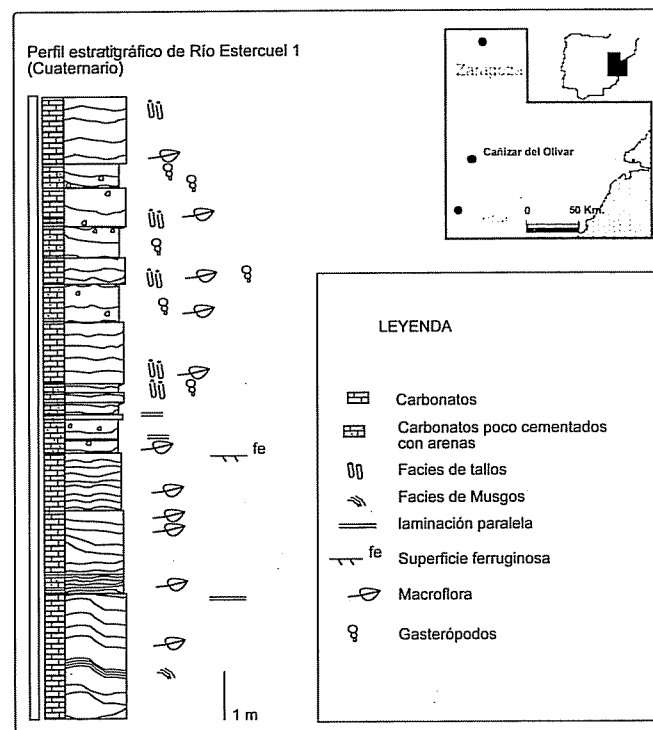


Figura 1. Situación geográfica de la zona y columna estratigráfica del yacimiento «Río Esteruel 1».

Descripción e interpretación paleobotánica

En el transcurso de varias prospecciones se ha recuperado abundante material paleobotánico, aunque sin una gran variabilidad específica. Los restos aparecen fosilizados como impresiones, sin conservar materia orgánica. Se han reconocido los siguientes taxones: *Corylus avellana* Linneo, *Ilex*

Estudio paleobotánico de una formación tobácea cuaternaria en la localidad turolense de Cañizar...

aquifolium Linneo, *Salix* cf. *pedicellata* Desfontaines, *Salix* cf. *cinerea* Linneo, *Salix* sp. Linneo, cf *Prunus padus* Linneo, cf. *Evonymus* Linneo y cf. *Rhamnus alaternus* Linneo, y restos de conos de Gimnospermas entre los que destacan varios de *Pinus* cf. *nigra* Arnold, subsp. *salzmanii* (Dunal) Franco. También aparecen asociados abundantes restos de tallos y briofitas.

La flora no es muy similar a la descrita en Beceite por Martínez-Tudela *et al.* 1986 y Delannoy *et al.* 1993 en la Sierra de Ronda. Más bien se puede comparar con otros yacimientos del sur de Francia con mayor abundancia de registro que esta toba, como es el caso de Castelnau (Montpellier) donde hay registro paleobotánico de *Pinus* cf. *nigra* Arnold subsp. *salzmanii* (Dunal) Franco e *Ilex aquifolium* Linneo (Ambert *et al.*, 1995), o bien el de Meyrargues (Roiron, 1988; Magnin *et al.*, 1990) en el que describen un edificio tobáceo sedimentado durante un interstadio de la glaciación Riss con registro de conos de *Pinus* cf. *nigra* Arnold subsp. *salzmanii* (Dunal) Franco, asociados con *Quercus ilex* Linneo, *Quercus pubescens* Willdenow, *Fraxinus* cf. *angustifolia* Vahl subsp. *oxycarpa* (Bierberstein ex Willdenow) Franco et Rocha Afonso, *Acer campestre* Linneo, *Salix viminalis* Linneo y cf. *Evonymus* Linneo.

El registro presente en Cañizar del Olivar, corresponde con el propio de una vegetación típica de una etapa bioclimática supramediterránea, ligeramente más fría que la actual.

Temporalmente, por el registro paleobotánico que aparece muy similar a la flora actual, se puede interpretar que esta flora pertenece al Cuaternario y el depósito se formó en un episodio templado interglaciario, sin poder precisar cual, por el momento.

Conclusiones

La presencia de abundantes restos vegetales en este edificio tobáceo ha servido para iniciar un estudio paleobotánico en este tipo de formaciones cuaternarias. Posteriormente se realizará un trabajo más extenso, el cual incluirá una descripción de los taxones y un estudio geológico-geomorfológico más amplio. Este trabajo puntual pretende integrarse en un estudio mayor que se va a realizar en varias formaciones tobáceas cuaternarias de la provincia de Teruel, en las que se incluirá un estudio de la datación de los yacimientos con el método C14, analizando los carbones que aparecen asociados.

Agradecimientos

El equipo de este trabajo agradece al Instituto de Estudios Turolenses la financiación económica de los trabajos de campo realizados por medio de una beca de investigación. También al Programa Europa de Estancias de Investigación (Gobierno de Aragón y CAI) que concedieron una beca de estancias de investigación en la que se realizaron parte de los trabajos.

Bibliografía

- Ambert P., Quinif Y., Roiron P. et Arthuis R. 1995. Les travertins de la vallée du Lez (Montpellier, Sud de la France). Datations $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ et environnements pléistocènes. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **321**, 667-674.
- Delannoy, J. J. Guendon, J. L., Quinif, Y. y Roiron, P. 1993. Formaciones travertínicas del piedemonte mediterráneo de la Serranía de Ronda (Málaga). *Cuadernos de Geografía*, **54**, 189-222.
- Magnin F., Guendon J.-L., Quinif Y., Roiron P. et Thinon M. 1990. Datations isotopiques et étude des paléoenvironnements de la formation à travertins de la Papeterie Vasino (Meyrargues, Bouches-du-Rhône, France). Mise en évidence de deux périodes de réchauffement durant le Riss. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, **310**, 1285-1292.
- Martínez-Tudela, A., Cuenca, F., Santiesteban, C., Grun, R. y Hentzsch, B. 1986. Los travertinos del Río Matarraña, Beceite (Teruel) como indicadores paleoclimáticos del Cuaternario. In: *Quaternary Climate in Western Mediterranean* (Ed. A. López-Vera), 307-324.
- Pardo, G. 1979. *Estratigrafía y sedimentología de las formaciones detríticas del Cretácico Inferior terminal en el Bajo Aragón turolense*. Tesis Doctoral. Universidad de Zaragoza, España.
- Rivas-Martínez, S. 1987. Memoria del Mapa de series de vegetación de España. Serie Técnica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. I.C.O.N.A. 260 pp.
- Roiron, P. 1988. La flore des tufs quaternaires de Meyrargues. Travaux n.º XVII, U.A. 903 CNRS et A.T.P. PIREN, Aix-en-Provence, 55-61.

Los cambios ambientales y la evolución de los Anchitheriinae (Perissodactyla; Equidae) durante el Mioceno en España

M. J. SALESA¹, I. M. SÁNCHEZ¹ Y J. MORALES¹

Abstract: In the present paper, the specific diversity and evolution of the genus *Anchitherium* Meyer in relation to the paleoclimatic conditions inferred for Ramblian and Aragonian are discussed, showing that such changes highly affected the evolution of the genus.

Key words: Ramblian, Aragonian, España, Equidae, *Anchitherium*.

Palabras clave: Ramblense, Aragonense, Spain, Equidae, *Anchitherium*.

Introducción

Desde el descubrimiento de sus primeros restos en 1825 la presencia del équido *Anchitherium* Meyer en las faunas de mamíferos ha sido considerada de escaso interés en los estudios paleoecológicos, ya que la diversidad específica que se atribuía a este género era muy baja; tan sólo se reconocían 3 especies: *A. aurelianense* (Cuvier, 1825), *A. sampelayoi* Villalta y Crusafont y *A. ezquerrae* Meyer, estas dos últimas restringidas a

¹ Departamento de Paleobiología, Museo Nacional de Ciencias Naturales-CSIC. José Gutiérrez Abascal 2, 28006 Madrid. mcns188@mncn.csic.es.

dos yacimientos, la primera de Zaragoza (Nombrevilla-1) y la segunda de Madrid (San Isidro).

Material y Método

Para la redacción del presente trabajo se tomaron las estimaciones de Sánchez *et al.* (1998) sobre la talla corporal de las distintas especies ibéricas de *Anchitherium*, basadas en medidas del esqueleto postcraneal, principalmente del metacarpiano III. Dichas estimas se compararon con las medidas de la dentición aportadas también por estos autores.

Discusión

En la revisión de SÁNCHEZ *et al.*, 1998, se aporta una nueva visión de la evolución de *Anchitherium*, proponiéndose 6 nuevas especies incluídas en dos líneas distintas con un origen muy cercano a la aparición del género en el registro ibérico. Estas dos líneas se suceden en el tiempo y las especies que las conforman presentan marcadas diferencias en cuanto a la talla corporal, el tamaño relativo de la dentición y la morfología postcraneal, adaptaciones que, a nuestro juicio, las convierten en elementos interesantes en los estudios paleoecológicos. Estos dos linajes son (Fig. 1):

1.ª LÍNEA EVOLUTIVA

A finales del Ramblense, hace unos 17 millones de años (DAAMS *et al.*, 1998) en el yacimiento de Ágreda (Soria) comienza el registro del género *Anchitherium* en la Península Ibérica, con una forma adscrita con reservas a *A. aurelianense*, que también aparece en el yacimiento de Buñol (Valencia, MN 4) (Sánchez *et al.*, 1998); esta especie posee un tamaño corporal estimado (Tabla 1) similar al de otras especies posteriores, pero su dentición presenta un tamaño menor (Fig. 2) y su esqueleto apendicular es bastante robusto. El período de tiempo en el que se registra esta especie se asocia a una condiciones climáticas de alta humedad y cierto enfriamiento respecto al principio del Ramblense, lo que propiciaría el desarrollo de formaciones vegetales boscosas

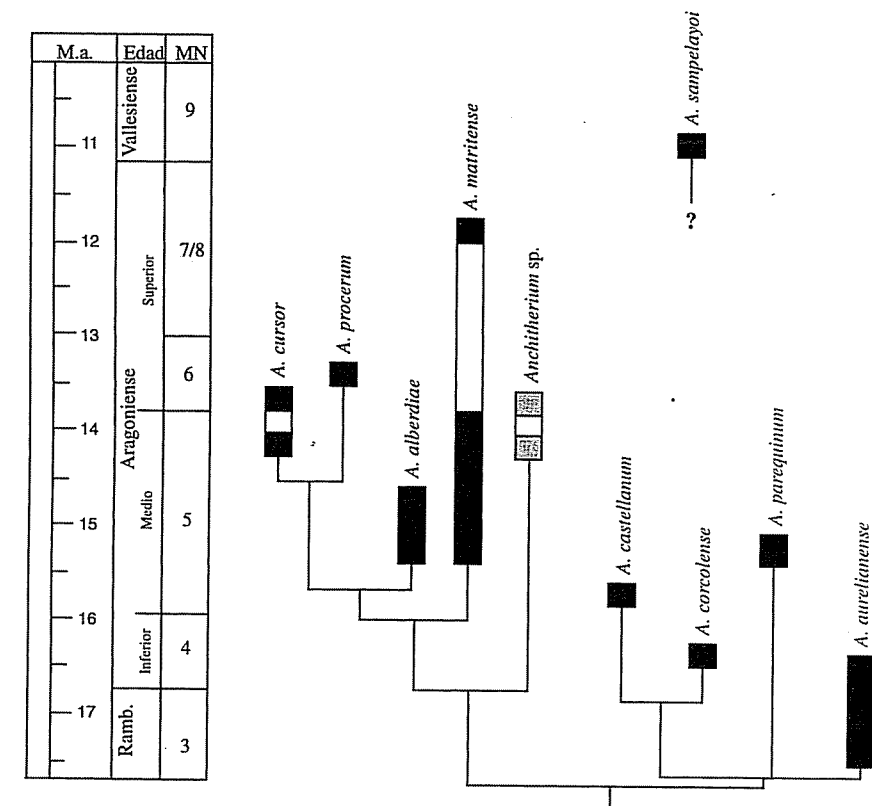


Figura 1. Distribución cronológica de las distintas especies de *Anchitherium* en la Península Ibérica (además de las formas de Pontlevoy y Sansan, Francia, en color gris). Las áreas blancas indican falta de registro. El interrogante bajo *A. sampelayoi* se refiere a la imposibilidad de conocer las relaciones filogenéticas de esta especie con el resto debido a los muy escasos restos que se conservan de la misma.

muy densas (Morales, 1992); el anchiterino de Ágreda y Buñol encaja básicamente en el tipo de herbívoro ramoneador habitante de este tipo de medios.

A partir del inicio del Aragoniense, hace unos 16,5 millones de años, y probablemente coincidiendo con un aumento de la temperatura y aridez (Alcalá *et al.*, 2000; Daams *et al.*, 1998) aparecen las especies

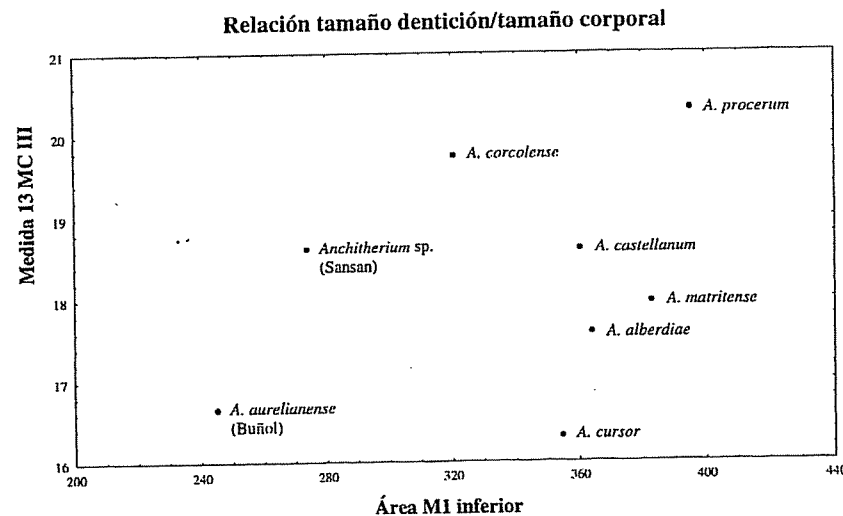


Figura 2. Relación entre el tamaño corporal (estimado en base a la medida 13 del Mc III) y el tamaño de la dentición (estimado en base al área del M₁) en varias especies del *Anchitherium*.

Especie	N	M	Masa corporal estimada
<i>A. aurelianense</i>	1	Mc III 13	72,24 kg
<i>A. procerum</i>	1	Mc III 13	131,63 kg
<i>A. corcolense</i>	29	Mc III 13	121,51 kg
<i>A. castellanum</i>	10	Mc III 13	101,49 kg
<i>A. matritense</i>	9	Mc III 13	90,46 kg
<i>A. alberdiae</i>	1	Mc III 13	84,77 kg
<i>A. cursor</i>	9	Mc III 13	67,35 kg

Tabla 1. Estimación de la masa corporal de los anchiterinos españoles en base a la medida 13 del Mc III y según los estudios de Alberdi *et al.* (1995). El rango de pesos utilizados por estos autores varía entre 180 y 800 kg., por lo que los resultados para *Anchitherium* deben considerarse aproximativos (N, número de muestra; M, medida utilizada).

A. corcolense Iñigo y *A. castellanum* Sánchez, Salesa y Morales la primera de la MN 4, y la segunda del inicio de la MN 5; poseían denticiones de un tamaño comparativamente mayor que *A. aurelianense*, pero con un tamaño corporal similar o algo mayor al de esta última. Este hecho puede relacionarse con el desarrollo de una vegetación de hojas más duras en respuesta al descenso de la humedad. Es destacable que este aumento en el tamaño de la dentición se produce no solamente en *A. corcolense* respecto de *A. aurelianense*, sino también en *A. castellanum* en relación a *A. corcolense* (Fig. 2)

Dentro de esta línea de anchiterinos puede incluirse *A. parequinum* Sánchez, Salesa y Morales, especie, muy mal conocida pero con adaptaciones postcraneales muy derivadas; sólo ha sido registrada en los yacimientos de El Terrero y Valdemoros-11, cerca de Villafeliche (Zaragoza), correspondientes a la zona media de la unidad MN 5 (SÁNCHEZ *et al.*, 1998). De entre los escasos restos conocidos destaca una 1ª falange larga y estrecha, notablemente grácil, similar a la de équidos más derivados como los equinae y muy diferente a la típica del género, corta y robusta (Sánchez *et al.*, 1998). La elongación de los elementos apendiculares distales se relaciona con el aumento de las capacidades cursoriales (Gambaryan, 1983) y su desarrollo en esta especie puede interpretarse, al menos, como indicativo de un cambio en el modo de locomoción de esta especie en relación a la más antigua *A. aurelianense* de la cual se conocen primeras falanges de una longitud similar a la de *A. parequinum* pero mucho más anchas y robustas.

2.ª LÍNEA EVOLUTIVA

A mediados de la MN 5 comienza a registrarse la segunda línea de anchiterinos ibéricos (Fig. 1), con las especies *A. alberdiae* Sánchez, Salesa y Morales y *A. matritense* Sánchez, Salesa y Morales, ambas registradas en las cuencas centrales, sobre todo en la cuenca de Madrid. En este grupo el aumento del tamaño de la dentición en relación a la talla corporal llega a ser notable en las especies más derivadas como *A. cursor* Sánchez, Salesa y Morales, de los yacimientos de Arroyo del Olivar (MN 5) y Alhambra-Túneles (MN 6) que posee una de las denticiones de mayor tamaño (Fig. 2) junto al menor peso estimado (Tabla 1); en esta especie se produce también el desarrollo de adaptaciones postcraneales claramente cursoriales, como es la presencia de una quilla central completa, es decir, desarrollada desde el borde anterior al posterior,

en la epífisis distal de los metatarsianos III (Sánchez *et al.*, 1998); este carácter se interpreta como un mecanismo que impide los movimientos laterales de la 1ª falange durante la locomoción, y su presencia en *A. cursor* es un hecho inesperado, ya que, a pesar de ser típico en los Equinae, era desconocido en los Anchitheriinae.

El aumento de temperatura y aridez detectado a comienzos del Ramblense continúa hasta la MN 6 (Alcalá *et al.*, 2000) por lo que las especies madrileñas de dentición grande probablemente responden a la necesidad de procesar alimentos vegetales todavía más duros y fibrosos que los que existían durante la MN 4, como se ha apuntado para otros anquiterinos (Forsten, 1991). Además el desarrollo de caracteres postcraneales tan derivados como el apuntado para *A. cursor* pueden relacionarse con el desarrollo de paisajes más abiertos, en los cuales la capacidad de desarrollar una carrera rápida es una ventaja a la hora de escapar de los posibles depredadores.

Los anquiterinos posteriores a la biozona MN 6 son mal conocidos, pero, en general poseen denticiones de mayor tamaño que las poblaciones anteriores, llegando al máximo en *A. sampelayoi* Villalta y Crusafont, de Nombrevilla-1 (MN 9) que alcanzó una talla considerable y que es la última especie conocida.

Conclusiones

La sucesión de cambios ambientales que se produjo durante el Mioceno en la Península Ibérica, afectó a las poblaciones de anquiterinos y probablemente fue parte importante de los factores que condicionaron no sólo los cambios observados en la talla corporal y en la dentición de estas poblaciones, sino también importantes modificaciones cursoriales en algunas de las especies más derivadas.

Bibliografía

- Alcalá, L., Alonso-Zarza, A. M., Álvarez Sierra, M. A., Azanza, B., Calvo, J. P., Cañaveras, J. C., van Dam, J. A., Garcés, M., Krijgsman, W., van der Meulen, A. J., Morales, J., Peláez-Campomanes, P., Pérez González, A., Sánchez Moral, S., Sancho, R. y Sanz Rubio, E. 2000. El registro sedimentario y faunís-

Los cambios ambientales y la evolución de los Anchitheriinae (Perissodactyla; Equidae) durante ...

tico de las cuencas de Calatayud-Daroca y Teruel. Evolución paleoambiental y paleoclimática durante el Neógeno. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 13 (2), 323-343.

Cuvier, G. 1825. *Recherches sur les ossements fossiles*. Dufour et d'Oncagne Edit., Paris. 1-4514.

Daams, R., Alcalá, L., Álvarez Sierra, M. A., Azanza, B., van Dam, J. A., van der Meulen, A. J., Morales, J., Nieto, M., Peláez-Campomanes, P. and Soria, D. 1998. A stratigraphical framework for Miocene (MN4-MN13) continental sediments of Central Spain. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, Sciences de la terre et des planètes*, 327, 625-631.

Forsten, A. 1991. Size trends in holarctic Anquiterines (Mammalia, Equidae). *Journal of Paleontology*, 65, 147-159.

Gambaryan, P. P. 1983. *How mammals run*. Halsted Press. John Wiley & sons. 1-367.

Meyer, H. von 1844. Über die Knochen fossilen aus dem Tertiär-Gebilde des Cerro de San Isidro bei Madrid. *Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geognosie, Geologie und Petrofaktenkunde*, 289-310.

Morales, J. 1992. Las faunas de mamíferos del Neógeno de Europa. In: *Paleontología de Vertebrados: faunas y filogenia, aplicación y sociedad* (ed. H. Astibia). Servicio Editorial Universidad del País Vasco, Bilbao, 235-256.

Sánchez, I. M., Salesa, M. J. y Morales, J. 1998. Revisión sistemática del género *Anchitherium* Meyer 1834 (Equidae; Perissodactyla) en España. *Estudios Geológicos*, 54 (1-2), 39-63.

Villalta, J. F. y Crusafont, M. 1945. Un *Anchitherium* en el Pontense español. *Anchitherium sampelayoi*, nova sp. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 14, 51-82.

Concentraciones de cefalópodos ligadas a interrupciones sedimentarias en el Jurásico subbético (Sur de España)

J. SANDOVAL¹ y A. CHECA¹

Abstract Three main levels of cephalopod concentrations occur in the Subbetic Jurassic; Pliensbachian, Lower-Middle Jurassic boundary, and Middle-Upper Jurassic boundary. Cephalopod remains were mainly subjected to processes of re-elaboration, colonization by epizoans, fragmentation, corrosion and coating by Fe-Mn crusts, to a varied extent, therefore showing a wide range of taphonomic signatures. Concentration beds originated in epi-oceanic swell settings, where irregular sea bottoms were commonly affected by neptunian dykes and scoured by currents.

Key words: Discontinuities, concentration beds, taphonomy, fossil cephalopods, Jurassic, Betic Cordillera.

Palabras clave: Discontinuidades, concentraciones, tafonomía, cefalópodos fósiles, Jurásico, Cordillera Bética

Introducción

Las concentraciones de cefalópodos han sido descritas tanto en el Paleozoico como en el Mesozoico. En detalle sus características son muy

¹ Departamento de Estratigrafía y Paleontología, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, Avenida Fuentenueva s/n, 18002 Granada, España. sandoval@ugr.es; acheca@ugr.es.

variadas y, en consecuencia, se han propuesto diversos modelos genéticos (Checa *et al.*, 1999; Histon, 1999). Usualmente, dada la ausencia de estructuras sedimentarias en estas concentraciones, el estudio de los procesos tafonómicos que han sufrido los cefalópodos resulta esencial y, a veces, el único medio de inferir el modo y el medioambiente de formación de la concentración, proporcionando asimismo una herramienta esencial en sedimentología (Fernández-López 1985, 1997).

En el Jurásico de la Cordillera Bética aparecen distintos niveles con concentraciones de cefalópodos (ammonites y en menor medida belemnites) que están fundamentalmente ligadas a tres intervalos principales de sedimentación neta reducida: (1) Pliensbachense, (2) Jurásico Inferior-Medio y (3) Jurásico Medio-Superior. Tales concentraciones constituyen capas generalmente discontinuas y de espesor variable, y sus superficies superior e inferior coinciden generalmente con discontinuidades estratigráficas. Excepto para la discontinuidad del Jurásico Medio-Superior, donde prácticamente sólo existen ammonites, hay una variada asociación de invertebrados (briozoos, braquiópodos, gasterópodos, crinoides, serpulidos, corales) concurrente con los cefalópodos. Es característica la presencia de costras limoníticas, que pueden aparecer encostrando la propia superficie de discontinuidad o recubriendo los restos de cefalópodos. Actualmente existe cierta imprecisión sobre las condiciones de depósito de las concentraciones del Jurásico subbético. Este trabajo constituye una primera aproximación a la tafonomía de estas concentraciones, al objeto de determinar las características comunes básicas y establecer un modelo genético general para las mismas.

Marco geológico y tipos de facies

Todas las secciones estudiadas se localizan en la Cordillera Bética, sur de España, especialmente en el sector oriental del Subbético Externo, aunque también aparecen en otras áreas del Subbético Externo y en el sector central del Subbético Medio (Fig. 1). Estos dominios corresponden a las zonas externas de la Cordillera Bética y constan de rocas sedimentarias que se formaron en los paleomárgenes continentales del sur de Iberia. En estos dominios las concentraciones de cefalópodos están relacionadas con tres discontinuidades mayores que constituyen límites entre formaciones estratigráficas (Nieto 1997; O'Dogherty *et al.* 2000).

- 1) La discontinuidad Intrapliensbachense (Carixiense-Domeriense) se desarrolló en el límite de las formaciones Gavilán y Zegrí. Las

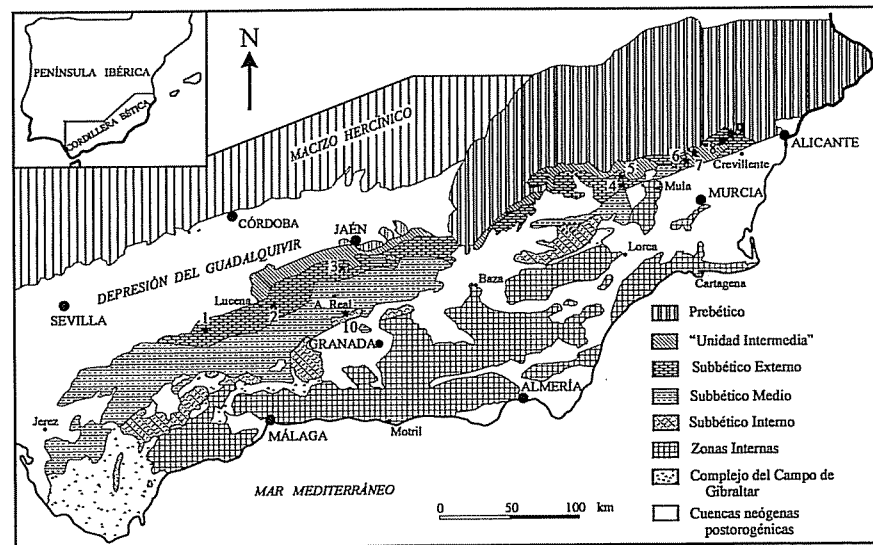


Figura 1. Localización geográfica y geológica de las distintas áreas analizadas donde aparecen concentraciones de cefalópodos ligadas a discontinuidades: 1, Sierra de Estepa (Calloviense-Oxfordiense inferior); 2, Sierra de Gaena (Bathonienense medio-Oxfordiense inferior); 3, Sierra de la Morenica (Aalenienense superior-Bajociense inferior); 4, Sierra de Quípar (Toarciense superior-Bajociense inferior, Bathonienense medio-Oxfordiense inferior); 5, Cerro de Mai-Valera (Toarciense superior-Bajociense inferior, Bathonienense medio-Oxfordiense inferior); 6, Sierra de Lugar; 7, Sierra de Corque; 8, Sierra del Cantón; 9, Sierra del Reclot (Pliensbachiense, Toarciense superior-Bajociense inferior, Bathonienense medio-Oxfordiense inferior); 10, Illora (Pliensbachiense).

concentraciones asociadas a esta discontinuidad se encuentran en facies de calizas nodulosas con abundantes braquiópodos, ammonites, belemnites, serpulidos y gasterópodos; son asimismo abundantes las concreciones, a veces formando verdaderos nódulos, ferruginoso-manganesíferas. Las microfacies dominantes son «wackstone» y «packstone» con foraminíferos bentónicos (*Involutina liassica* (Jones), *Vidalina maltana* Farinacci y *Lenticulina* sp., entre otros), fragmentos de equinodermos, algunos filamentos (secciones de bivalvos pelágicos), braquiópodos, ammonites, gasterópodos juveniles, etc.

- 2) La concentración ligada a la discontinuidad del Toarciense Medio-Bajociense Inferior, entre las formaciones Zegrí y Veleta, aparece ligada a calizas margosas nodulosas o calizas nodulosas con abundantes fósiles de ammonites y belemnites. Las concreciones de

Fe-Mn son muy abundantes. Las microfacies dominantes son «wackstone» y «packstone» con filamentos (bivalvos), radiolarios, ammonoideos juveniles, foraminíferos bentónicos, ostrácodos, algunos fragmentos de equinodermos, como taxones más frecuentes.

- 3) Las concentraciones ligadas a la discontinuidad del Bathonienense Medio-Oxfordiense Inferior (especialmente Bathonienense Medio y/o Calloviense Inferior), se sitúan entre las formaciones Veleta y *Ammonitico Rosso* superior. Están asociadas a calizas nodulosas con abundantes ammonites y concreciones de Fe-Mn (Martín-Algarra y Sánchez-Navas, 2000). Estas facies presentan un claro carácter pelágico, con abundantes filamentos, foraminíferos planctónicos (de los géneros *Conoglobigerina* y *Globuligerina*), radiolarios, conchas de ammonites juveniles y escasos foraminíferos bentónicos.

Análisis de las concentraciones de fósiles

Las capas de concentración de cefalópodos desarrolladas en relación con estas discontinuidades son generalmente delgadas y de espesor variable (entre pocos centímetros y algo menos de un metro), pudiendo incluso desaparecer lateralmente. Generalmente se asocian con diques neptúnicos (Lám. 1A) que, al atrapar el sedimento, colaboran en el proceso de condensación de los niveles suprayacentes. Sus muros son irregulares y muestran signos de disolución que podría ser parcialmente diagenética (estilolítica).

En detalle, los principales componentes de las asociaciones fósiles son belemnites y especialmente ammonites (Lám. 1B-D), aunque, como se ha mencionado anteriormente, pueden encontrarse otros fósiles de invertebrados. En algunos bancos de belemnites se desarrollan orientaciones dominantes que evidencian la acción de corrientes.

Desde el punto de vista tafonómico, los cefalópodos muestran un grado muy variado de caracteres tafonómicos (Lám. 1B), incluso dentro del mismo banco, pudiéndose encontrar desde ejemplares sin evidencias de fragmentación y en que los rellenos micríticos no indican retrabajado (Lám. 1E), hasta aquellos otros que fueron severamente corroídos y fragmentados, y en los que los rellenos evidencian episodios de reelaboración.

Otra característica típica de los niveles de concentración son las cubiertas ferruginosas (que constituyen a veces verdaderos nódulos;

Lám. 1F) sobre ammonites, belemnites e incluso litoclastos. Internamente están compuestas de finas láminas (menos de 1 mm) que son concéntricas alrededor del núcleo (Lám. 1D, E, F). Este carácter, junto a otras evidencias nos permite interpretarlas tentativamente como, al menos parcialmente, de origen diagenético, en vez de estromatolíticas, como se interpretan usualmente. Aunque en algunos niveles de concentración las costras muestran un desarrollo uniforme, en otras hay una gran disparidad (Lám. 1F). Además, las láminas pueden rodear ammonites con caracteres tafonómicos muy diferentes (Lám. 1D), desde completos a fuertemente corroídos, aunque hay una cierta correspondencia entre el grosor de la cubierta ferruginosa y el grado de disolución del ammonites o del belemnites que sirve de núcleo. Los organismos incrustantes, principalmente serpulidos y foraminíferos, se pueden encontrar entre las láminas, y de acuerdo con nuestra interpretación ello indicaría eventos repetidos y numerosos (decenas a veces) de exposición, enterramiento y recubrimiento. Procesos tafonómicos similares han sido analizados por Fernández-López y Suárez-Vega (1979) y Fernández-López (1985, 1997) en ammonites procedentes, fundamentalmente, del Jurásico Medio de la Cordillera Ibérica.

Interpretación

Los principales procesos tafonómicos sufridos por los restos de cefalópodos que forman las concentraciones se sintetizan en la Figura 2. Tras una primera etapa de relleno (total o parcial) y enterramiento los restos pudieron sufrir eventos repetidos de reelaboración y reenterramiento. En el primer caso serían proclives a la remoción, fragmentación y colonización por epizos en mayor o menor grado. Durante el enterramiento, cerca de la interfase agua sedimento, serían frecuentes los procesos de corrosión y recubrimiento concrecional de Fe-Mn. De este modo, la concentración final sería una mezcla de restos que representan todo el rango de caracteres tafonómicos.

En relación con el medio de depósito las concentraciones se habrían formado sobre un sustrato irregular, frecuentemente interrumpido por diques neptúnicos que habrían actuado como trampas de bioclastos y de sedimento (Fig. 3). El medio sería de una energía relativamente alta, de modo que el fondo habría sido afectado por corrientes de naturaleza incierta que habrían drenado el sedimento y, en muchos casos, los restos fósiles. Los procesos de remoción, fragmentación, in-

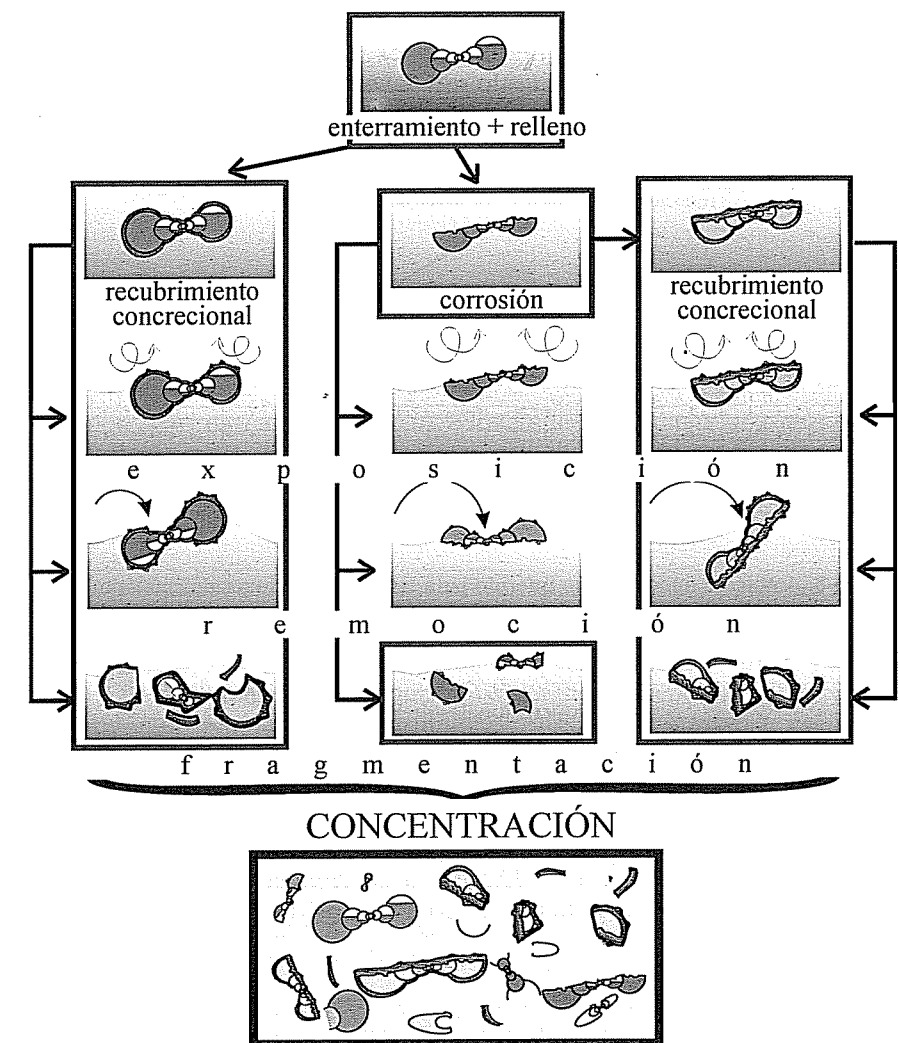


Figura 2. Principales procesos tafonómicos ocurridos durante la formación de las concentraciones de cefalópodos del Jurásico subbético. Se enmarcan aquellos casos inferidos a partir del material. No se han reconocido epizos directamente fijados a organismos no encostrados, aunque dichos casos son posibles. La concentración final es una asociación de restos de cefalópodos con los caracteres tafonómicos señalados en el texto.

versión y encostramiento por epizootos serían especialmente significativos cuando los restos fósiles se encontraran en altos relativos con escaso espesor de sedimento. Durante el enterramiento prolongado en depresiones relativas, habría tenido lugar la disolución interna del sedimento y de los restos fósiles lo que favorecería la concentración en el sedimento de minerales de Fe-Mn y la consiguiente formación de recubrimientos concrecionales alrededor de los restos.

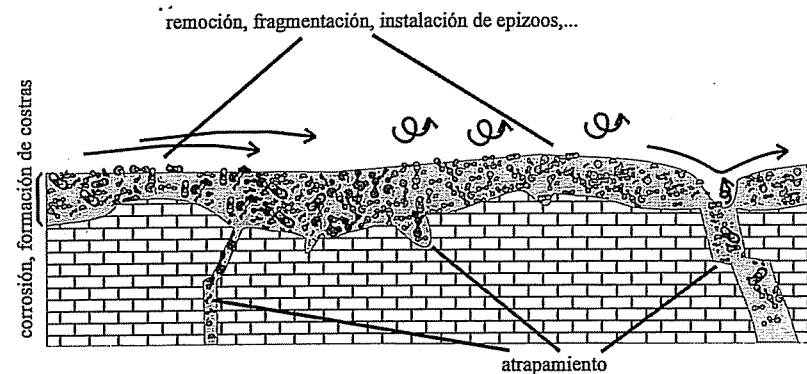


Figura 3. Ambiente de formación inferido para las concentraciones de cefalópodos del Jurásico subbético. La concentración se habría desarrollado sobre un fondo irregular interrumpido por diques neptúnicos y sometido a la acción de corrientes. Estas habrían sometido a los fósiles a procesos de reelaboración y fragmentación. En el interior del sedimento serían frecuentes los procesos de corrosión y de formación de recubrimientos concrecionales de Fe-Mn.

El proceso de concentración tafonómica cesó cuando la sedimentación pelágica normal fue restaurada. Posteriores procesos diagenéticos de disolución estilolítica modificaron la apariencia original de las discontinuidades y, probablemente, originaron costras ferruginosas estratiformes.

Conclusiones

Los cefalópodos son los elementos más conspicuos de las asociaciones ligadas a discontinuidades del Jurásico de la Cordillera Bética y proporcionan datos esenciales sobre los procesos tafonómicos (remoción, exhumación, disolución, encostramiento, etc.) que tuvieron lugar

durante la formación de la concentración y, por tanto, sobre el medio de depósito. Dichos datos indican que las concentraciones se originaron sobre un sustrato irregular sometido a pulsos de energía, lo que habría originado la formación de capas de acumulación con diferentes microfacies, y su destrucción repetida. Las sucesivas capas incorporaron restos con caracteres tafonómicos cada vez más variados y tuvieron un promediado temporal cada vez más amplio.

Agradecimientos

Los doctores Sixto Fernández López (Universidad Complutense de Madrid) y Guillermo Meléndez (Universidad de Zaragoza) llevaron a cabo una lectura crítica del manuscrito. La presente investigación ha sido financiada por los proyectos PB97 0826 y PB97 0790 de la DGEIC (MEC) y por el grupo de investigación EMMI (n.º RNM 0178 del Plan Andaluz de Investigación (Junta de Andalucía).

Bibliografía

- Checa, A., Histon, K. and Sandoval, J. 1999. Cephalopods accumulations linked to condensation episodes in the Jurassic of the Subbetic (Southern Spain) and in the Silurian of the Carnic Alps (Austria). In: *V International Symposium, Cephalopods-Present and Past, Abstracts Volume*. Geologische Bundesanstalt, Wien, 26.
- Fernández-López, S. 1985. Criterios elementales de reelaboración tafonómica en ammonites de la Cordillera Ibérica. *Acta Geológica Hispánica*, **19**, 105-116.
- Fernández-López, S. 1997. Ammonites, clinos tafonómicos y ambientes sedimentarios. *Revista Española de Paleontología*, **12**, 102-128.
- Fernández-López, S. y Suárez-Vega, L. C. 1979. Estudio bioestratigráfico (Ammonoidea) del Aaleniano y Bajociano en Asturias. *Cuadernos de Geología*, **10**, 1-12.
- Histon, K. 1999. Silurian Cephalopod Limestone Facies in the Carnic Alps (Rauchkofel Boden Section, Austria): Taphonomy of the Nautiloid Fauna. In: *Advancing Research on Living and Fossil Cephalopods* (F. Olóriz y F. J. Rodríguez-Tovar eds.). Kluwer Academic/Plenum Publishers, Nueva York, 365-380.

- Martín-Algarra, A. and Sánchez-Navas, A. 2000. Bacterially mediated authigenesis in Mesozoic stromatolites from condensed pelagic sediments (Betic Cordillera, southern Spain). *SEPM Special Publication*, **66**, 499-525.
- Nieto, L. M. 1997. *La cuenca Subbética mesozoica en el sector oriental de las Cordilleras Béticas*. Tesis Doctoral. Servicio de Publicaciones, Universidad de Murcia, 280, 10, 1-562.
- O'Dogherty, L., Sandoval, J. and Vera J. A. 2000. Ammonite faunal turnover tracing sea level changes during the Jurassic (Betic Cordillera, southern Spain). *Journal of the Geological Society, London*, **157**, 723-736.

Lámina 1. A. Vista superficial de la discontinuidad del Bathoniense con diques neptúnicos verticales rellenos de materiales del Calloviense. Sierra de Quípar (provincia de Murcia). B. Vista superficial de la concentración de cefalópodos fósiles de edad Toarciense-Aalenense sobre un bloque pulido; los distintos fósiles presentan gran cantidad de caracteres tafonómicos. Sierra del Cantón (provincia de Murcia). C. Corte transversal de la concentración de cefalópodos de edad Toarciense constituida por ammonites, preferentemente hacia el techo, y belemnites, dominantes hacia el muro del estrato; Sierra del Reclot (provincia de Alicante). D. Concentración del Toarciense constituida mayoritariamente por ammonites muy corroídos y cubiertos de costras ferruginosas con diversos grados de desarrollo. Se observa una costra ferruginosa muy desarrollada tapizando el techo de la concentración. Sierra del Reclot (provincia de Alicante). E: Detalle de la sección de un ammonites en la concentración del Toarciense. Nótese la corrosión diferencial existente hacia la parte superior y el grosor uniforme de la costra. Sierra del Reclot (provincia de Alicante). F: Fragmento de un ejemplar de *Phylloceras* muy corroído y encostrado de la concentración del Calloviense inferior. Obsérvese la presencia de láminas micríticas, de color claro, entre las de Fe-Mn, más oscuras. Sierra de Quípar (provincia de Murcia).

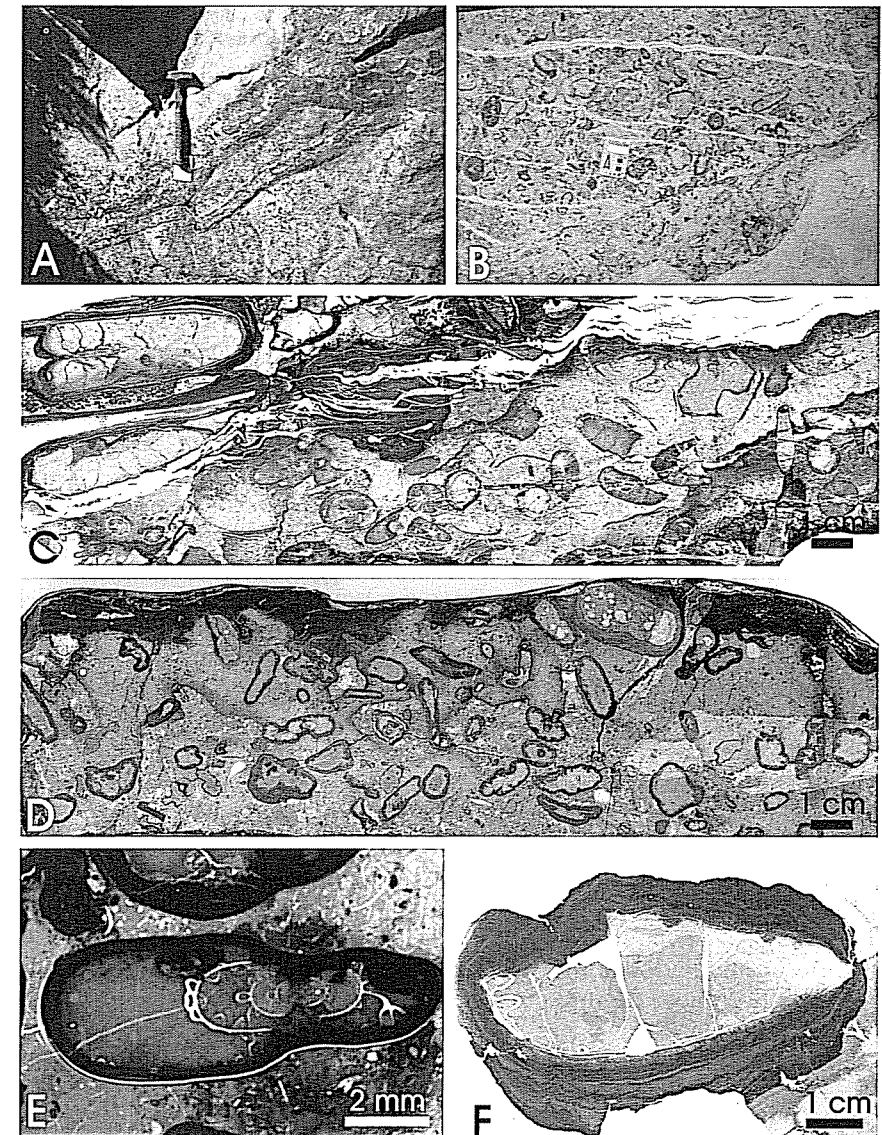


Lámina 1.

Estructuras bioerosivas de cirrípedos balanomorfos en el Mioceno Superior de Cacela (SE Portugal)

A. SANTOS¹, E. MAYORAL², F. MUÑIZ², T. BOSKI¹ Y M. CACHÃO³

Abstract A new etching trace fossil created by the attachment of balanid barnacles *Balanus* (B.) aff. *crenatus* (Bruguière) on fossil bivalves from the Upper Miocene of Cacela (southeast of Portugal) is described. The scars have undulate perimeter and a flat shelf etched into the substrate, which have inside a cluster of oval or subpolygonal concentric lines.

Key words: Etching scars, Barnacles, Upper Miocene, Cacela, Portugal.

Palabras clave: Marcas de fijación, Cirrípedos, Mioceno Superior, Cacela, Portugal.

Introducción

Desde mediados del siglo XIX, el yacimiento de la Ribeira de Cacela ha sido objeto de una gran cantidad de trabajos, que han aborda-

¹ CIMA, Centro de Investigação Marinha e Ambiental, Universidade do Algarve, UCTRA, Campus de Gambelas, P-8000 Faro, Portugal. aasantos@ualg.pt; tboski@ualg.pt.

² Departamento de Geodinámica y Paleontología. Facultad de Ciencias Experimentales. Universidad de Huelva. Campus de las Fuerzas Armadas s/n 21071 Huelva. mayoral@uhu.es; finguinea@uhu.es.

³ Departamento e Centro de Geología, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa, Rua da Escola Politécnica, 58, P-1294 Lisboa, Portugal. mcachao@fc.ul.pt.

do temas muy diversos, aunque clásicamente lo han hecho desde la óptica de la Paleontología y la Estratigrafía o incluso más recientemente, desde la protección del Patrimonio Paleontológico (Santos *et al.*, 1998; Santos, 2000). En cambio, los estudios paleoicnológicos, en especial los concernientes a la bioerosión, todavía son escasos y aislados (Cachão *et al.*, 2000).

En el presente trabajo se dan a conocer los datos preliminares de un nueva estructura bioerosiva, producida por la fijación de un cirrípedo balanomorfo: *Balanus* (B.) aff. *crenatus* (Bruguière).

Situación geográfica y geológica

El yacimiento estudiado está situado en el extremo suroriental de Portugal, en las inmediaciones de la población de Cacela Velha en el paraje de la Ribeira de Cacela y se incluye en el área del Parque Natural da Ria Formosa. Desde el punto de vista geológico, el yacimiento forma parte de la unidad morfoestructural meso-cenozoica, y se incluye en la denominada «Formação de Cacela» (Ribeiro *et al.*, 1979) (Fig. 1).

Datos de nanoplancton calcáreo, obtenidos por Cachão (1995) para el Miembro inferior de la Formación, permiten situar estratigráficamente este conjunto de sedimentos en la base de la biozona NN11 de Martini (1971), la cual corresponde a la subzona CN9a de Okada y Bukry (1980), entre -8,2 y -7,5 m.a de Caude y Kent (1992). De acuerdo con Cachão (op. cit.) y desde un punto de vista biocronológico, el depósito del Miembro inferior de la Formación de Cacela se produjo entre -8,2 m.a (FAD de *Discoaster berggremii* y de *D. quinqueramus*) y -7,5 m.a (LAD de *Minylita convialis*), lo cual lo situaría en la parte alta del Tortonense.

Material estudiado

Las estructuras estudiadas se localizan especialmente en la cara interna de bivalvos infaunales correspondientes a *Megacardita jouanneti*, *Callista* (C.) *italica* y *Circomphalus foliaceolamellosus*, todos ellos procedentes del Miembro inferior de la Formación de Cacela.

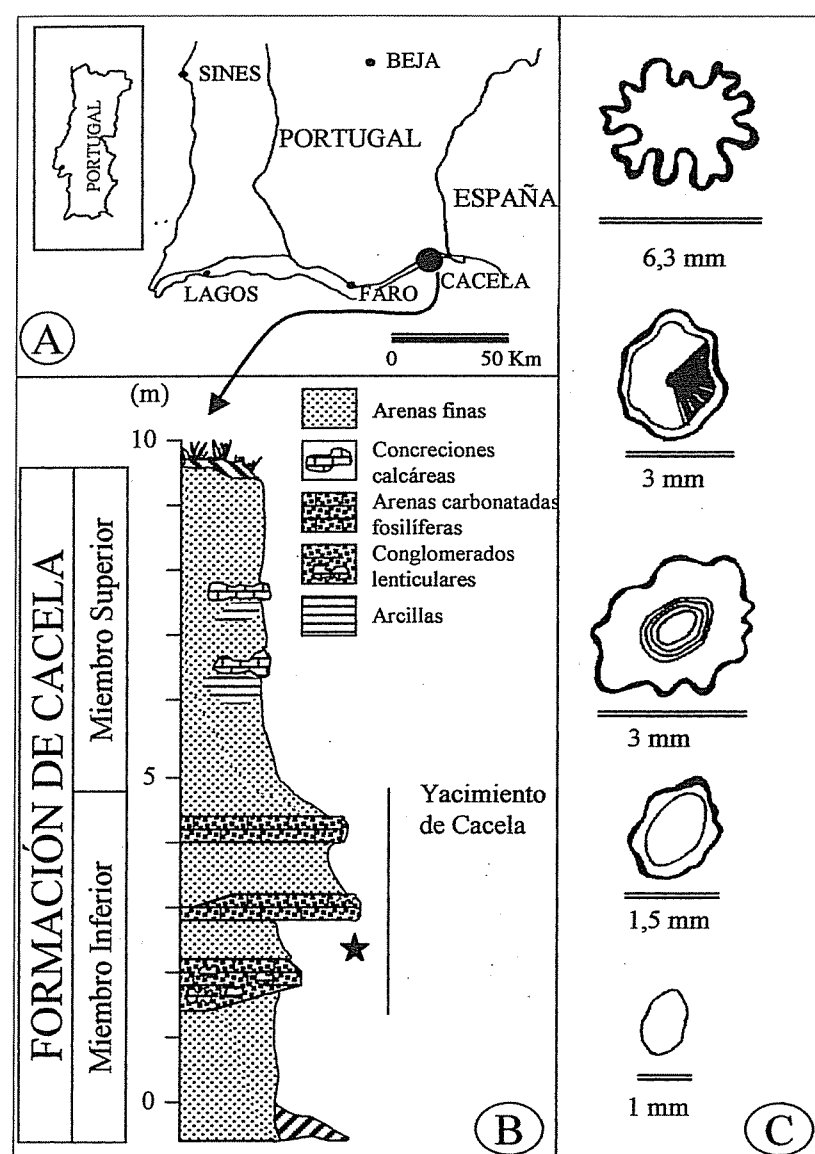


Figura 1. A. Localización geográfica del yacimiento. B. Perfil litoestratigráfico. C. Esquemas de las sucesivas fases de desarrollo de la estructura bioerosiva de incrustación.

Se han analizado y medido un total de 232 estructuras bioerosivas en ejemplares cuyas siglas son RC-1 a RC-8. El material se encuentra depositado en la Universidad del Algarve (Portugal).

Descripción

Las estructuras identificadas consisten en un conjunto de marcas aisladas o en pequeños grupos, que se observan a simple vista y que tienen un tamaño variable entre 1 y 8,5 mm. Estas marcas presentan geometrías variables que van desde formas subromboidales-subexagonales (las más pequeñas) hasta formas subcirculares (las más grandes). Las primeras son simples, con un diámetro que oscila entre 1 y 2 mm. Presentan en su interior líneas concéntricas, poco marcadas, de contorno ovalado a subromboidal, llegando hasta un número máximo de cinco. Las segundas, son más complejas y presentan un diámetro variable entre 4 y 8,5 mm. Su morfología es muy característica y singular, de tal forma que la marca tiene un perímetro de aspecto acintado y de trazado sinuoso o festoneado, formando pliegues muy apretados con intervalos bien definidos. Este trazado corresponde a un surco perforado superficialmente en el sustrato, que tiene la base plana, con una anchura que varía entre 0,05 y 0,4 mm. El área que queda comprendida en el interior de este perímetro puede presentar algunas líneas concéntricas, generalmente muy tenues, que tienen una disposición similar a la presentada en las marcas anteriores. A veces, junto a estas líneas concéntricas, aparecen restos calcáreos de placas en los que se distinguen estructuras radiales simples o dobles, que parten desde el centro de la marca hacia la periferia.

Interpretación

Las marcas descritas se interpretan como estructuras bioerosivas de incrustación o fijación de cirrípedos balanomorfos, próximos a *Balanus* (*B.*) *crenatus*. Esta asignación se ha podido efectuar con facilidad, ya que el esqueleto del productor se ha encontrado en posición de vida y en íntima asociación con los diferentes estados de conservación de estas marcas. La aparición de las líneas en el interior de las marcas más simples y pequeñas indican los sucesivos estadios de crecimiento de la placa basal del balanomorfo. Éste crece gracias a que una cuña de tejido del manto,

situada entre la junta de la base y las placas murales, agrega material a la periferia de la base y a los márgenes inferiores de las placas anteriores. En las morfologías más complejas y de mayor tamaño (las que presentan el surco festoneado), estas líneas de crecimiento pueden no ser visibles debido a procesos incipientes de disolución y/o abrasión superficial.

La construcción del surco externo se origina como resultado de la interacción que se produce entre la nueva cutícula secretada por el organismo al crecer y la superficie del sustrato sobre la que se apoyará.

Discusión

Las señales de fijación aquí descritas pueden presentar alguna semejanza con los icnotaxones *Centrichnus eccentricus* y *C. concentricus* Bromley y Martinell, descritos tanto en materiales actuales (Bromley y Martinell, 1991), como en fósiles (*C. eccentricus*, Bromley, 1999). El primero difiere sustancialmente en la configuración general de la estructura y en las dimensiones de ésta (8,5 y 10 mm como dimensiones máximas para los dos taxones respectivamente).

Los ejemplares aquí estudiados destacan básicamente por el aspecto sinuoso y replegado del surco perimetral o bien por su forma subbromboidal cuando este surco no está presente. Según Bromley y Martinell (1991), *C. eccentricus* consiste en una marca de contorno compacto, en forma de lágrima o gota, que posee en su interior líneas arqueadas y cóncavas dirigidas hacia el extremo puntiagudo final. Por otra parte, en relación con *C. concentricus*, los mismos autores (op. cit.) lo describen como consistente en una depresión central, redondeada y rodeada por una plataforma ligeramente excavada en el sustrato. Esta plataforma tiene un perímetro oval, crenulado y puede presentar un patrón interno formado por anillos concéntricos igualmente crenulados.

En 1979, Miller y Brown, citaron la presencia de marcas circulares correspondientes a la fijación de balanomorfos, si bien su descripción no se asemeja prácticamente en nada a la aquí expuesta.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Programa PRAXIS XXI mediante una beca de doctorado (Praxis XXI/BO/21466/99) a Ana Santos, así como por

la ayuda al Grupo de Investigación RNM 316 «Tectónica y Paleontología» de la Junta de Andalucía. Este trabajo es también una contribución al Proyecto BTE2000-0584: «El Neógeno del Mediterráneo Occidental (III): Paleobiología, Paleoclimatología y Bioestratigrafía».

Bibliografía

- Bromley, R. G. 1999. Anomiid (bivalve) bioerosion on Pleistocene pectinid (bivalve) shell, Rhodes, Greece. *Geologie en Mijnbouw*, 78, 175-177.
- Bromley, R. G. and Martinell, J. 1991. *Centrichnus*, new ichnogenus for centrally patterned attachment scars on skeletal substrates. *Bulletin of the Geological Society of Denmark*, 38, 243-252.
- Cachão, M. 1995. *Utilização de nanofósseis calcários em biostratigrafia, paleoceanografia e paleoecologia. Aplicações ao Neogénico do Algarve (Portugal) e do Mediterrâneo Ocidental (ODP653) e à problemática do Coccolithus pelagicus*. Ph. D dissertation, Faculdade de Ciências da Universidade de Lisboa, Lisboa, 356 pp. (unpublished)
- Cachão, M., de Gibert, J. M., Mayoral, E., Muñiz, F. e da Silva, C. M. 2000. Paleocnologia da Formação de Cacela (Miocénico superior), Algarve, Portugal: Dados preliminares. Livro de resumos, *I Congresso Ibérico de Paleontologia, XVI Jornadas de la Sociedad Española de Paleontología*, Évora, 5-7.
- Miller, W. and Brown, N. 1979. The attachment scars of fossil balanids. *Journal of Paleontology*, 53 (1), 208-210.
- Ribeiro, A., Antunes, M. T., Ferreira, M., Rocha, R., Soares, A., Zbyszewski, G., Almeida, F., Carvalho, D. et Monteiro, J. 1979. Introduction à la géologie générale du Portugal. *Serviços Geológicos de Portugal*, Lisboa, 114 pp.
- Santos, A. 2000. *Bivalves Marinhos do Miocénico superior (Tortoniano superior) de Cacela (Algarve, Portugal)*. Msc. Dissertation, Universidade do Algarve, Faro, 207 pp., est. I-XXXIV. (unpublished).
- Santos, A., Boski, T., Marques da Silva, C., Cachão, M., Moura, D. and Cancela da Fonseca, L. 1998. Cacela's Paleontological heritage in the Ria Formosa Natural Park (Algarve, Portugal). Libro de resúmenes, *XIV Jornadas de Paleontología*, Tenerife, 157-160.

Agrupaciones sorales del helecho *Weichselia reticulata* en depositos de la Formación Escucha (Albiense medio), Cordillera Ibérica Oriental, Teruel, España

L. M. SENDER¹, J. FERRER¹, C. RUBIO¹ y J. B. Díez²

Abstract Fragments of associated fern soral clusters have been found at Escucha Formation sediments in the Middle Albian of Teruel province. Special features of these structures, such as the sorus arranged in pill-like clusters with sporangia completely surrounded by the indusium, make them closely comparable to *Weichselia reticulata* (Stokes and Webb) according to the descriptions of this xeromorphic fern carried out by Alvin (1971).

Key words: Palaeobotany, Soral clusters, Escucha Formation, Middle Albian, Xeromorphic.

Palabras clave: Paleobotánica, Agrupaciones sorales, Formación Escucha, Albiense Medio, Xeromórfico.

¹ Departamento Ciencias de la Tierra (Paleontología). Universidad de Zaragoza. joferrer@posta.unizar.es; c.rubio@posta.unizar.es

² Departamento Geociencias Marinas y Ordenación del Territorio. Universidad de Vigo. Campus Lagoas-Marcosende, 36200 Vigo (Pontevedra). jbdiez@uvigo.es

Introducción

El registro de estructuras vegetativas de helechos pertenecientes al Cretácico Inferior español es relativamente frecuente, pero es menos común la presencia de estructuras fértiles en conexión, que puedan asignarse a un grupo taxonómico concreto. Por ello, es particularmente interesante el hallazgo, en materiales pertenecientes al Cretácico Inferior de la provincia de Teruel, de restos pertenecientes a estructuras reproductivas similares a las definidas por Alvin (1968) para el helecho *Weichselia reticulata* (Stokes y Webb) Fontaine in Ward emend. Alvin.

Descripción

Los restos vegetales se han hallado en la parte superior del Miembro Medio de la Formación Escucha (Aguilar *et al.*, 1971), en lutitas grises oscuras finamente laminadas pertenecientes a la secuencia tipo de la localidad de Escucha (Teruel), de edad Albiense Medio (Fig. 1).

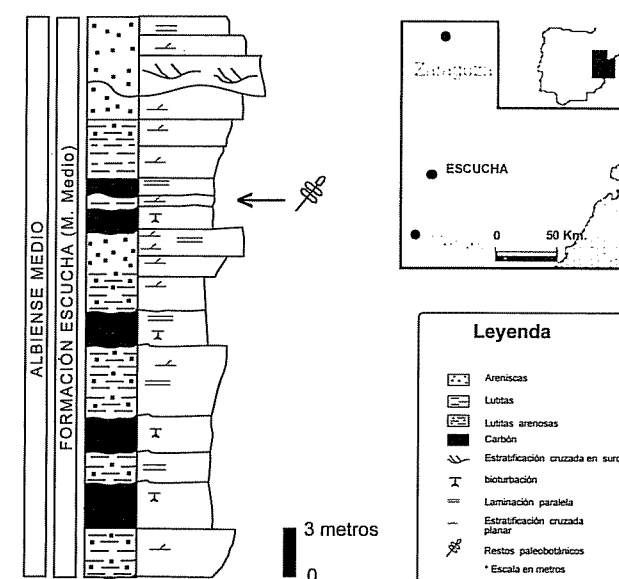


Figura 1. Situación geográfica de la localidad de Escucha y columna estratigráfica de la parte superior del Miembro Medio de la Formación Escucha, donde se han hallado los restos paleobotánicos (tomado de Querol *et al.* 1992, y modificado para este trabajo).

El material sobre el que se ha realizado este estudio corresponde a un único fragmento rocoso recogido en un afloramiento durante las labores de prospección minera de la zona. Se compone de una docena de finos raquis fragmentados, a cada uno de los cuales se encuentran sujetas de 4 a 14 agrupaciones sorales conservadas en forma de compresiones. Estas agrupaciones poseen una forma esférica con un diámetro de entre 3 y 4 mm. cada una, están dispuestas de forma alternante, en una estructura de tipo alternante (Lám. 1, 4) y sujetas al raquis por su base de forma aparentemente directa (Lám. 1, 5 y 6).

Las agrupaciones, a su vez, están compuestas por 12 a 14 soros de forma subtrapezoidal, pentagonal o hexagonal, dependiendo de su posición dentro de la agrupación, y, por lo tanto, del espacio disponible para su crecimiento. Tienen un tamaño de entre 0.8 y 1 mm. de longitud mayor y están totalmente recubiertos por un indisio peltado (Lám. 1, 3). Cada indisio posee una zona central circular de aproximadamente 1/3 de la longitud mayor del mismo.

Todas las agrupaciones se encuentran unidas a sus correspondientes raquis, observándose en algunos casos la disposición paralela de los mismos dentro del fronde (ver Lám. 1, 1).

Discusión

La presencia de restos de *Weichselia reticulata* (Stokes y Webb) Fontaine *in* Ward *emend.* Alvin (Orden Filicales, Familia Matoniaceae), es común en los niveles de la Formación Escucha en el área tipo de Escucha. En el curso del estudio que hemos realizado, se han encontrado fragmentos de frondes con pinnas de primer orden y numerosas pinnas de segundo orden aisladas. También son muy abundantes en ciertos niveles los registros de indisios aislados entre el material mencionado. Por ello, la presencia de estructuras sorales completas constituye un hecho que, aunque poco frecuente, es relativamente habitual en estos niveles.

Las analogías entre las características presentadas por los restos hallados y las descripciones de Alvin (1968), nos llevan a la asignación de las agrupaciones sorales como pertenecientes a parte de un fronde fértil del helecho *Weichselia reticulata* (Stokes y Webb) Fontaine *in* Ward *emend.* Alvin.

De acuerdo con Alvin (1971), este helecho posee unas características propias que lo diferencian del resto de los miembros conocidos de la Familia Matoniaceae, como son, entre otros: la estructura bipinnada de las divisiones primarias de los fondes, la dictiostela policíclica, la aparente presencia en los tallos de soporte de rizóforos o raíces soporte, la separación entre frondes vegetativos y frondes fértiles y la posesión de pínulas fértiles filiformes, no laminares, con los soros agrupados en estructuras redondeadas. Esta última característica es la que se ha podido observar con más detalle en el material, y es única entre los helechos (Watson y Alvin, 1996), lo que nos ha permitido asignarlo a esta especie en concreto.

La autoecología de *Weichselia reticulata* (Stokes y Webb) Fontaine *in* Ward *emend.* Alvin ha sido y es objeto de controversia. Existe acuerdo en que este helecho estaría adaptado a unas condiciones peculiares en algún tipo de hábitat extremo. Así, Daber (1968) propone que la presencia de órganos de tipo «rizóforo» sugeriría la posibilidad de que *Weichselia* pudiera habitar en un medio pantanoso, quizás con presencia de aguas salobres, próximo al mar. A su vez, El-Khayal (1985) expone el hecho de que quizás pudiera desarrollarse en un medio árido, con presencia de dunas, y cercano al mar, a partir del registro obtenido en las areniscas de la Formación Wasia de Arabia Saudí. Por otra parte, Watson y Alvin (1996), recogen la evidencia de las adaptaciones xeromórficas de los frondes vegetativos y el hecho de que los esporangios estén completamente encerrados por el indisio para incluir a *Weichselia* dentro del grupo de vegetales adaptados a una estrategia de «fire-climax», y exponen la posibilidad de que la caída de las agrupaciones sorales pudiera deberse a la acción del fuego. Posteriormente, Diéguez y Meléndez (2000) describen indisios dispersos atribuibles a *Weichselia*, lo cual es frecuente también en los materiales pertenecientes a la Formación Escucha. Este hecho indicaría la disgregación de las agrupaciones sorales, pero no permitiría precisar si ésta se produjo con anterioridad o con posterioridad a la separación de los raquis en un proceso natural de maduración.

La distribución paleogeogeográfica del helecho *Weichselia reticulata* es muy amplia, encontrándose registros del mismo en sedimentos pertenecientes al Cretácico en Europa Occidental, Norte de África, Arabia Saudí, India, Siberia, y Norte y Sur de América. El hallazgo de restos del mismo en la Formación Escucha en la provincia de Teruel, se une a los registros españoles del Montsec (Lérida) y Las Hoyas (Cuenca) (Diéguez y Meléndez, 2000).

Conclusiones

La presencia de agrupaciones sorales asociadas del helecho *Weichselia reticulata* (Stokes y Webb) Fontaine in Ward *emend.* Alvin. en materiales pertenecientes al Miembro Medio de la Formación Escucha (Albionense Medio) en la localidad de Escucha (Teruel, España), constituye un hecho singular, tanto por la calidad del registro como por la inclusión de un nuevo punto en la distribución paleogeográfica de esta especie.

Agradecimientos

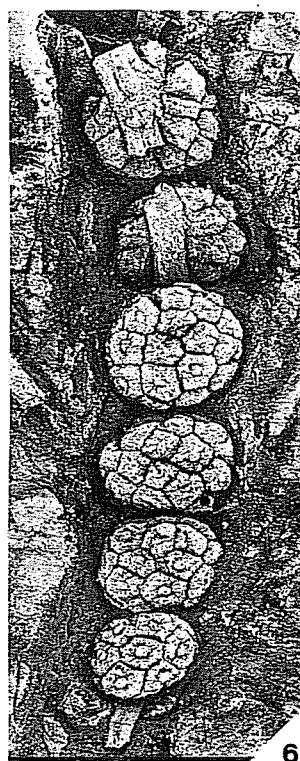
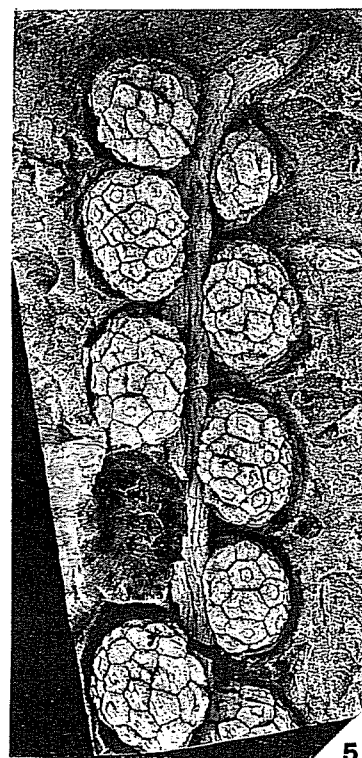
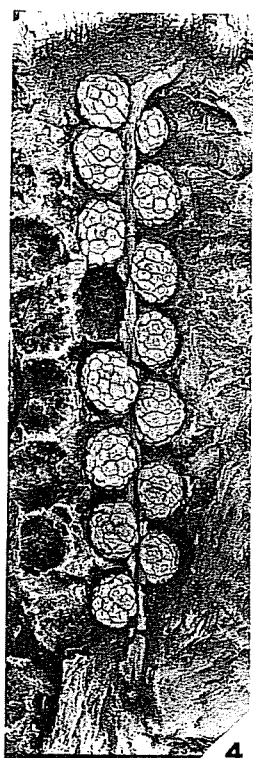
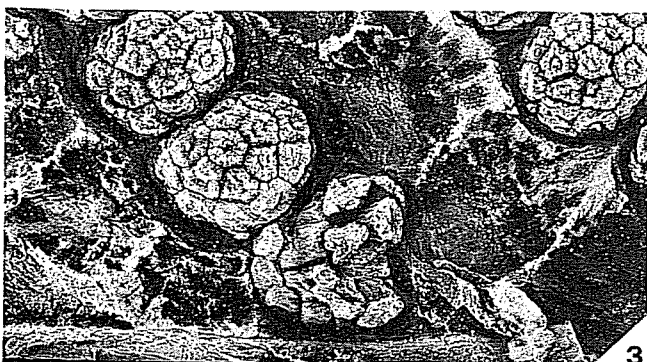
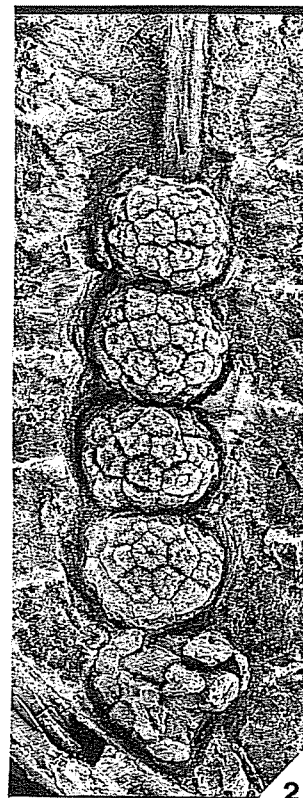
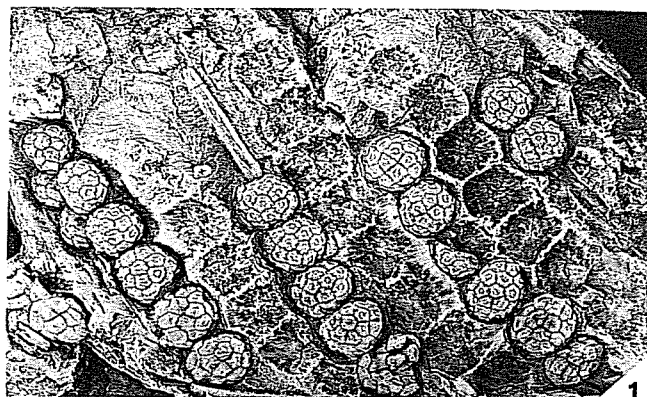
Los autores agradecen a la Dra. Zarela Herrera y al Dr. Enrique Villas la realización de las fotografías y su asesoría en la maquetación de las mismas. Igualmente, agradecen a la Dra. M.^a Teresa Fernández Marrón y a la Dra. M. Carmen Diéguez su lectura crítica del manuscrito y las sugerencias aportadas al mismo.

Bibliografía

- Aguilar, M., Ramírez del Pozo, J. y Riba, O. 1971. Algunas precisiones sobre la sedimentación y paleoecología del Cretácico Inferior en la zona de Utrillas-Villaroya de los Pinares (Teruel). *Estudios Geológicos*, **27**, 497-512.
- Alvin, K. L. 1968. The spore-bearing organs of the Cretaceous fern *Weichselia Stiehler*. *Botanical Journal of the Linnean Society*, **61**, 87-92.
- Alvin, K. L. 1971. *Weichselia reticulata* (Stokes et Webb) Fontaine from the Wealden of Belgium. *Mémoire de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, **166**, 33 pp.
- Daber, R. 1968. A *Weichselia-Stiehleria* Matoniaceae community within the Quedlinburg Estuary of Lower Cretaceous age. *Journal of the Linnean Society (Botany)*, **61**, 75-85.
- Diéguez, C. and Meléndez, N. 2000. Early Cretaceous ferns from lacustrine limestones at las Hoyas, Cuenca province, Spain. *Palaeontology*, **43**, 6, 1113-1141.
- El-Khayal, A. A. 1985. Occurrence of characteristic Wealden fern (*Weichselia reticulata*) in the Wasia Formation, central Saudi Arabia. *Scripta Geologica*, **79**, 75-88.

- Querol, X., Salas, R., Pardo, G. and Ardevol, L. 1992. Albian Coal-bearing Deposits of the Iberian Range in NE Spain. In: McCabe, P. and Parrish, J. (Editors), *The Controls on Distribution and Quality of Cretaceous Coals. Geological Society of America Special Paper*, **267**, 193-208.
- Watson, J. and Alvin, K. L. 1996. An English Wealden floral list, with comments on possible environmental indicators. *Cretaceous Research*, **17** (1), 5-26.

Lámina 1. 1. Disposición paralela, dentro del fronde, de los raquis que contienen las agrupaciones sorales (x 2). 2. Detalle de uno de los raquis de la 1 mostrando las agrupaciones sorales, de forma esférica (x 4,5). 3. Detalle de la parte inferior de la 2. Se aprecia como una de las agrupaciones ha sido aplastada, observándose el contorno peltado de los indusios (x 5). 4. Fragmento de raquis muy completo en el que se aprecia la disposición alternante de las agrupaciones sorales (x 2). 5. Detalle de la 4 en el que se muestra como la unión de las agrupaciones sorales al raquis se realiza de forma directa (x 4,5). 6. Fragmento de raquis en vista lateral. Las dos agrupaciones superiores que se situaban en primer plano han desaparecido dejando a la vista la disposición de los soros en las agrupaciones sorales internas. Se aprecia el crecimiento divergente de los soros desde un punto central situado directamente sobre el raquis (x 4,5).



Alteración tafonómica en *Cyclammina cancellata* Brady, foraminífero aglutinado de aguas profundas

J. USERA¹, C. ALBEROLA¹ Y J. GUILLEM¹

Abstract A detailed study has been carried out on the degree of taphonomic alteration in 96 individuals of the species *Cyclammina cancellata* Brady, from the bathyal zone near the island of Ibiza. More than a half of specimens are only slightly altered to non-altered at all. An alteration sequence can be established using Image Analysis. This sequence would start with the surface corrosion and go on farther until specimens have lost their original shape and are unrecognizable.

Key words: Taphonomy, degree of alteration, *Cyclammina cancellata*, recent Foraminifera, Ibiza.

Palabras clave: Tafonomía, grados de alteración, *Cyclammina cancellata*, foraminíferos actuales, Ibiza.

Introducción

Brady (1884) describe el género *Cyclammina*, encontrado en los dragados realizados por el HMS Challenger durante los años 1873 a 1876, como un foraminífero de tipo arenáceo con unas caracterís-

¹ Departamento de Geología, Universidad de Valencia. Dr. Moliner, 50, 46100, Burjasot, Valencia. usera@uv.es; Jorge.Guillem@uv.es

ticas peculiares en su esqueleto. La distribución en profundidad conocida entonces oscilaba entre 100 brazas (167,2 m) y 2.900 brazas (4.849 m).

Estudios más recientes de Akers (1954), Bandy (1963), Bandy y Echols (1964), Bandy y Rodolpho (1964), Banner (1970), Colom (1974) y Saidova (1963, 1967) reconocen la presencia de este foraminífero en fondos entre 196 m y 5.800 m, estableciéndose en algunos casos relaciones entre el aumento de la profundidad y el mayor diámetro de la concha (BANDY, 1963).

El caparazón de *Cyclammina cancellata* Brady es estructuralmente complejo, formado por un gran número de pequeñas cámaras en desarrollo planoespiral. Posee una pared externa, a manera de epidermis, de color marrón, formada por material detrítico muy fino cementado y una hipodermis de material detrítico más grueso, de naturaleza silícea, que origina una estructura alveolar en uno o dos niveles antes de llegar a las cámaras propiamente dichas. El cemento que forma la epidermis contiene entre un 8,5 y un 9,4% de Fe_2O_3 , frente a sólo el 5,5 al 6,8% de CO_3Ca (Vinogradov, 1953, *in* Banner, 1970), lo que proporciona el color característico a la especie.

Esta capa externa es la primera en alterarse, dando lugar a la aparición de la estructura compleja interior y al material más grueso que la constituye.

La observación de los ejemplares al microscopio electrónico de barrido para determinar si existen modificaciones microestructurales y la aplicación del análisis de imagen al desarrollo de las alteraciones epidérmicas, pueden servir para establecer la secuencia de desagregación y el factor o los factores que influyen en la misma.

Material y métodos

El material de donde han sido extraídos los ejemplares de *Cyclammina cancellata* Brady, procede de un muestreo realizado frente al puerto de San Antonio Abad en la isla de Ibiza, a 300 metros de profundidad. El material fue extraído mediante una draga Van Veen y tamizado bajo malla de 3mm.

Se obtuvieron un total de 96 ejemplares que presentaban diferentes grados de alteración. Para estudiar éstos, fue realizado un análisis de imagen de cada uno de los individuos, mediante el programa Image Processing and Analysis system Leica Q-500, para analizar las superficies erosionadas.

Los diferentes grados de alteración establecidos son los siguientes:

Grado I: ejemplares sin alterar (Lám. 1, 1) o en los que sólo se aprecia erosión superficial que únicamente afecta a la epidermis sin llegar a niveles más profundos.

Grado II: existen áreas con erosión más profunda que afecta a la capa hipodérmica apreciándose la estructura alveolar típica de ésta. Dichas áreas no exceden el 10% de la superficie del caparazón (Lám. 1, 2). Aquí se incluyen también los ejemplares en los que se ha perdido total o parcialmente la última cámara.

Grado III: las regiones con alteración profunda afectan desde el 10% al 50% de la superficie del caparazón (Lám. 1, 3 y 4).

Grado IV: más del 50 % de la superficie del ejemplar está erosionada hasta el nivel de la hipodermis (Lám 1, 5 y 6). En los casos más extremos, la totalidad de la superficie del caparazón está afectada y el ejemplar pierde incluso la forma original (Lám. 1, 5).

La medición de las áreas alteradas utilizando un programa de análisis de imagen resulta especialmente útil a la hora de discernir menos subjetivamente entre los grados II, III y IV.

Resultados

Como puede apreciarse en la Figura 1, 54 de los 96 ejemplares considerados quedan incluidos en el grado I correspondiente a individuos inalterados (41) o que únicamente presentan erosión superficial (13). Aproximadamente la cuarta parte de los ejemplares se incluyen en el grado II. Los grados III y IV están representados por 12 y 5 individuos respectivamente. Las proporciones se reducen a la mitad cuando pasamos de un grado de alteración al siguiente.

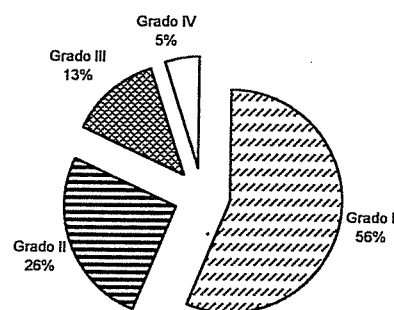


Figura 1: Distribución de los ejemplares de *Cyclammina cancellata* Brady, según los diferentes grados de alteración.

Se ha podido observar también que en más del 60% de los casos en los que hay alguna alteración (aunque sólo sea una leve erosión superficial), está localizada preferentemente en las últimas cámaras conservadas.

En 15 ejemplares se observa una serie de manchas epidérmicas de color negro que, en ocasiones, muestran formas de tipo dendrítico en sus bordes. Es de destacar el hecho de que estos 15 ejemplares están incluidos en el grado I de alteración. Esto último puede ser debido a que se trate de un fenómeno exclusivo de la epidermis, y al degradarse ésta en los estados de alteración más avanzados, sea más difícil o incluso imposible de reconocer. Asimismo, otros 4 individuos (correspondientes a los estados de alteración II y III) presentan un color blanquecino debido posiblemente a algún cambio en la composición química del caparazón.

Interpretación de los resultados

En conjunto se puede deducir que, en el medio de sedimentación donde fueron recogidos los ejemplares de *Cyclammina cancellata* Brady, los procesos tafonómicos no han actuado muy severamente, ya que más de la mitad de los ejemplares están inalterados o sólo superficialmente alterados. La coincidencia de estados de alteración tan dispares como los grados I y IV puede obedecer simplemente a que los ejemplares de éste último grado lleven más tiempo depositados.

A partir de los resultados obtenidos puede establecerse una secuencia hipotética de alteración tafonómica, al menos en lo que se refiere a fenómenos de corrosión. Los caparazones de los foraminíferos, inalterados en un principio (grado I, Lám. 1, 1), comenzarían a sufrir un proceso de corrosión que inicialmente sólo actuaría desagregando el sedimento fino de la capa epidérmica. Esta alteración, que afectaría de forma preferente a la región de las últimas cámaras, sería cada vez más extensa y más profunda, y, al desaparecer la epidermis, quedaría al descubierto la capa hipodérmica con su estructura alveolar característica (grado II, Lám. 1, 2). En este estadio puede llegar a perderse total o parcialmente la última cámara. La pared del caparazón iría degradándose de manera progresiva (grado III, Lám. 1, 3 y 4) hasta que la mayor parte o la totalidad de la hipodermis quedase al descubierto (grado IV, lám. 1: Figs. 5 y 6). En los últimos estadios puede incluso perderse la forma original siendo el ejemplar casi irreconocible (lám. 1: Fig. 5).

Conclusiones

Dado que más de la mitad de los ejemplares de *Cyclammina cancellata* Brady aparecen completos o con muy pequeñas alteraciones y que sólo un 5% presenta procesos de corrosión importantes, podría deducirse que en este ambiente de aguas profundas, los componentes del caparazón de este foraminífero son bastante resistentes a los agentes de alteración del medio.

Agradecimientos

Nuestro agradecimiento al doctor Sixto Fernández López y al doctor Guillermo Meléndez Hevia por sus observaciones al manuscrito original. La doctora Anna García-Forner colaboró amablemente en la parte gráfica y don Gilberto García en la toma de muestras en la costa de Ibiza.

Bibliografía

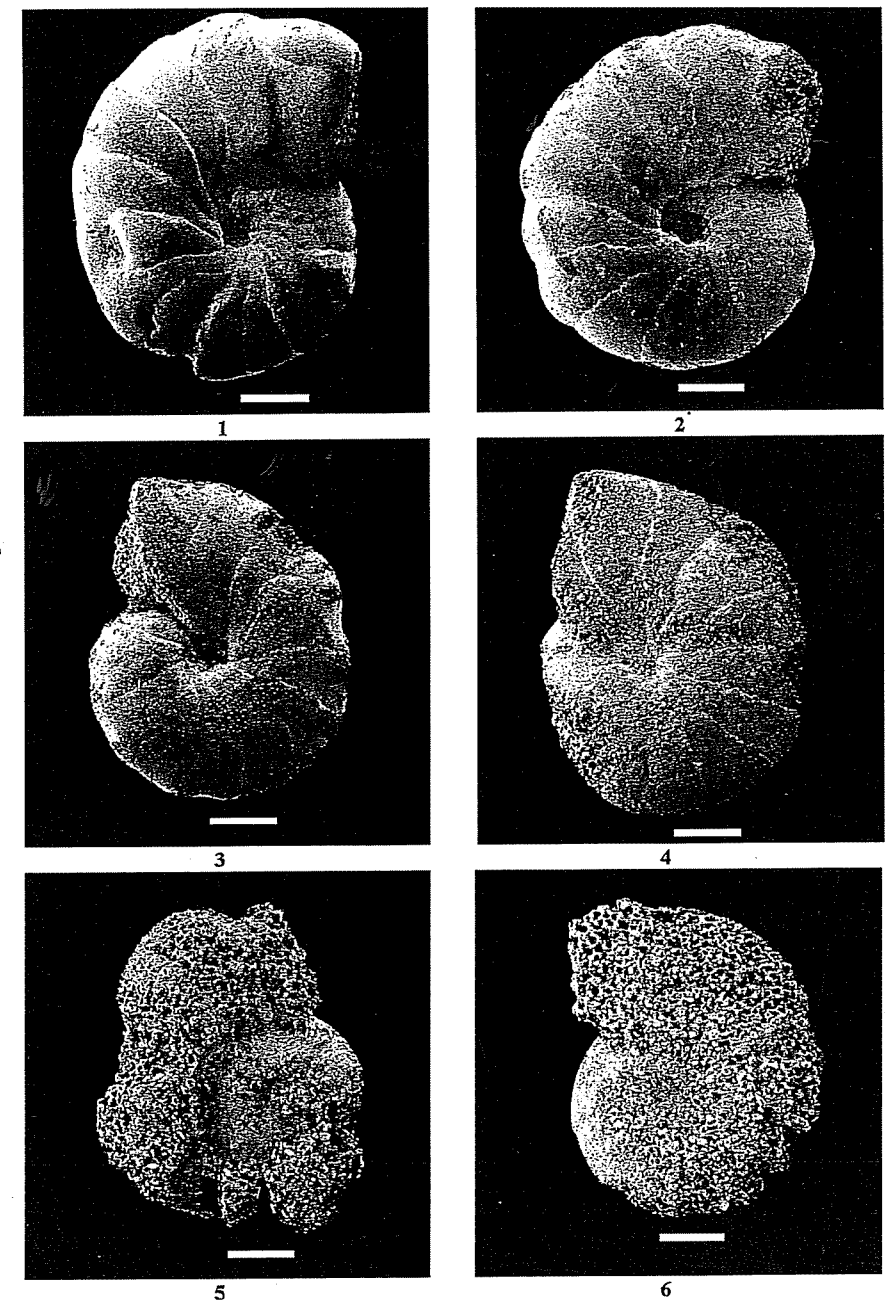
Akers, W. H. 1954. Ecologic aspects and stratigraphic significance of the foraminifer *Cyclammina cancellata*. *Journal of Paleontology*, 28, 132-152.

- Bandy, O. L. 1963. Larger Living Foraminifera of the Continental Borderland of Southern California. *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, XIV, 121-126.
- Bandy, O. L. and Echols, R. S. 1964. Antarctic foraminiferal zonation. *Biology of Antarctic Seas*, *Antarctic Research Series*, 1, 73-91.
- Bandy, O. L. and Rodolpho, K. S. 1964. Description of foraminifera and sediments, Peru-Chile Trench area. *Deep Sea Research*, 11, 817-837.
- Banner, F. T. 1970. A synopsis of the Spirocyclinidae. *Revista Española de Micropaleontología*, II, 243-290.
- Brady, H. B. 1884. *Report on the foraminifera dredged by HMS «Challenger» during the years 1873-1876*. Challenger Expedition 1873-76, report, London, 9, (22), 20-63.
- Colom, G. 1974. Foraminíferos ibéricos. Introducción al estudio de las especies bentónicas recientes. *Investigación Pesquera*, 38, 1-245.
- Saidova, H. M. 1963. O zonalnom kolichestvennom respredelnii donnikh foraminifer v Tikhom Okeane. *Voprosy Mikropaleontologii*, 7, 196-208.
- Saidova, H. M. 1967. Sediment, stratigraphy and palaeogeography of the Pacific Ocean by Benthonic foraminifera during the Quaternary. *Progress in Oceanography*, 4, 143-151.
- Vinogradov, A. P. 1953. The elementary chemical composition of marine organisms. *Sears Foundation Marine Research*, 4, 245-250.

Lámina 1 : *Cyclammina cancellata* Brady.

1. Grado I. Ejemplares sin alterar. 2. Grado II. Ejemplares en los que el área de alteración no excede el 10% de la superficie del caparazón. 3 y 4. Grado III. Alteración del 10% al 50% de la superficie de la concha. 5 y 6. Grado IV. Alteración de más del 50% de la superficie del caparazón.

En las figuras 1, 2 y 3, la barra representa 600 μ . En las figuras 4, 5 y 6 la barra representa 500 μ .



Foraminíferos y paleoambientes cuaternarios en la Cuenca del Bajo Segura (Alicante)

J. USERA¹, A. M. BLÁZQUEZ² Y C. ALBEROLA¹

Abstract The Quaternary Foraminifers from a core made in the Bajo Segura Basin are studied. Three units are established based on the statistical study of their diversity and their assemblages: Unit I, with alluvial sedimentation and sporadic stagnant waters. Unit II, paralic environment with changin marine influence. Unit III, with a trend towards a marsh environment.

Key words: Foraminifers, paleoecological dynamics, paleoenvironments, Quaternary, Alicante.

Palabras clave: Foraminíferos, dinámica paleocológica, paleoambientes, Cuaternario, Alicante.

Introducción

El sur de la provincia de Alicante, ha estado sometida durante el Cuaternario a fluctuaciones del nivel del mar, tanto por causas glacio-eustáticas como por tectónica reciente, lo que ha dado lugar a una sucesión de diferentes episodios ambientales en la zona litoral (Blázquez,

¹ Departamento Geología, Universidad de Valencia. Dr. Moliner, 50. Burjasot, Valencia.

² INEMA, Ingenieros Asesores, S.L. C/ Periodista Badía, 5, 2.ª. 46010 Valencia. usera@uv.es. ana.m.blazquez@uv.es

2001). El estudio de las asociaciones de foraminíferos, los índices de riqueza y diversidad y las características litológicas pueden ayudarnos a reconstruir la evolución paleoambiental de esta zona de la Cuenca baja del río Segura durante el Cuaternario.

Materiales y métodos

Los materiales sobre los que se basa este estudio proceden de un sondeo realizado en la Cuenca del Bajo Segura, de coordenadas UTM 30SYH920 263, situado a 7 m s.n.m. y que alcanzó una profundidad de 32 m (Fig. 1).

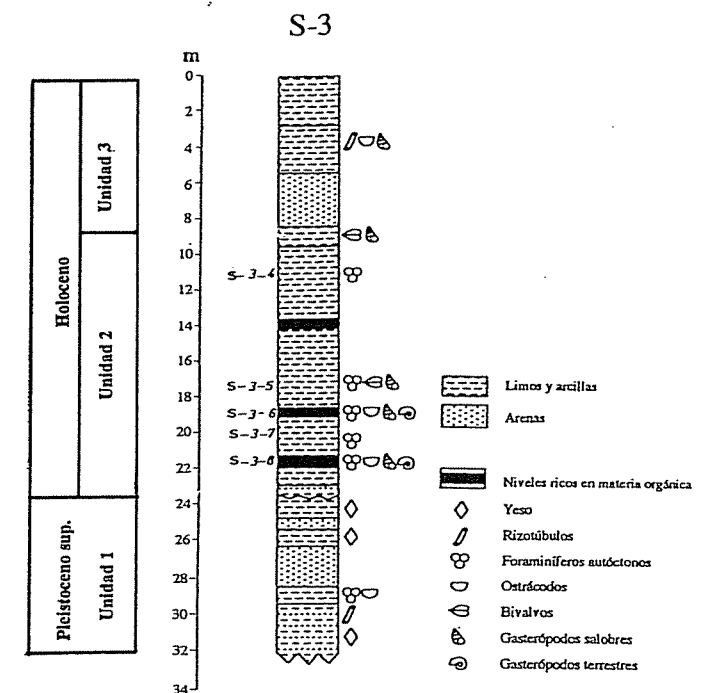


Figura 1. Columna estratigráfica del sondeo S-3 en la Cuenca del Bajo Segura, Alicante. Las edades atribuidas a la Unidad I (Pleistoceno superior) y a las unidades 2 y 3 (Holoceno), corresponden a las dataciones numéricas efectuadas por Soria *et al.* (1999) en testigos de sondeos efectuados en zonas próximas.

Se tomaron 13 muestras que fueron disgregadas en agua y levigadas sobre tamices de 0,4 mm, 0,125 mm y 0,063 mm de luz.

Se trabajó en cada muestra con un número mínimo de 500 individuos por fracción, cuando esto fue posible.

Una vez clasificadas las especies de foraminíferos, se procedió a contar el número de individuos de cada una de ellas y se aplicó el método de rarefacción de Sanders (1968) (Usera y Blázquez, 1999), construyendo las curvas de rarefacción para cada muestra y estimar de este modo el número de especies posibles, para el número obtenido de individuos (Hulbert, 1971; Raup and Stanley, 1978; Hayek and Buzas, 1997).

Para determinar la dinámica paleoecológica se realizó un estudio estadístico calculando el índice de diversidad de Shannon-Wiener (Shannon and Wiener, 1949), el índice a Fisher (Fisher *et al.*, 1943), y la Equitabilidad e índice de riqueza de Margalef (Magurran, 1989).

Resultados y discusión

Del total de muestras sólo cinco han proporcionado un número significativo de foraminíferos fósiles, siendo en total 4.594 ejemplares los separados para su estudio.

Las especies encontradas y su número aparecen en la tabla I, al igual que los valores obtenidos en el estudio estadístico. Una representación gráfica de estos últimos aparece en la Figura 2.

Atendiendo al contenido paleontológico y a las características litológicas de la serie, podemos establecer tres unidades:

Unidad I: Abarca desde -32 m a -23,5 m. y está constituida por limos, arcillas y arenas, con presencia de yesos y concreciones ferruginosas y carbonatadas, en ocasiones en forma de rizotúbulos. El nivel situado a -29 m ha proporcionado algunos ejemplares de *Ammonia beccarii* (Linné) y *Miliolinella eburnea* (D'Orbigny) y fragmentos de valvas del ostrácodo *Cyprideis torosa* (Jones). El contacto con la siguiente unidad es discordante.

Unidad II: Comprende desde -23,5 m a -8,3 m está formada por materiales lutíticos ricos en materia orgánica que se concentra sobre todo a -14 m, -18,7 m y -21,8 m. Es frecuente en toda la unidad la pre-

ESPECIES	3S-8	3S-7	3S-6	3S-5	3S-4
<i>Ammonia beccarii</i> (Linné) Dextr.	206	181	40	83	123
<i>Ammonia beccarii</i> (Linné) Lev.	453	307	76	282	216
<i>Haynesina germanica</i> (Ehrenberg)	95	16	11	102	72
<i>Elphidium advenum</i> Cushman	3	—	1	—	9
<i>Elphidium excavatum</i> (Terquem)	208	244	2	3	41
<i>Adelosina laevigata</i> D'Orbigny	35	—	2	3	13
<i>Triloculina trigonula</i> (Lamarck)	11	—	—	—	1
<i>Rosalina mediterranea</i> D'Orbigny	8	—	—	—	—
<i>Miliolinella eburnea</i> (D'Orbigny)	281	674	71	368	64
<i>Trichohyalus aguayoi</i> (Bermúdez)	2	—	—	—	—
<i>Aubignyna perlucida</i> (Heron-Allen & Earle)	6	7	—	10	—
<i>Elphidium articulatum</i> (D'Orbigny)	1	—	1	—	—
<i>Bolivina punctata</i> D'Orbigny	11	24	—	—	10
<i>Brizalina striatula</i> (Cushman)	3	12	—	—	8
<i>Triloculina oblonga</i> (Montagu)	1	—	—	—	1
<i>Haynesina depressula</i> (Walker & Jacob)	3	34	—	1	—
<i>Buliminella elegantissima</i> (D'Orbigny)	1	19	—	—	—
<i>Ammodiscus</i> sp.	—	6	—	—	—
<i>Rosalina</i> cf. <i>globularis</i> D'Orbigny	—	—	1	—	—
<i>Rosalina</i> aff. <i>globularis</i> D'Orbigny	—	—	—	—	1
<i>Bolivina pseudoplicata</i> Heron-Arden & Earle	—	—	—	—	1
<i>Quinqueloculina agglutinans</i> D'Orbigny	—	—	—	—	14
<i>Triloculina rotunda</i> D'Orbigny	—	—	—	—	65
<i>Elphidium crispum</i> (Linné)	—	—	—	—	41
<i>Elphidium macellum aculeatum</i> (D'Orbigny)	—	—	—	—	5
Número de individuos	1.328	1.524	205	952	685
Número de especies	16	10	8	7	16
α de Fisher	2.557	1.433	1.657	1.043	2.931
Shannon-Wiener	2.096	1.957	1.464	1.558	2.548
Equitabilidad	524	589	488	555	637
Riqueza Margalef	2.085	1.227	1.315	889	2.297

Tabla 1. Distribución de las especies en las muestras del sondeo S-3. Aparece también el número de ejemplares de cada una de ellas, la diversidad específica y los datos estadísticos obtenidos.

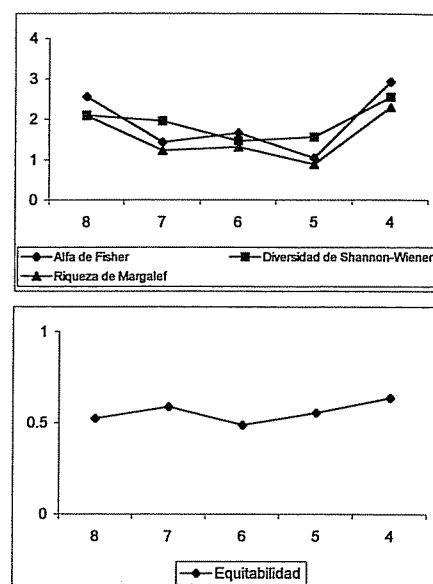


Figura 2. Representación gráfica de los valores del índice de diversidad de Shannon-Wiener, a de Fisher, índice de riqueza de Margalef y Equitabilidad. El eje de las Y representa los valores de los índices. El eje de las X representa el número correspondiente a cada muestra del sondeo S-3.

sencia de sulfuro de hierro. La asociación de foraminíferos en las muestras S-3-8 y S-3-7 es típica de aguas salobres, en donde la entrada de agua marina en forma de cuña salina origina la presencia de especies como *Buliminella elegantissima* (D'Orbigny), frecuente en las zonas con circulación estuarina. La diversidad específica es relativamente alta, mientras que los valores de los índices de Shannon-Wiener, a de Fisher y Riqueza de Margalef indican que nos encontramos en un ambiente de aguas salobres pero de fuerte influencia marina, como lo manifiesta el alto contenido en especies de caparazón calcáreo (Murray, 1991). Los valores de la Equitabilidad, próximos a 0,5 indican que algunas especies acaparan la mayor parte de los individuos, como son en este caso *Ammonia beccarii* (Linné), *Haynesina germanica* (Ehrenberg), *Elphidium excavatum* (Terquem) y *Miliolinella eburnea* (D'Orbigny). Por encima (muestras S-3-6 y S-3-5) disminuye la diversidad específica y también los valores de los índices, lo que podría interpretarse como un momento en el que la cuenca queda prácticamente aislada del medio marino. Hacia el techo de la unidad (muestra S-3-4) aparece una asociación mezclada con es-

pecies de aguas salobres y marinas entre las que pueden identificarse muchas de las que componen una pradera de fanerógamas marinas, lo que origina un aumento en los valores de los índices de diversidad y riqueza y en la Equitabilidad ocasionados por el aumento de información en un proceso tafonómico de mezcla.

La Unidad III: Comprende desde -8,3 m hasta la superficie, está constituida por material lutítico con mucha materia orgánica y un nivel arenoso en su base. El contenido paleontológico lo forman gasterópodos dulceacuícolas y un gran número de valvas de los ostrácodos *Ilyocypris gibba* (Ramdohr) y *Cyprideis torosa* (Jones).

Conclusiones

La evolución paleoambiental de esta zona durante el Cuaternario, a partir del estudio del sondeo S-3, estaría controlada en un principio por la sedimentación aluvial con episodios esporádicos de encharcamiento en facies de llanura de inundación (Unidad I). Con posterioridad se instala un ambiente parálico de salinidad relativamente alta, estable, que propicia una eutrofización del fondo y la precipitación abundante de Pirita. Hacia el techo, la influencia marina aumenta, introduciendo especies estenotópicas (Unidad II). Por último, se produce un nuevo aislamiento que lleva a establecer un ambiente palustre dentro del sistema fluvial del río Segura, con encharcamiento periódico muy somero y dulceacuícola.

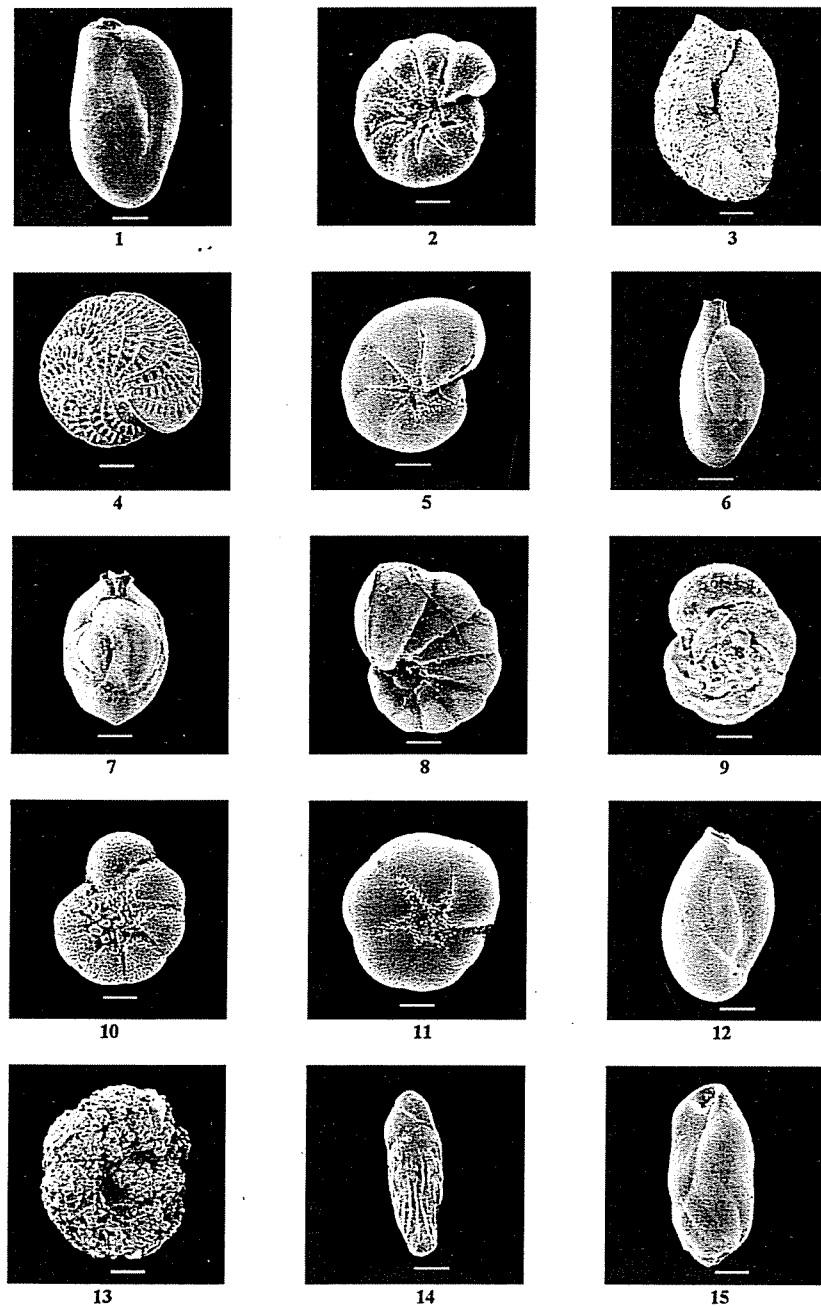
Agradecimientos

El material para este estudio fue cedido por la empresa Sondeos, Estructuras y Geotécnia de Valencia. Este trabajo ha sido parcialmente financiado por la Conselleria de Cultura Educació y Ciència de la Generalitat Valenciana, Proyecto 163/99.

Bibliografía

- Blázquez, A. M. 2001. *L'Albufera d'Elx: Evolución cuaternaria y reconstrucción paleoambiental a partir del estudio de los foraminíferos fósiles*. Tesis Doctoral. Inédita. Universidad de Valencia, 578 pp.
- Fisher, R. A., Corvet, A. S. & Williams, C. B. 1943. The relation between the number of species and the number of individuals in a random sample of an animal population. *Journal of Animal Ecology*, **12**, 42-58.
- Hayek, L. C. and Buzas, M. A. 1997. *Surveying Natural Populations*. Columbia University Press, 563 pp.
- Hurlbert, S. H. 1971. The nonconcept of species diversity: a critique and alternativa parameters. *Ecology*, **52**, 577-586.
- Magurran, A. E. 1989. *Diversidad ecológica y su medición*. Ediciones Vedral, 194 pp.
- Murray, J. W. 1991. *Ecology and Paleocology of Benthic Foraminifera*. Longman Scientific and Technical, 397 pp.
- Raup, D. M. and Stanley, S. M. 1978. *Principles of Paleontology*. W. H. Freeman and Company, New York, 481 pp.
- Sanders, H. L. 1968. Marine benthic diversity: A comparative study. *The American Naturalist*, **106**, 414-418.
- Shannon, C. E. and Wiener, W. 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press, Urbana, 117 pp.
- Soria, J. M., Alfaro, P. Estévez, A., Delgado, J. and Durán, J. 1999. The holocene sedimentation rates in the Lower Segura Basin (eastern Betic Cordillera, Spain): eustatic implications. *Bulletin Société Géologique de France*, **170** (3), 349-354.
- Usera, J. y Blázquez, A. M. 1999. Aplicación del método de rarefacción (Sanders, 1968) para determinar el número mínimo representativo de foraminíferos fósiles en diferentes paleoambientes en la albufera cuaternaria de Elche-Santa Pola (Alicante, España). *Temas Geológico-Mineros ITGE*, **26**, 362-367.

Lámina 1. 1. *Triloculina rotunda* D'Orbigny. La barra representa 175 µ. 2. *Ammonia beccarii* (Linné). La barra representa 120 µ. 3. *Quinqueloculina agglutinans* D'Orbigny. La barra representa 135 µ. 4. *Elphidium crispum* (Linné). La barra representa 175 µ. 5. *Haynesina germanica* (Ehrenberg). La barra representa 75 µ. 6. *Adelosina laevigata* D'Orbigny. La barra representa 175 µ. 7. *Triloculina trigonula* (Lamarck). La barra representa 120 µ. 8. *Haynesina depressula* (Walker & Jacob). La barra representa 60 µ. 9. *Trichohyalus aguayoi* (Bermúdez). La barra representa 60 µ. 10. *Elphidium excavatum* (Terquem). La barra representa 75 µ. 11. *Aubignyna perlucida* (Hero-Allen and Earland). La barra representa 50 µ. 12. *Miliolinella eburnea* (D'Orbigny). La barra representa 60 µ. 13. *Ammodiscus* sp. La barra representa 37,5 µ. 14. *Brizalina striatula* (Cushman). La barra representa 60 µ. 15. *Buliminella elegantissima* (D'Orbigny). La barra representa 43 µ.



Organización interna de los agregados de rudistas de una plataforma carbonatada del Santoniense de la Cuenca Surpirenaica Central

O. VILARDELL¹ Y E. GILI¹

Abstract The Santonian carbonate deposits of Sant Corneli anticline in the southern Central Pyrenees contain distinctive lenticular to tabular lithosomes formed by aggregates of slender hippuritid rudists. A careful study is made of one of the lithosomes in the Vilanoveta section, in the northern side of Sant Corneli. It is exposed over some 4 km, along the section, and shows a remarkably persistent thickness up to a maximum of 5,14 m, though for the most part less than 3 m thick.

Key words: Rudists, palaeoecology, sedimentology, Upper Cretaceous, Pyrenees.

Palabras clave: Rudistas, paleoecología, sedimentología, Cretácico Superior, Pirineos.

Introducción

En el anticlinal de Sant Corneli, en la zona surpirenaica central, afloran materiales de plataforma carbonatada de edad Santoniense que

¹ Departament de Geologia, Universitat Autònoma de Barcelona, Edifici C, 08193 Bellaterra (Barcelona). igpaa@blues.uab.es.

contienen litosomas lenticulares y tabulares de rudistas elevadores. En el flanco norte, estos materiales, que forman el Miembro Sant Pere de Vilanoveta de la Formación Sant Corneli (Gili *et al.*, en prensa), están expuestos unos 4 km a lo largo del río Carreu entre el pueblo abandonado de Aramunt Vell, en el oeste, y Vilanoveta en el este. La sección ha sido estudiada por Ross (1989), Gili *et al.* (1995), Gili *et al.* (1996) y Skelton *et al.* (1995). En este trabajo nos hemos concentrado en el estudio de una capa (Bed 1 en Skelton *et al.*, 1995) de la sección que contiene un extenso litosoma de hipurítidos.

Geometría del litosoma y contexto

La geometría y caracterización de las facies que forman la capa que contiene el litosoma de hipurítidos se basan en 15 series estratigráficas detalladas, lateralmente correlacionables en el campo. El litosoma de hipurítidos tiene morfología tabular, con una potencia de 0,80 m en el oeste y máxima de 5,14 m en el este, alcanzando menos de 3 m la mayor parte de él. Aflora unos 4 km, a lo largo de toda la sección. En el oeste, el litosoma de hipurítidos se acuña gradualmente y, en el este, se pierde por erosión. Debajo del litosoma se encuentra una caliza margonodulosa bioclástica con abundantes corales y rudistas (hipurítidos, radiolítidos, plagioptychidos) y, en menor abundancia, esponjas (chaetétidos), equínidos, gasterópodos y otros bivalvos. Hacia la parte superior de esta capa, los grandes hipurítidos (*Vaccinites*) son muy comunes.

Tapizando el litosoma de hipurítidos y formando la parte superior de la capa se encuentra un depósito bioclástico de unos 2 m de potencia que se acuña hacia el este. Este depósito está formado por un *floatstone* de hipurítidos, de matriz *packstone* que pasa hacia arriba a una calcarenita bioclástica *grainstone* con cuarzo. Los bioclastos más abundantes que se observan en el *floatstone* son fragmentos subangulares, mal clasificados de rudistas (hipurítidos y radiolítidos) y corales coloniales, y en menor abundancia equínidos, otros bivalvos, briozoos, algas coralináceas y squamariáceas (fragmentos e incrustantes) y foraminíferos bentónicos. Las calcarenitas de la parte superior presentan, además de estos bioclastos, cuarzo abundante y muchos foraminíferos bentónicos. Estas calcarenitas son granocrecientes y se disponen en pequeños estratos (10-30 cm). Excepcionalmente se observa una laminación inclinada hacia el nordeste.

Fauna y organización interna de los agregados

El litosoma de rudistas es notablemente pauciespecífico. La gran mayoría de individuos son *Hippurites praecesor* Douvillé. Otros hipurítidos elevadores presentes en el litosoma son *H. socialis* Douvillé y, mucho más raramente, *H. sublaevis* Matheron, *Hippuritella toucasi* (D'Orbigny) y varias especies de *Vaccinites*. La fauna asociada es escasa y constituida principalmente por otros rudistas (*Plagioptychus paradoxus* Matheron, *Radiolites galloprovincialis* Matheron, *Bournonia excavata* (D'Orbigny), *Bayleia* sp. y caprotínidos), junto con algunos corales coloniales. En estos agregados, generalmente, los hipurítidos están en posición de vida, originalmente inclinados 30° - 60° de la vertical y orientados hacia el cuadrante suroeste-sureste, agua abajo de la corriente dominante deducida. Forman, frecuentemente, grupos compactos de pocos individuos (comunemente de dos a tres), separados por una matriz bioclástica. En las superficies horizontales aflorantes, se estimó la densidad numérica de los hipurítidos (número de individuos por m²) según el método de Gundersen (1978) (*unbiased counting rule*). El cálculo indicó que los agregados de rudistas pueden alcanzar densidades de entre 300 y 875 individuos por m². El porcentaje de substrato ocupado por los hipurítidos [calculado mediante transección continua por longitud interceptada (ver Perrin *et al.*, 1995 para la aplicación de esta técnica)] se correlaciona con la densidad numérica de los rudistas, el cual pasa de un 20% en la base a un 32 % hacia la mitad del litosoma, a partir de donde el porcentaje fluctúa alrededor del 30%.

La matriz que sostiene los hipurítidos es un «*wackestone*» de fragmentos grandes y pequeños de hipurítidos muy bioperforados, junto con una micrita oscura.

Interpretación

La forma tabular del litosoma de hipurítidos implica un espacio acomodativo uniforme, y por lo tanto acumulación en lo que probablemente fue una superficie más o menos horizontal en la parte superior de la plataforma.

La estabilización del porcentaje de substrato ocupado por los hipurítidos a partir de la mitad del litosoma, posiblemente refleje un aumen-

to de la mortalidad o migración de las larvas debido a una mayor inestabilidad del sedimento del fondo. Así, el incremento de la turbulencia generada por las conchas de los hipurítidos, paralelo al aumento de su densidad numérica, impediría el establecimiento de nuevos individuos en las zonas más pobladas de los agregados, tal como han propuesto Gili y Skelton (2000).

La naturaleza pauciespecífica de los agregados de hipurítidos y la práctica ausencia de fauna asociada, puede ser debida a que las condiciones ambientales reinantes en las zonas en las que los hipurítidos crecían, fueran desfavorables para otros organismos.

La inclinación de los hipurítidos agua abajo de la corriente dominante deducida, es consistente con un estudio de la hidrodinámica de los hipurítidos (Gili y LaBarbera, 1998) en el cual los individuos inclinados agua abajo habían filtrado una mezcla de agua de la corriente principal y de la superficie de sedimento. Estos descubrimientos preliminares sugieren que una posición inclinada agua abajo podía ser ventajosa en aguas pobres en nutrientes.

La fracción bioclástica de la matriz del litosoma parece ser mayormente producto de la biodegradación local de conchas de hipurítidos, acumulada *in situ* entre los rudistas, en condiciones energéticas normalmente tranquilas.

Los sedimentos bioclásticos que se encuentran encima del litosoma de hipurítidos tienen características de mar notablemente más abierto que la matriz del litosoma. Contienen una diversidad mayor de bioclastos que ésta última, y tienen texturas que indican una actividad mayor de las corrientes. Este hecho y la evidencia de la propagación lateral de estos sedimentos, indica que este material fue transportado desde una zona marina más abierta.

Finalmente, el desarrollo de los agregados de rudistas cesó debido a una progresiva somerización que comportó la destrucción y retrabajamiento de la parte superior y el soterramiento.

Conclusiones

De los datos expuestos más arriba, hemos llegado a las siguientes conclusiones concernientes a los agregados de hipurítidos.

1) Los agregados de rudistas carecían de paleorelieve. Ocupaban el fondo de extensas áreas de la plataforma. El litosoma así generado tiene geometría biostromal.

2) Los rudistas elevadores crecían agrupados en agregados poco densos implantados en el sedimento que se acumulaba a su alrededor, e inclinados agua abajo de la corriente dominante.

3) El sedimento en el que crecían los agregados provenía mayoritariamente de la biodegradación de conchas de rudistas de generaciones anteriores.

Litosomas de hipurítidos parecidos al estudiado, han sido descritos en otra capa de esta sección (Skelton *et al.*, 1995), en les Collades de Basturs en el flanco sur del anticlinal de Sant Corneli (Gili, 1992), en el Languedoc en el sur de Francia (Freytet, 1973), en la Formación La Cadière d'Azur en el sureste de Francia (Grosheny y Philip, 1989) y en Cerdeña, Italia (Carannante *et al.* 1995).

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución al proyecto de la DGICYT PB94-0683 y de la DEGES PB97-0135-C02-02.

Bibliografía

- Carannante, G., Cherchi, A. and Simone, L. 1995. Chlorozoan versus foramol lithofacies in Upper Cretaceous rudist limestones. In: *Palaeoenvironmental models for the benthic associations of Tethyan Cretaceous carbonate platforms* (eds. J. Philip and P. W. Skelton). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 119, 137-154.
- Freytet, P. 1973. Edifices recifaux développés dans un environnement detritique, exemple des biostromes a Hippurites (Rudistes) du Senonien inférieur du sillon languedocien (region du Narbone, sud de la France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 13, 65-76.
- Gili, E. 1992. Palaeoecological significance of rudists constructions: a case study from les Collades de Basturs (Upper Cretaceous, South-Central Pyrenees). *Geologica Romana*, 28, 319-325.

- Gili, E. and LaBarbera, M. 1998. Hydrodynamic behaviour of hippuritid rudist shells: ecological consequences. *Geobios*, **M.S. 22**, 137-145.
- Gili, E., Skelton, P. W. Vicens, E. and Obrador, A. 1995. Corals to rudists - an environmentally induced assemblage sequence. In: *Palaeoenvironmental models for the benthic associations of Tethyan Cretaceous carbonate platforms* (eds. J. Philip and P. W. Skelton). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **119**, 127-136.
- Gili, E., Vicens, E., Obrador, A., Skelton, P. W. y López, G. 1996. Las formaciones de rudistas de la plataforma de Sant Corneli (Cretácico superior, unidad central surpirenaica). *Revista Española de Paleontología*, **n.º extraordinario**, 172-181.
- Gili, E., Skelton, P. W., Vicens, E., Obrador, A. y López, G. (en prensa). Revisión de la litoestratigrafía del flanco norte de Sant Corneli (Pirineos centro-meridionales, Cretácico Superior). *Geotemas*.
- Gili, E. and Skelton, P. W. 2000. Factors regulating the development of elevator rudist congregations. In: *Carbonate Platform Systems: components and interactions* (eds. E. Insalaco, P. W. Skelton and T. J. Palmer). Geological Society, London, Special Publication, **178**, 109-116.
- Grosheny, D. et Philip, J. 1989. Dynamique biosédimentaire de bancs à rudistes dans un environnement pérideltaïque: la formation de La Cadière d'Azur (Santonien, SE France). *Bulletin de la Société Géologique de France*, **6** (8), 1253-1269.
- Gundersen, H. J. G. 1978. Estimators of the number of objects per area unbiased by edge effects. *Microscopica Acta*, **81**, 107-117.
- Perrin, C., Bosence, D. W. J. and Rosen, B. R. 1995. Quantitative approaches to paleozonation and palaeobathymetry of corals and coralline algae in Cenozoic reefs. In: *Marine Palaeoenvironmental Analysis from Fossils* (eds. D. W. J. Bosence and P. A. Allison). Geological Society, London, Special Publication, **83**, 181-229.
- Ross 1989. *Facies analysis and diagenesis of Tethyan rudist reefs complexes*. Ph. D. Thesis. 206 pp. University of Wales, Cardiff.
- Skelton, P. W., Gili, E., Vicens, E. and Obrador, A. 1995. The growth fabric of gregarious rudist elevators (hippuritids) in a Santonian carbonate platform in the southern Central Pyrenees. In: *Palaeoenvironmental models for the benthic associations of Tethyan Cretaceous carbonate platforms* (eds. J. Philip and P. W. Skelton). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **119**, 107-126.

SESIÓN DEL PROYECTO PICG 410
«EL GRAN ACONTECIMIENTO
DE DIVERSIFICACIÓN ORDOVÍCICA»

Presencia de los géneros *Neotreta* y *Stilpnotreta* (Braquiópodos linguliformes) en el Cámbrico Superior de la Montaña Negra, Francia

C. GONZÁLEZ-GÓMEZ¹

Abstract A limestone lense at the base of the Val d'Homs Formation, Upper Cambrian of the Montagne Noire, has yielded an important brachiopod fauna at the Ferrals-les-Montagnes section consisting of the genera *Acrothele*, *Anabolotreta*, *Dactylotreta*?, *Dyctionina*, *Lingulella*, *Neotreta*, *Prototreta*?, *Orbithela*, *Schizambon* and *Stilpnotreta*. Both genera *Neotreta* and *Stilpnotreta* provide a useful reference for the Upper Cambrian paleogeography in Southern Europe.

Keywords: Brachiopods, linguliformea, Montagne Noire, France, Upper Cambrian.

Palabras clave: Braquiópodos, linguliformea, Montaña Negra, Francia, Cámbrico Superior.

Introducción

Los braquiópodos linguliformes constituyen un grupo de gran importancia en el Paleozoico Inferior por su abundancia relativa y diversidad aunque hasta el momento en la región Mediterránea apenas han

¹ Departamento de Ciencias de la Tierra (Paleontología). Facultad de Ciencias. Universidad de Zaragoza. 50009 Zaragoza. cgonzale@posta.unizar.es

sido estudiados. Los hallazgos del Cámbrico Superior que presentamos aquí son uno de los primeros de este grupo, a nivel taxonómico de detalle, para toda una gran región que se extendía durante la época por todo el margen septentrional y occidental de Gondwana, desde la actual Turquía hasta la Península Ibérica y N del continente africano, llegando también posiblemente a las actuales regiones andinas de la mitad septentrional de Sudamérica.

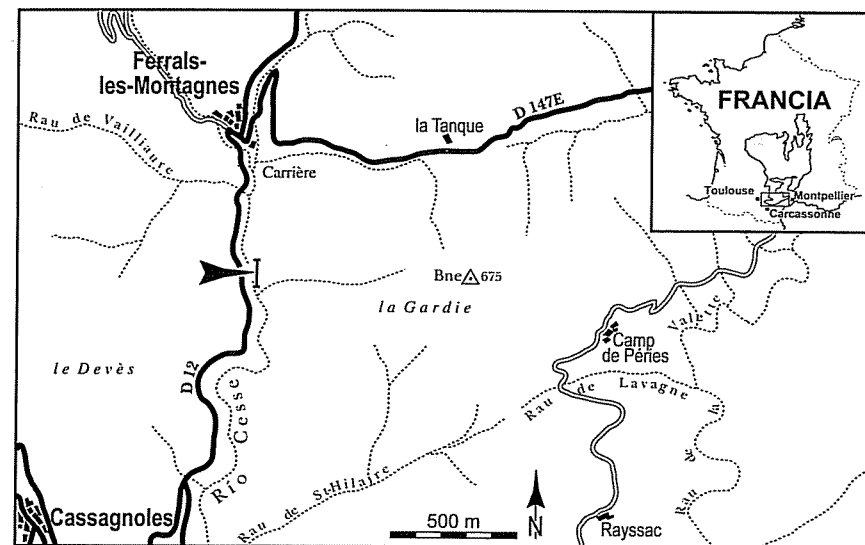


Figura 1. Situación geográfica del Macizo Central Francés y del corte de Ferrals-les-Montagnes. Modificado de Shergold *et al.* (2000).

La clásica sección de Ferrals-les-Montagnes estudiada se localiza en la vertiente sur de la Montaña Negra, cercana a la localidad del mismo nombre en el corte del río Cesse (Fig. 1). En el marco estructural se sitúa en el manto de Pardailhan, constituido por una sucesión de materiales que van del Cámbrico Inferior al Ordovícico Inferior.

El lentejón calcáreo fosilífero marca el comienzo de la Formación Val d'Homs, constituida principalmente por margas verdes y rojas que contienen calizas de diferentes coloraciones tanto lenticulares como estratificadas. Son estas calizas las únicas encontradas en el Cámbrico Su-

perior del Suroeste de Europa y ahí es donde radica su importancia. Esta formación presenta importantes variaciones laterales de potencia y litología, estando en el corte de Ferrals representada por tan sólo una decena de metros de margas con intercalaciones calcáreas lenticulares. Del lentejón calcáreo basal se ha extraído una importante asociación de braquiópodos inarticulados, trilobites, equinodermos, espículas de esponja e hiolites. Los trilobites encontrados en este nivel han permitido datarlo como Cámbrico Superior temprano y presenta una clara afinidad Australo-Sínica (Shergold *et al.*, 2000). La fauna de equinodermos estudiada en la Formación Val d'Homs presenta un claro aumento de la biodiversidad con respecto al Cámbrico Medio (Vizcaíno y Lefebvre, 1999).

Los braquiópodos linguliformes identificados pertenecen a los géneros *Acrothele*, *Anabolutreta*, *Dactylotreta*?, *Dyctionina*, *Lingulella*, *Neotreta*, *Prototreta*?, *Orbithele*, *Schizambon* y *Stilpnoretta*. En este trabajo se describen dos especies pertenecientes a los géneros *Neotreta* y *Stilpnoretta*, especialmente importantes por su distribución geográfica en paleocontinentes alejados del S de Europa.

Sistemática

La numeración utilizada es provisional hasta su depósito en una institución pública.

Familia *Acrotretidae* Schuchert, 1893

Género *Neotreta* Sobolev, 1986

Neotreta orbiculata Koneva, 1990

Lám. 1, a-h.

1990 *Neotreta orbiculata* Koneva, 53, lám. 6, figs. 12-17.

1994 *Neotreta orbiculata* Koneva; Popov, Berg-Madsen y Holmer, 350, lám. 3, figs. J-Q.

Material: 7 valvas ventrales y 9 dorsales.

Descripción. Concha pequeña (longitud de 0,35 a 0,55 mm y anchura de 0,52 a 0,74 mm), aproximadamente equibiconvexa, transversalmente suboval con margen posterior rectilíneo ocupando una media del 63% de la anchura de la concha.

Valva ventral fuertemente convexa en perfil lateral, con una media de la relación longitud/anchura (L/A) del 72 %, y la máxima altura en el tercio posterior de la concha.

Umbo fuertemente curvado hacia la parte posterior, con foramen circular dentro de la concha larvaria dirigido hacia la parte postero-dorsal. Pseudointerárea ventral ausente. Interior ventral con práctica ausencia de caracteres e impresiones musculares cardinales poco desarrolladas. Ausencia de proceso apical.

Valva dorsal convexa, con una media de la relación L/A del 77%, con la máxima altura en el tercio posterior. Pseudointerárea dorsal ausente o levemente desarrollada. Impresiones musculares cardinales sub-circulares ocupando aproximadamente el 50% de la anchura de la valva. Engrosamiento de la valva en la parte postero-central y posibles impresiones anterocentrales situadas aproximadamente al 40% de la longitud de la concha desde el borde posterior.

Concha larvaria con ornamentación «pitting», con tres tamaños de hoyuelos. Ornamentación de la concha postlarvaria consistente en líneas de crecimiento finas e irregulares.

Discusión. Los ejemplares estudiados se asignan a *Neotreta orbiculata* por la coincidencia en los siguientes caracteres: misma relación L/A, ausencia de pseudointeráreas en ambas valvas y ausencia de septo medio y otros caracteres en la valva dorsal. Hay que remarcar que en los ejemplares estudiados no se ha observado la presencia de un proceso apical como en los ejemplares tipo de la especie, en los que aparece como un ligero engrosamiento pobremente definido, aunque no parece tratarse de un carácter diagnóstico.

Distribución. Kazakhstán, Cordillera Malyy Karatau, Cámbrico Medio (Koneva, 1990); Inglaterra, Comley, Shropshire, Cámbrico Medio (Popov *et al.*, 1994); Francia, Sur de la Montaña Negra, sección de Ferrals-les-Montagnes, Cámbrico Superior.

Género *Stilpnotreta* Henderson & MacKinnon, 1981

Stilpnotreta inaequalis Ushatinskaya, 1994

Lám. 2, a-h.

1994 *Stilpnotreta inaequalis* Ushatinskaya, 61, lám. 7, figs. 6-11.

Material: 128 valvas ventrales y 111 dorsales.

Descripción. Concha pequeña (longitud de 0,44 a 0,72 mm y anchura de 0,44 a 0,71), ventribiconvexa, subcircular.

Valva ventral con una media de la relación L/A del 98%, muy convexa en perfil lateral, con la máxima altura aproximadamente en el tercio posterior de la valva. Umbo fuertemente curvado hacia atrás, con el foramen encerrado dentro de la valva larvaria con un pequeño tubo peduncular externo y dirigido hacia la valva dorsal. Margen posterior ocupando el 40% de la anchura de la valva. Pseudointerárea vestigial cóncava o planar, no dividida, ortoclina a apsaclina y con un reborde (lengüeta) que sobresale del margen posterior de la valva. Interior ventral con proceso apical bien desarrollado poco elevado sobre el fondo de la valva, ocluyendo el ápice, de forma subtriangular y que termina en una depresión circular antes de llegar a la mitad de la valva. Impresiones musculares cardinales subovales, grandes, que ocupan aproximadamente el 70% de la anchura de la valva y el 40% de la longitud.

Valva dorsal moderadamente convexa, con una media de la relación L/A del 92%. Pseudointerárea ortoclina con propáreas triangulares planares pequeñas. Surco medio ancho y fuertemente cóncavo que sobresale (a modo de lengüeta) en su parte central hacia la parte anterior de la valva, separado de las propáreas por dos elevaciones y con otra elevación en su parte central. Impresiones musculares cardinales bien desarrolladas, ocupando aproximadamente el 70% de la anchura y el 50% de la longitud de la valva. Septo medio bajo, más elevado en su parte anterior, ocupando aproximadamente el 55% de la longitud de la valva. Impresiones musculares anterocentrales subovales, a ambos lados del septo medio, aproximadamente en la mitad de la longitud de la valva.

Concha larvaria bien definida, con anillo circundante que la separa claramente de la concha post-larvaria, subcircular, ornamentada con hoyuelos de dos tamaños. Concha larvaria ventral con repliegue en su parte anterior. Concha larvaria dorsal con dos nodos o protégulos característicos. Concha postlarvaria ornamentada con líneas de crecimiento concéntricas, finas e irregulares.

Discusión. El material examinado se asigna a *Stilpnotreta inaequalis* por presentar la valva ventral claramente más convexa que la dorsal. *Stilpnotreta magna* Henderson y MacKinnon y *Stilpnotreta inaequalis* Koneva únicamente difieren en la convexidad de sus valvas, siendo la primera aproximadamente equibiconvexa y la segunda ventribiconvexa. El resto de características observadas son por lo tanto comunes a ambas especies: pseudointerárea ventral vestigial, pseudointerárea dorsal ortoclina, pro-

ceso apical subtriangular poco elevado pero bien desarrollado, presencia de septo medio en la valva dorsal y dos protégulos en la valva dorsal muy desarrollados.

Distribución. Norte y Centro de Siberia, Cámbrico Medio-Superior; Francia, Formación Val d'Homs, Sur de la Montaña Negra, sección de Ferrals-les-Montagnes, Cámbrico Superior.

Paleogeografía

El género *Neotreta* presenta características pandémicas con una amplia distribución geográfica durante la transición Cámbrico Medio-Superior, extendiéndose desde regiones ecuatoriales (paleocontinentes de Laurentia, Siberia, Kazakhstán y zona E de Gondwana), pasando por latitudes medias (Báltica), hasta altas latitudes del hemisferio S (zona O de Gondwana) representadas por las actuales Inglaterra y ahora también por el Sur de Francia. *Neotreta orbiculata* se encuentra en el Cámbrico Medio de Inglaterra y Kazakhstán mientras que los ejemplares de la Montaña Negra corresponden al Cámbrico Superior. Esta amplia distribución temporal hace sospechar que quizá no existe una correspondencia real entre la especie paleontológica y la que fue la especie biológica. El hecho de que se trate de un género de gran simplicidad en sus estructuras, con un número muy limitado de rasgos diagnósticos diferenciadores, también contribuye a esta circunstancia. Hay que resaltar que esta especie se encuentra representada en la localidad estudiada por unos pocos ejemplares, no siendo su presencia mayoritaria como es el caso de *Stilpnoretta inaequalis*.

El género *Stilpnoretta* también presenta una alta dispersión latitudinal encontrándose en el Cámbrico Medio y Superior de Australia, Nueva Zelanda, Antártida (margen E de Gondwana), Siberia, Kazakhstán (ambos en latitudes bajas) y ahora en Francia, pero es remarcable su ausencia en Norteamérica, Groenlandia y en la Precordillera Argentina. *Stilpnoretta inaequalis* sólo se encuentra en el Cámbrico Medio-Superior de Siberia (latitudes medias) y ahora también en Francia. La coincidencia específica entre la *Stilpnoretta* francesa y la especie siberiana *Stilpnoretta inaequalis* resalta aún más la alta capacidad de dispersión latitudinal de estas formas. Sin embargo, no debe descartarse un replanteamiento de la posición paleogeográfica de la región francesa estudiada durante el Cámbrico Supe-

rior, que permitiese una explicación más plausible para la coexistencia de estas especies en regiones tan alejadas del planeta.

La asociación de trilobites del lentejón de Ferrals presenta una clara afinidad con los trilobites de las plataformas del margen E de Gondwana y sugiere una revisión de la posición del Sur de Francia para esta época (Shergold *et al.*, 2000). La paleogeografía global durante todo el Cámbrico es fuente continua de discusiones entre distintos especialistas. Valga como muestra las latitudes tropicales que consideran para el Sur de Francia y la región mediterránea durante el Cámbrico Inferior Debrenne y Courjault-Radé (1994), basándose en la distribución de arqueociatos, y las latitudes subpolares consideradas para la misma región y edad por paleomagnetistas como Smith (2000).

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución a los proyectos PB98-1625 de la DGSEIC y 410 de la IGCP. Cristina González-Gómez disfruta una beca predoctoral del Ministerio de Ciencia y Tecnología.

Bibliografía

- Debrenne, F. et Courjault-Radé, P. 1994. Répartition paléogéographique des archéocyathes et délimitation des zones intertropicales au Cambrien inférieur. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **165**, 459-467.
- Henderson, R.A. and MacKinnon, D.I. 1981. New Cambrian inarticulate brachiopoda from Australasia and the age of the Tasman Formation. *Alcheringa*, **5** (3-4), 289-308.
- Koneva, S.P. 1990. Novye srednekembriyskie akrotretidy (brachiopody) Malogo Karatau (New Middle Cambrian acrotretids (brachiopods) from the Malyy Karatau Range). *Paleontologicheskii Zhurnal*, **3**, 47-56.
- Popov, L.E., Berg-Madsen, V. and Holmer, L.E. 1994. Review of the Cambrian acrotretid brachiopod *Neotreta*. *Alcheringa*, **18**, 345-357.
- Shergold, J.H., Feist, R. and Vizcaíno, D. 2000. Early Late Cambrian trilobites of Australo-Sinian aspect from the Montagne Noire, Southern France. *Palaentology*, **43**, 599-632.

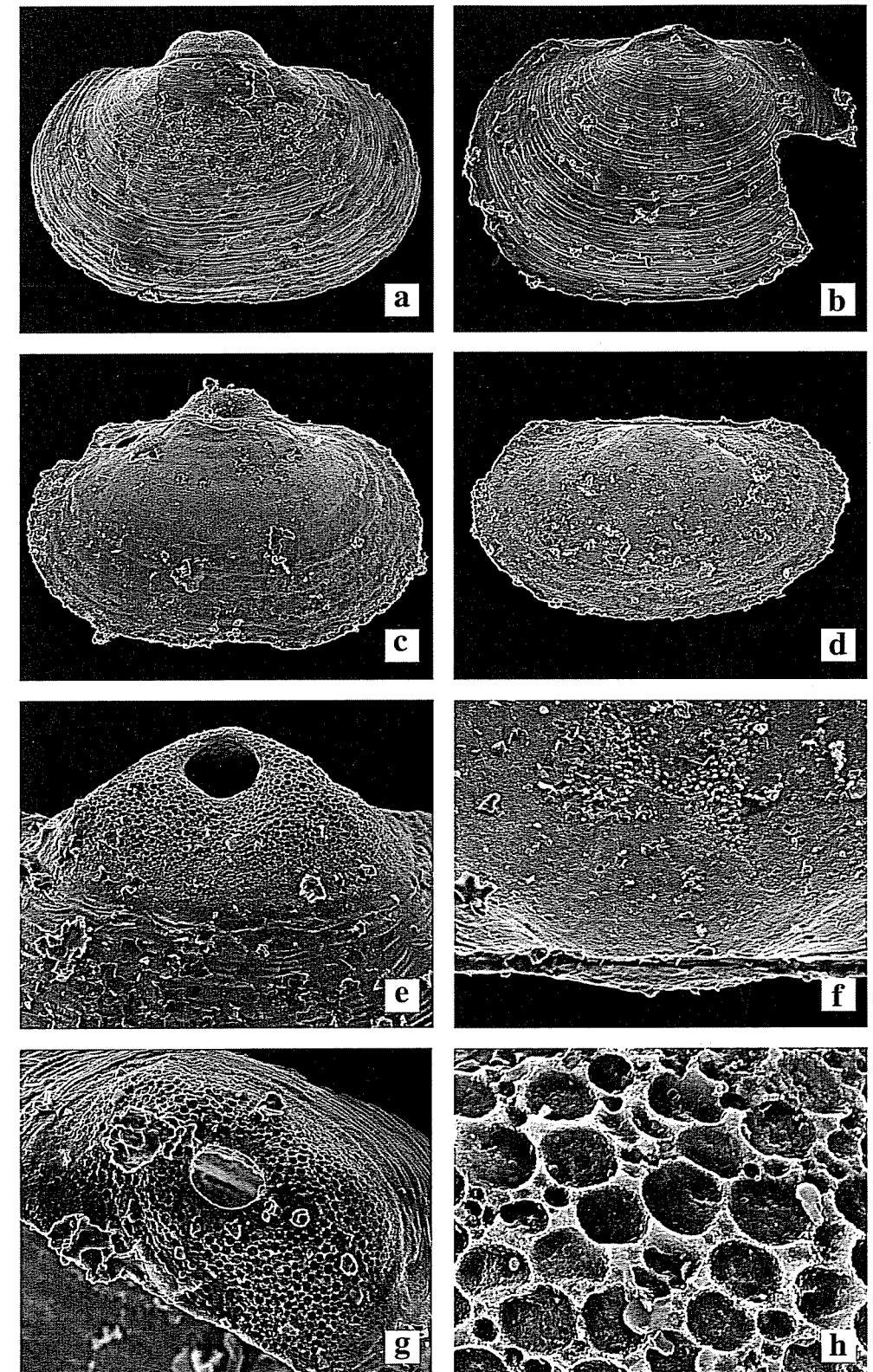
Smith, A.G. 2000. Paleomagnetically and tectonically based global maps for Vendian to Mid-Ordovician time. In: *The Ecology of the Cambrian Radiation*. (Eds. A.Yu. Zhuravlev and R. Riding). The critical moments and perspectives in Earth History and Paleobiology. Columbia University Press, New York, Chichester, 525 pp.

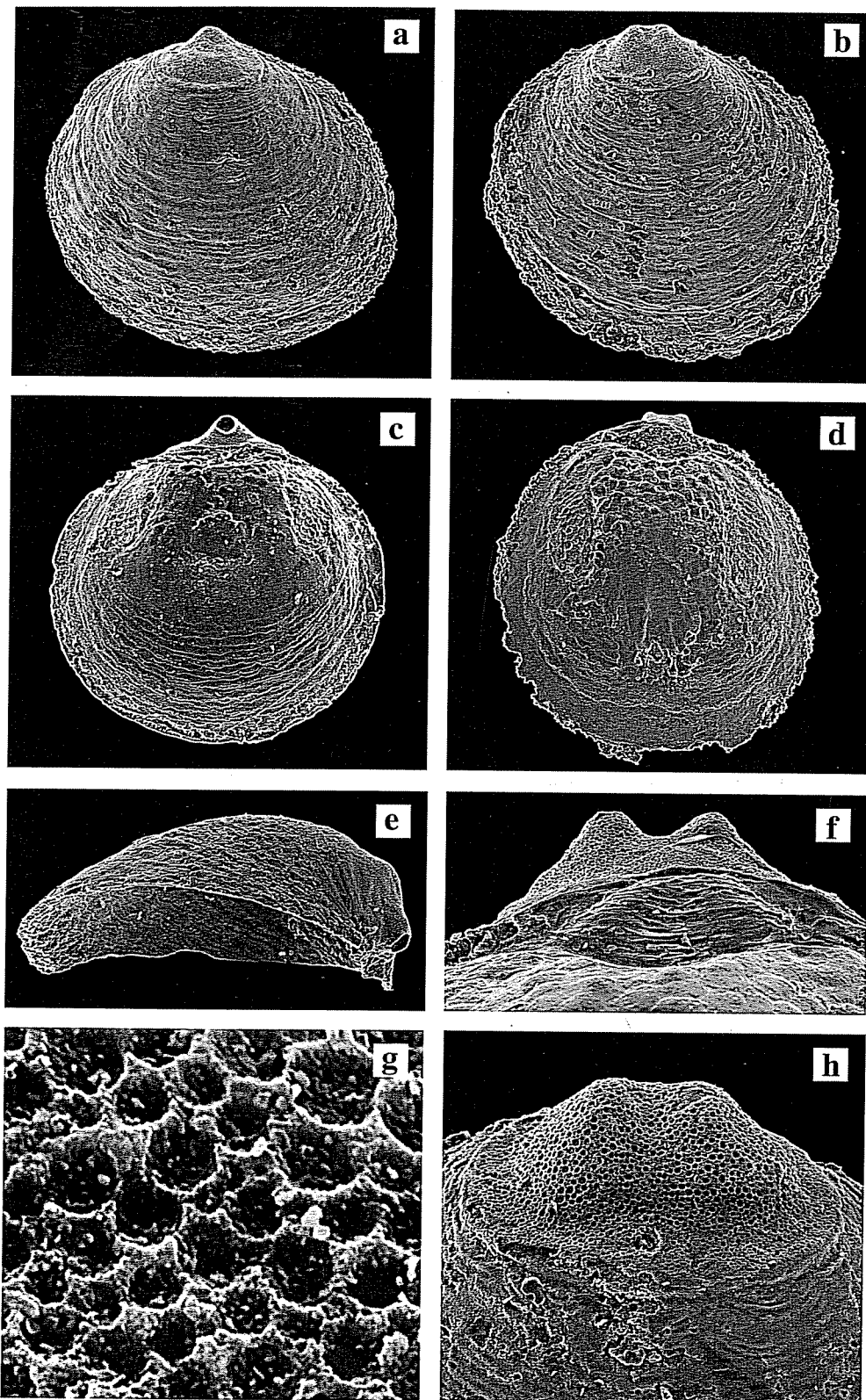
Ushatinskaya, G.T. 1994. New Middle and Late Cambrian acrotretids (brachiopods) from the northern part of the Siberian Craton and some questions on their systematics. *Paleontological Journal*, 28 (4), 50-72.

Vizcaíno, D. et Lefebvre, B. 1999. Les échinodermes du Paléozoïque inférieur de Montagne Noire: biostratigraphie et paléodiversité. *Geobios*, 32, 353-364.

Lámina 1. *Neotreta orbiculata* Koneva; a, exterior de valva ventral, ejemplar FM54NEV02, x90; b, exterior de valva dorsal, ejemplar FM54NED02, x90; c, interior de valva ventral, ejemplar n° FM54NEV01, x80; d, interior de valva dorsal, ejemplar n° FM54NED01, x 90; e, detalle de concha larvaria y foramen de valva ventral, ejemplar n° FM54NEV06, x 290; f, detalle del interior del ejemplar figurado en d, mostrando el engrosamiento de la concha y posibles impresiones anterocentrales, x 330; g, borde posterior mostrando la concha larvaria y la ausencia de pseudointerárea del ejemplar figurado en b, x 320; h, detalle del ejemplar figurado en a, mostrando los tres tamaños de hoyuelos x 1900.

Lámina 2. *Stilpnoretta inaequalis* Ushatinskaya; a, exterior de valva ventral, ejemplar n° FM54STV39, x90; b, exterior de valva dorsal, ejemplar n° FM54STD33, x 100; c, interior de valva ventral, ejemplar n° FM54STV40, x 100; d, interior de valva dorsal, ejemplar n° FM54STD34, x 90; e, vista lateral oblicua de valva ventral mostrando pseudointerárea y pliegue en la concha larvaria, ejemplar n° FM54STV41, x115; f, pseudointerárea de valva dorsal, ejemplar n° FM54STD35, x 290; g, ornamentación pitting de la concha larvaria del ejemplar figurado en a, x 5500; h, concha larvaria del ejemplar figurado en b, mostrando los dos nodos o protegula, anillo circundante y ornamentación, x 350.





Un perfil bioestratigráfico excepcional en el Ordovícico de Asturias (túnel de El Fabar, Autovía del Cantábrico): resultados preliminares

J. C. GUTIÉRREZ-MARCO¹ Y E. BERNÁRDEZ¹

Abstract The works on the El Fabar tunnel (Cantabrian highway, Asturias, northern Spain) yielded a temporary exposure of an outstanding Ordovician succession in the Laviana thrust-sheet of the eastern Cantabrian Zone. It corresponds to a continuous and remarkably fossiliferous section through the Barrios and Sueve formations, where the recovered taxa show diverse biostratigraphical and palaeobiological interest, with many novelties for Spain and even new species of trilobites and ostracods.

Key words: Highway, tunnel, palaeontology, biostratigraphy, Ordovician, Cantabrian Zone, Spain.

Palabras clave: Autovía, túnel, paleontología, bioestratigrafía, Ordovícico, Zona Cantábrica, España.

Introducción

La ejecución de las obras de la autovía del Cantábrico, a su paso por Asturias, está generando nuevos e importantes puntos de observación

¹ Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), Facultad de Ciencias Geológicas, 28040 Madrid. jcgrapto@eucmax.sim.ucm.es.

geológica que, a lo largo de los próximos años, aportarán un caudal de nueva información para el conocimiento de la geología asturiana y del norte de España, en especial de sus cuencas mesozoicas. El trazado de la autovía en materiales paleozoicos, por afectar a áreas de orografía más compleja, se resuelve sin embargo mediante viaductos y túneles, los cuales no implican la apertura de grandes taludes (en el caso de los viaductos) o bien generan afloramientos temporales (en el caso de los túneles), de acceso restringido y con riesgo añadido.

Con estas premisas, el trazado del tramo Caravia-Llovio de la autovía del Cantábrico, proyectado en 1995 (Orden de Estudio de la Dirección General de Carreteras de 5 de julio de 1993), se planteaba como de gran interés geológico por afectar al Paleozoico del área oriental de la Zona Cantábrica, enclavada en el sector septentrional de la llamada Región de Mantos. Las sucesiones locales del Paleozoico Inferior se conocían con muy poco detalle por la falta de buenas secciones naturales de aquellos tramos o unidades más blandas y erosionables. Concretamente, los tramos más interesantes para el estudio del Ordovícico son los cortes de las unidades tectónicas conocidas como Manto de Laviana y Manto de Rioseco, al este del anterior. El primero de ellos es el que está siendo atravesado al sur de Berbes (Asturias), casi perpendicularmente, por las obras del túnel de El Fabar.

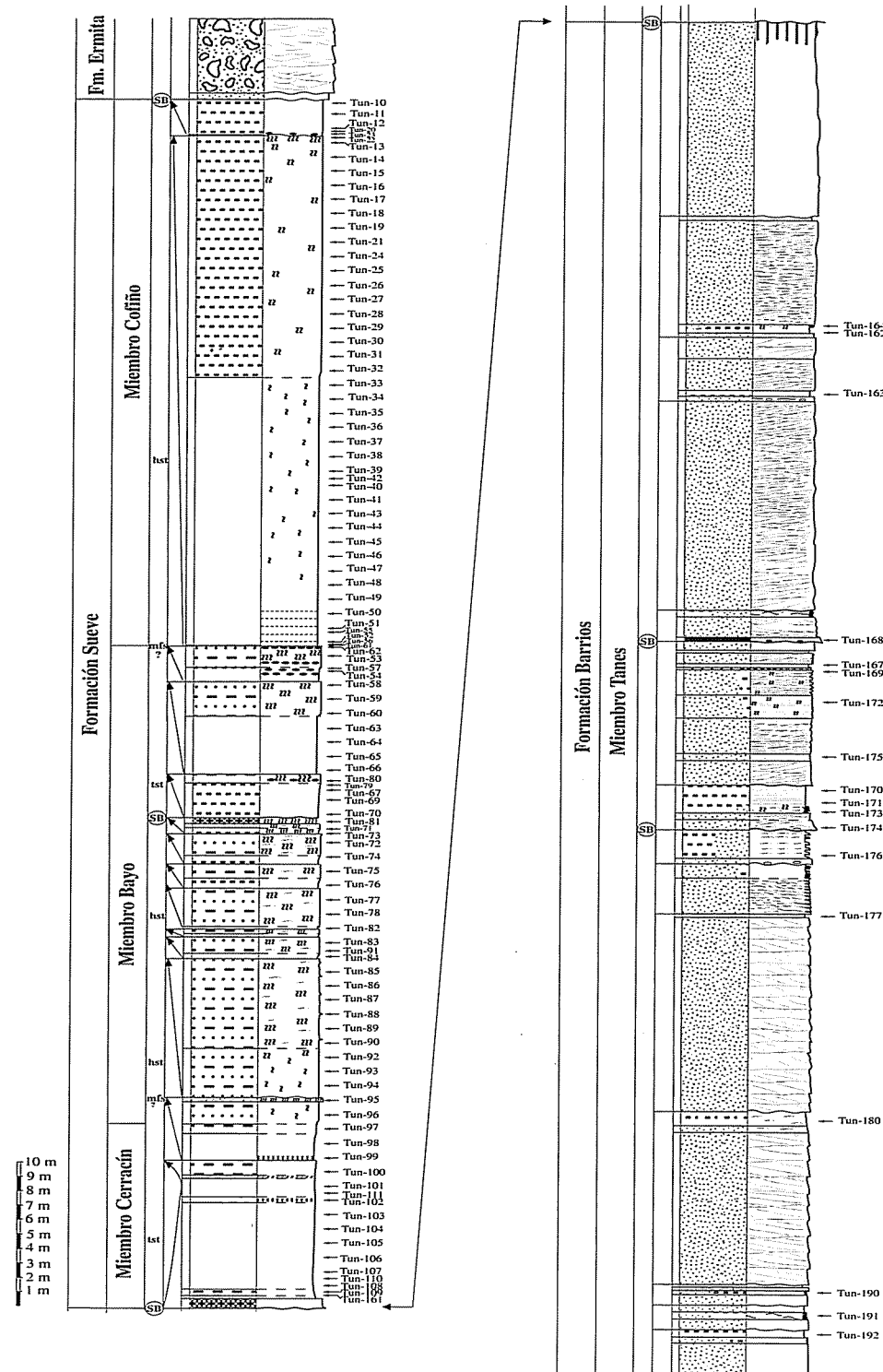
El túnel mide 1.381,5 m de longitud y es en realidad un doble túnel en paralelo, con una calzada y dos carriles en cada sentido. Sus datos técnicos fueron descritos por García-Arango Cienfuegos-Jovellanos y Hacar Rodríguez (1998), y resumidos recientemente por Díaz Reigadas y Mayo Martín (2000). El método constructivo es el denominado *Nuevo Método Austriaco* por avance y destroza, con sostenimiento a base de hormigón proyectado armado con fibra o malla, más bulones y cerchas metálicas. El primer revestimiento con hormigón proyectado se realiza como máximo 3-5 horas después del desescombro de avance o destroza en cada turno de trabajo (dos turnos diarios), lo cual exige que la toma de datos geológicos y paleontológicos haya de realizarse a pie de obra, dado el carácter efímero del afloramiento (variando éste entre 3 a 5 m lineales de media por turno en la destroza). El problema se solucionó con la contratación oportuna, por parte de la Unión Temporal de Empresas (UTE) SELLA adjudicataria del tramo, de uno de los paleontólogos coautores de esta nota (E.B.R.), con el fin de que pudiese realizar el seguimiento científico de la misma durante un periodo de cinco meses en 2001, hasta que fueran atravesados completamente los materiales ordovícicos. Este trabajo anticipa brevemente los resultados preliminares obtenidos.

Rasgos estratigráficos y bioestratigrafía

El túnel de El Fabar representa el primer registro continuo e inalterado de las formaciones Barrios y Sueve, que son las unidades características del Ordovícico en el sector oriental de la Zona Cantábrica. La Formación Sueve se encuentra restringida al Manto de Laviana y es bastante fosilífera, especialmente en su miembro inferior. Los estudios recientes (Gutiérrez-Marco *et al.*, 1996, 1999) se habían centrado hasta ahora en una serie de afloramientos esporádicos o de secciones discontinuas. Su estudio tuvo un impacto indudable para la bioestratigrafía del Ordovícico del suroeste de Europa, pues permitieron redefinir el marco biocronológico de determinadas biozonas de macro y microfósiles, cuyo ámbito de correlación se extiende al antiguo margen de Gondwana (Gutiérrez-Marco *et al.*, en prensa, con referencias previas).

En el perfil del túnel de El Fabar, la Formación Sueve se presenta completa con sus tres miembros, siendo la primera vez que los horizontes ferruginosos del Oretaniense superior y del Dobrotiviense inferior coexisten en una misma sección. En contra de lo que se creía hasta ahora (Gutiérrez-Marco *et al.*, 1996, localidad S-3), el horizonte ferruginoso superior no se sitúa en la base del Miembro Cofiño, sino en el tercio superior del Miembro Bayo (Fig. 1), dado que las observaciones anteriores se habían realizado en escombreras de una mina antigua, al no existir afloramientos o accesos actuales. Los horizontes ferruginosos contribuyen a la diferenciación de secuencias deposicionales en la Formación Sueve, integradas en total por más de una decena de parasecuencias. Este tipo de análisis secuencial de alta resolución se aborda por vez primera para la citada formación.

El perfil de la Formación Barrios aún se halla muy incompleto debido a que, en el momento de redactar esta nota, la excavación del túnel tan sólo había progresado sobre los 107 m que constituyen su parte superior (Fig. 1). Aún así, ya se han caracterizado una decena de parasecuencias, agrupadas al menos en tres secuencias deposicionales, dos de ellas completas. Las inferencias estratigráficas cambian completamente la concepción de una unidad poco estudiada al este de la Cuenca Carbonífera Central, habiéndose registrado por vez primera niveles desconocidos en afloramientos de superficie, tales como los de cenizas volcánicas alteradas (*tonsteins*), probablemente correlacionables con los del miembro Tanes del oeste de la Zona Cantábrica (García-Ramos *et al.*, 1984); niveles de areniscas glauconíticas, así como numerosos horizontes fosilíferos claves para la correlación. Entre ellos merecen destacarse las lumaquelas



Un perfil bioestratigráfico excepcional en el Ordovícico de Asturias...

con lingúlidos, apreciadas por vez primera en el Manto de Rioseco en los taludes orientales de la misma autovía; los distintos horizontes de *Hanadirella* y graptolitos de interés bioestratigráfico y paleobiogeográfico; o, por ejemplo, el nivel de artrópodos y grandes lingúlidos que posibilita reasignar, a la parte alta de la Cuarcita Armoricana, un horizonte similar encontrado en un afloramiento aislado de la Cordillera Ibérica.

Desde el punto de vista bioestratigráfico, el resultado más sorprendente es la caracterización de la Biozona de *Gymnograptus linnarssoni* en la parte alta de la Formación Suevo, lo que obliga tanto a reinvestigar la identificación de la Biozona de *Lagenochitina ponceti* (mucho más tardía), en una posición similar dentro de una sección parcial ubicada en las inmediaciones del túnel (S-8 en Gutiérrez-Marco *et al.*, 1996); como a redefinir e interpretar la paleotopografía previa al depósito de la Formación Ermita (Devónico Superior).

Aspectos paleontológicos

De acuerdo con los datos de Gutiérrez-Marco *et al.* (1996, 1999), el Miembro Cerracín era el único claramente fosilífero de la Formación Suevo, pues sus dos miembros restantes habían brindado fósiles de una manera esporádica en escasas secciones incompletas. Este registro tan discontinuo no aportaba criterios suficientes para ubicar con precisión los límites bio y cronoestratigráficos, tales como el tránsito Oretaniense/Dobrotiviense y Dobrotiviense inferior/superior.

Aunque aún es pronto para establecer conclusiones de tipo paleontológico en la sección del túnel de El Fabar, hay que destacar que la Formación Suevo es fosilífera en toda su extensión, incluyendo sus

Figura 1. Columna estratigráfica, provisional, del Ordovícico en el túnel de El Fabar (actualización a 1 de julio de 2001), con indicación de las muestras paleontológicas más importantes (se omiten los muestreos de alta resolución). Las litologías predominantes en la Formación Barrios son las areniscas, cuarcitas y pizarras micáceas. En la Formación Suevo predominan los tramos de pizarras negras (representados en blanco), limolitas micáceas (líneas discontinuas) y limolitas arenosas (líneas discontinuas y de puntos). Los símbolos más densos en la base de la formación y en la mitad superior del Miembro Bayo se corresponden con horizontes ferruginosos. La Formación Ermita (Devónico Superior) consta de areniscas de grano grueso y conglomerados. Abreviaturas: SB, límite de secuencia; hst, cortejo de facies de alto nivel del mar; mfs, superficie de máxima inundación; tst, cortejo de facies transgresivo.

miembros medio y superior. También la Formación Barrios (al menos en su parte superior ya muestreada) se ha revelado como sorprendentemente fosilífera, habida cuenta del carácter casi anecdótico de las localidades donde se encontraron fósiles determinables (excluyendo icnofósiles) a nivel de la Zona Cantábrica o de su equivalente en otras áreas del suroeste de Europa (Cuarcita Armoricana).

El reconocimiento paleontológico preliminar de los horizontes descubiertos en las formaciones Sueve y Barrios, dentro del túnel de El Fabar, ha permitido determinar por vez primera en España o en Asturias numerosos grupos o taxones concretos. Entre los primeros debemos citar el descubrimiento de conodontos del Arenigiense superior, formas de *Sphenothallus* (Problematica), los trilobites *Dionide* y *Primaspis*, el ostrácodo *Marquezina*, etc. Entre las formas paleontológicas nuevas para la Formación Sueve y Asturias merece citarse el hallazgo de plumulítidos (macaerídios), abundantes conodontos dobrotivienses, trilobites odontopléuridos (*Selenopeltis*) específicamente determinables, conuláridos (Scyphozoa), horizontes con grandes cistoideos (Diploporita), graptolitos importantes como *Gymnograptus linnarssoni*, etc. Aparecen también varias especies nuevas, entre ellas el mencionado trilobites *Primaspis* sp. nov. y varios ostrácodos, como por ejemplo la forma más antigua del género *Marquezina* y *Aechmina* sp. nov., esta última ya detectada por Gutiérrez-Marco *et al.* (1996), pero con insuficiente material como para poder definirla entonces. De la Formación Barrios destaca el horizonte con grandes lingúlidos y posibles xifosúridos; el descubrimiento de conodontos y niveles con graptolitos extensiformes más *Azygograptus undulatus* (una especie descrita en China), de la que por fin puede precisarse su marco estratigráfico; el hallazgo de abundantes caparazones del enigmático *Hanadirella* (definido en la Formación Hanadir de Arabia Saudita); el estudio secuencial de las lumaquelas con lingúlidos; el control bioestratigráfico de *Cruziana* ispp., etc.

Además de los macrofósiles y microfósiles mineralizados, se está realizando un seguimiento intensivo y continuo (a intervalos de 1 m, o bien inferiores a los 40 cm en torno a límites de secuencia) de toda la columna estudiada, con el fin de obtener muestras para microfósiles de pared orgánica. Hasta ahora se han recogido cerca de 200, parte de las cuales se indican en la Fig. 1, las cuales permitirán contar con una reserva estratégica para futuros estudios de aquellos niveles (ya innaccesibles), que hayan quedado fuera del análisis palinológico preliminar.

Para la investigación paleontológica detallada se cuenta con un equipo de especialistas en los distintos grupos taxonómicos, entre ellos I. Rábano (trilobites, Museo Geominero, Madrid), G. N. Sarmiento (conodontos, Instituto de Geología Económica, Madrid), J. Vannier (ostrácodos, CNRS Lyon, Francia) y R. Albani (quitinozoos y acritarcos, Univ. Pisa, Italia).

Consideraciones finales

Las oportunidades brindadas para el estudio geocientífico del Ordovícico en el túnel de El Fabar, son un ejemplo de cómo las actuaciones científicas pueden aprovechar la realización de una gran obra pública de infraestructura, para salvar una información accesible cotidianamente en cuestión de horas, sin interferir de ningún modo en la marcha de la misma. El reconocimiento geológico del terreno alrededor del túnel, favorecido por los nuevos datos obtenidos dentro del mismo, sirvió de base para el descubrimiento de nuevas secciones fosilíferas parciales y para la realización de una cartografía geológica de detalle que enmienda, con nuevas precisiones, la estructura geológica general disponible a escala 1:50.000.

El interés de los aspectos biocronológicos y cronoestratigráficos, ante un registro tan continuo como el del túnel, excede del alcance puramente regional del estudio para convertirse en una de las secciones de referencia del Ordovícico del suroeste de Europa. En este sentido, las obras del túnel de El Fabar fueron visitadas en julio de 2001 por el vicepresidente de la Comisión Internacional de Estratigrafía y presidente de la Subcomisión de Ordovícico (IUGS-UNESCO), Prof. Dr. S. C. Finney (Univ. de California-Long Beach). Las investigaciones se enmarcan también en el proyecto 410 del PICG (IUGS-UNESCO).

En los anales de los estudios sobre el Ordovícico europeo, la sección del túnel de El Fabar cuenta con antecedentes en los túneles ingleses de Tailbert-Lanshaw (Westmorland, hacia 1962-1963) y Tarn Moor (Lake District, 1967-1969), donde se alcanzaron resultados mucho menos importantes; así como en el túnel checo de Smíchov (Praga) y en tramos concretos de los túneles de metro de Praga y Oslo (Noruega), que brindaron interesantes hallazgos paleontológicos sin un detallado control estratigráfico simultáneo a las obras de excavación.

Agradecimientos

A la Dirección General de Carreteras del Ministerio de Fomento y muy especialmente a la Jefatura, dirección de obra y personal técnico de la Demarcación de Carreteras del Estado en Asturias, por haber propiciado y autorizado la presente investigación. A los Sres. D. Roberto Monteagudo Fernández (Fomento de Construcciones y Contratas Construcción, S.A.) y D. Rafael Molina Trilla (Dragados Construcción, S.A.), responsables de la UTE SELLA, por el soporte económico brindado a los estudios paleontológicos. A los geólogos D. Óscar Pérez Hernández (FCC Construcción, S.A.) y D. Justo Iglesias García (INOCSA), así como a los trabajadores y encargados de obra, por el apoyo técnico y las facilidades dispuestas sobre el terreno.

Bibliografía

- Díaz Reigadas, G. y Mayo Martín, L. J. 2000. Túneles de *El Fabar, Tezangos y Llovio* en la autovía del Cantábrico, Tramo Caravia-Llovio. *Ingeopres*, 83, 78-88.
- García-Arango Cienfuegos-Jovellanos, I. y Hacar Rodríguez, F. 1998. Túneles en los tramos «Lieres-Villaviciosa» y «Caravia-Llovio» de la «autovía del Cantábrico», Asturias. *In: Ingeniería Subterránea I*, Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de Barcelona. *OP [3]*, 42, 92-105.
- García-Ramos, J. C., Aramburu, C. and Brime, C. 1984. Kaolin tonstein of volcanic ash origin in the Lower Ordovician of the Cantabrian Mountains (NW Spain). *Trabajos de Geología*, Oviedo, 14, 27-33.
- Gutiérrez-Marco, J. C., Albani, R., Aramburu, C., Arbizu, M., Babin, C., García-Ramos, J. C., Méndez-Bedia, I., Rábano, I., Truyols, J., Vannier, J. y Villas, E. 1996. Bioestratigrafía de la Formación Pizarras del Sueve (Ordovícico Medio) en el sector septentrional de la Escama de Laviana-Sueve (Zona Cantábrica, N de España). *Revista Española de Paleontología*, 11, 48-74.
- Gutiérrez-Marco, J. C., Aramburu, C., Arbizu, M., Bernárdez, E., Hacar Rodríguez, M. P., Méndez-Bedia, I., Montesinos López, R., Rábano, I., Truyols, J. y 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.
- Gutiérrez-Marco, J. C., Robardet, M., Rábano, I., Sarmiento, G. N., San José Lancha, M. A., Herranz Araújo, P. and Pieren Pidal, A.P. (en prensa). Ordovician. *In: Moreno, T. and Gibbons, W. (eds): The Geology of Spain*. Geological Society Special Publications, London.

Placoparia (Trilobita, Cheirurina) en el Ordovícico de Bulgaria

I. RÁBANO¹, V.V. SACHANSKI², J. C. GUTIÉRREZ-MARCO³ y S. N. YANEV²

Abstract The cheirurine trilobite *Placoparia* is reported for the first time in Bulgaria, being the first Ordovician trilobite found in this country since 1958. It has been identified as *Placoparia* (*Placoparia*) sp., and is a possible ancestor of the Bohemian type species of the genus, *P. (P.) zippei* (Boeck).

Key words: Trilobites, paleobiogeography, Ordovician, Darriwilian, Bulgaria.

Palabras clave: Trilobites, paleobiogeografía, Ordovícico, Darriwiliense, Bulgaria.

Introducción

Los primeros trilobites ordovícicos de Bulgaria fueron citados por Haberfelner y Bonchev (1934), quienes encontraron restos indeterminables acompañando a graptolitos del género *Didymograptus* en una lo-

¹ Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España, Ríos Rosas 23, 28003 Madrid, España. i.rabano@igme.es.

² Geological Institute «Strashimir Dimitrov», Bulgarian Academy of Sciences bl. 24, 1113 Sofia, Bulgaria. sachanski@geology.bas.bg; snyanev@geology.bas.bg.

³ Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), Facultad de Ciencias Geológicas, 28040 Madrid, España. jcgrapto@eucmax.sim.ucm.es

calidad del norte de Sofía. En este mismo sector (garganta del río Iskar/región de Svoge), Zaharieva-Kovacheva (1957) identificó un ejemplar de ilénido («*Iliaenus extensus*») y, un año más tarde, Spasov (1958) describió e ilustró diversas formas procedentes de otros cinco puntos («*Pricyclopyge prisca*, *P. prisca longicephala*, *Cyclopyge rediviva* y *Ectillaenus perovialis hughesi*»).

La importante contribución de Spasov (1958) fue reseñada en numerosas publicaciones y síntesis posteriores, que destacaron las afinidades biogeográficas del Ordovícico búlgaro con Bohemia y otras regiones nordgondwanienses (Haydoutov y Yanev, 1997; Yanev, 1993, 2000 con referencias previas).

El total de trilobites ordovícicos encontrados hasta ahora en Bulgaria asciende a 20 ejemplares, de los que tan sólo 12 resultaron identificables taxonómicamente en los trabajos antes reseñados.

La revisión en curso del registro paleontológico del Ordovícico búlgaro dio como fruto el descubrimiento de una nueva localidad fosilífera en el área de Svoge (Sachanski y Gutiérrez-Marco, 1999), de donde proviene también el ejemplar de cheirúrido que se describe a continuación, el cual representa el primer trilobites ordovícico encontrado en Bulgaria en el último medio siglo (desde Spasov, 1958).

Procedencia

El yacimiento se sitúa en el núcleo paleozoico del anticlinal alpino de Svoge, en la sección del río Iskar al norte de Sofía. El punto concreto se ubica 300 m al SE de Bryastovo, en el talud oriental de la carretera Sofía-Svoge, aproximadamente 1500 m al norte del puente sobre el río Batuliyska, justo antes de su confluencia en el río Iskar. Desde el punto de vista estratigráfico, el horizonte paleontológico corresponde a la parte media-alta del miembro inferior de la Formación Grohoten, delimitado por el miembro cuarcítico que aflora en la confluencia de los ríos Iskar y Batuliyska. Además de abundantes icnofósiles, Sachanski y Gutiérrez-Marco (1999) identificaron una asociación de graptolitos de edad Darriwiliense, equivalente al Oretaniense inferior de la escala regional mediterránea.



Figura 1. *Placoparia* (*Placoparia*) sp. Darriwiliense de Bryastovo (Bulgaria). Vaciado en látex del molde externo de un cráneo en vista lateral (A), antero-dorsal (B) y dorsal (C). La flecha en A señala la posición del surco prelabelar. Escala gráfica en mm.

Estudio e identificación del ejemplar

El trilobites encontrado en Bryastovo consiste en un fragmento de cráneo, conservado en relieve (con algunas grietas) dentro de un nódulo silíceo de periferia muy deformada. La intensa búsqueda llevada a cabo en la localidad en pos de más ejemplares (campanas de 1998 y 1999) dio como resultado el hallazgo de otra media docena de nódulos, ninguno de los cuales libró fósil alguno.

El cráneo es un molde externo que conserva la fixigena izquierda más media glabella con su anillo occipital. Las dimensiones del cráneo completo han sido estimadas en 10 mm de longitud sagital y aproximadamente 20-21 mm de anchura máxima, tomada en la porción posterior. La glabella está poco ensanchada anteriormente, y está delimitada por unos surcos dorsales rectos. A falta de un surco prelabelar bien definido, la glabella parece continuarse en un área prelabelar prominente, lo cual constituye el rasgo más llamativo de la forma búlgara. El surco glabellar S3 también se halla poco marcado, lo que contribuye a acentuar el aspecto antes indicado. La ornamentación está formada por una granulación densa y fina que recubre todo el cráneo con excepción de los surcos cefálicos; el área lisa consiguiente excede exagitalmente a los propios surcos dorsales. Las mejillas combinan la granulación externa con la presencia de fosetas distribuidas irregularmente. El anillo occipital tiene un tubérculo poco prominente, que aparece desplazado hacia delante a corta distancia del surco occipital.

Desde el punto de vista taxonómico, el ejemplar búlgaro recuerda a *P. (P.) cambriensis* (Hicks) por sus dimensiones y la glabella poco en-

sanchada, pero se diferencia por la escasa profundidad de los surcos preglabellar y S3, por la leve convexidad anterior del cranidio, por la ornamentación de las fixígenas (con una parte lisa contigua al surco dorsal y fosetas poco prominentes) y por la posición del tubérculo occipital (comparar, entre otros, con Hammann, 1971; Henry y Clarkson, 1975; Rábano, 1984, 1989; Fortey y Owens, 1987; Kennedy, 1989). Las mismas diferencias pueden aplicarse al ejemplar estudiado frente a *P. (P.) barrandei* Prantl y Snajdr, un posible sinónimo posterior (según Hammann, 1971) de *P. (P.) cambriensis*. Sin embargo, ambas especies se distinguen por el trazado de los surcos glabellares S3, los cuales delimitan un lóbulo frontal mucho más ancho (tr.) en la forma bohémica que en la oeste-europea y norteafricana.

El ejemplar búlgaro recuerda a la especie tipo del género, *Placoparia (P.) zippei* (Boeck), por la presencia de un surco preglabellar atenuado y un área preglabellar prominente, así como por las fosetas menos marcadas sobre las fixígenas. Sin embargo, la forma checa tiene una glabella más expandida hacia delante y es considerablemente más moderna que la forma búlgara (Dobrotiviense frente a Oretaniense inferior, en términos mediterráneos).

Las restantes especies de *Placoparia* se diferencian bien de nuestro ejemplar por sus caracteres subgenéricos o puramente diagnósticos. En el Darriwiliense europeo hay, no obstante, otra serie de formas del subgénero nominal descritas en nomenclatura abierta (Hammann, 1971; Kennedy, 1989; Servais y Maletz, 1992 —ejemplar con 12 segmentos torácicos—; Koch y Lemke, 2000) que, por diferencias en la ornamentación, conservación u otras de origen ontogenético, no pueden ser comparadas con el ejemplar estudiado.

En conclusión, la forma búlgara parece representar una especie nueva que, sin embargo, no puede ser caracterizada hasta disponer de más información sobre los caracteres externos de la especie checa con la que parece estar más estrechamente relacionada: *P. (P.) zippei*, de la que podría ser antecesora.

Conclusiones y consideraciones finales

Se presenta el primer cheirúrido del Ordovícico búlgaro, perteneciente al género *Placoparia*, el cual se suma a los escasos restos de trilo-

bites identificables encontrados en la Formación Grohoten del área de Svoge (poco más de una docena de ejemplares, géneros *Pricyclopyge*, *Cyclopyge* y *Ectillaenus*: Spasov, 1958).

El registro de *Placoparia (Placoparia)* sp. en Bulgaria reviste cierto interés paleoecológico y paleobiogeográfico, ya que este trilobites suele formar parte de las asociaciones atelópticas bentónicas representadas en las biofacies de cyclopígidos (trilobites mesopelágicos) de áreas marginales de las plataformas nordgonwaniense y avalónica (con yacimientos europeos y norteafricanos). En este sentido, los hallazgos del subgénero se vinculan con ambientes de cierta profundidad, ubicados normalmente entre la plataforma externa y la base de talud (biofacies de rafiofóridos y de cyclopígidos), lo que concuerda con el registro de trilobites ordovícicos en Bulgaria y permite interpretar, en parte, la extrema escasez de macrofósiles en el Ordovícico de este país. Un caso comparable con el búlgaro se da también en el Macizo Renano (margen avalónico alemán), donde tras 50 años de intensa investigación (con más de 15 publicaciones sobre el particular) se llevan recogidos tan sólo unos 80 trilobites identificables (plena o parcialmente), entre ellos tres ejemplares de *P. (Placoparia)* spp. (Koch y Lemke, 2000, con referencias previas). El abundante registro de *Placoparia (P.) cambriensis* en Ibero-armórica representa una adaptación tardía a ambientes más someros (biofacies de *Neseuretus*), que culmina con la aparición de *P. (Coplacoparia)*, la cual migra a Bohemia en el Dobrotiviense superior. *Placoparia (Placoparia)* pervive en Bohemia durante el Dobrotiviense, siendo reemplazado por el subgénero *P. (Hawleia)* en el Ordovícico Superior mediterráneo.

Agradecimientos

La presente contribución se enmarca en el Proyecto «Paleogeografía perigondwánica, estratigrafía y faunas del Paleozoico Inferior y Medio de España y Bulgaria» (ref.^a 2001BG0005, 2001-2002), perteneciente al convenio de cooperación entre la Academia de Ciencias de Bulgaria y el Consejo Superior de Investigaciones Científicas de España, así como el Proyecto 410 del Programa Internacional de Correlación Geológica (IUGS-UNESCO).

Bibliografía

Fortey, R. A. and Owens, R. M. 1987. The Arenig Series in South Wales. *Bulletin of the British Museum (Natural History), Geology*, 41 (3), 69-307.

- Haberfelner, E. und Bonchev, E. 1934. Der Erste nachweis von Ordoviciun in Bulgarien: Didymograptenschiefer mit trilobiten im Zerie-Massiv. *Geologica Balcanica*, 1, 28-33.
- Hammann, W. 1971. Die Placopariinae (Trilobita, Cheirurina; Ordovizium). *Senckenbergiana lethaea*, 52 (1), 53-75.
- Haydoutov, I. and Yanev, S. N. 1997. The Protomoesian microcontinent of the Balkan Peninsula- a peri-Gondwanaland piece. *Tectonophysics*, 272, 303-313.
- Henry, J.-L. and Clarkson, E. N. K. 1975. Enrollment and coaptations in some species of the Ordovician trilobite genus *Placoparia*. *Fossils and Strata*, 4, 87-95.
- Kennedy, R. J. 1989. Ordovician (Llanvirn) trilobites from SW Wales. *Monograph of the Palaeontographical Society*, London, 141 (576), 1-55.
- Koch, L. und Lemke, U. 2000. Seltene Trilobiten-Arten aus dem Ordovizium des Ebbe-Sattels (Rheinisches Schiefergebirge, Deutschland). *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie Monatshefte*, 2000 (9), 513-544.
- Rábano, I. 1984. Nuevas observaciones sobre *Placoparia* (*Placoparia*) *cambriensis* Hicks 1875 (Trilobita, Cheirurina) en el Llanvirn de la Zona Centroibérica. *Coloquios de Paleontología*, 39, 7-16.
- Rábano, I. 1989. Trilobites del Ordovícico Medio del sector meridional de la Zona centroibérica española. Parte III. Calymenina y Cheirurina. *Boletín Geológico y Minero*, 100 (5), 767-841.
- Sachanski, V. V. y Gutiérrez-Marco, J. C. 1999. Nuevos hallazgos de graptolitos en el Ordovícico de Bulgaria. *Temas Geológico-Mineros ITGE*, 26 (2), 575-579.
- Servais, T. and Maletz, J. 1992. Lower Llanvirn (Ordovician) graptolites and acritarchs from the «assise de Huy», Bande de Sambre-et-Meuse, Belgium. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 115 (1), 265-285.
- Spasov (Spassow), H. 1958. *Les Fossiles de Bulgarie I. Ère Paléozoïque*. Academie des Sciences de Bulgarie, 1-90 (en búlgaro, con resumen en francés).
- Yanev, S. N. 1993. Gondwana Paleozoic terranes in the Alpine Collage System on the Balkans. *Journal of Himalayan Geology*, 4, 257-270.
- Yanev, S. N. 2000. Palaeozoic terranes of the Balkan Peninsula in the framework of Pangea assembly. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 161, 151-177.
- Zaharieva-Kovacheva, K. 1957. Parviyat trilobit ot ordovika v Iskarskiya prolom. *Godishnik na Sofiyskiya universitet, Biologo-geologo-geografski fakultet*, 50 (2), 353-356 (en búlgaro, con resumen en alemán).

Conodontos ordovícicos de Perú (nota preliminar)

G. N. SARMIENTO¹, J. C. GUTIÉRREZ-MARCO¹, V. CARLOTTO²,
J. CÁRDENAS², L. CERPA² Y H. ACOSTA²

Abstract This is the first report of Palaeozoic (Ordovician) conodonts from Peru. A conodont association was obtained from a limestone intercalation in the lower half of the San José Formation, which crops out at the Carcel Puncco Canyon on the Inambari River (subandean Zone). The association ranges from the *Oepikodus evae* Biozone to the *Baltoniodus navis*/*B. triangularis* biozones (boundary beds between the Lower and Middle Ordovician series).

Key words: Conodonts, Ordovician, South America, Peru, new data.

Palabras clave: Conodontos, Ordovícico, Sudamérica, Perú, datos nuevos.

Introducción

Los únicos registros de conodontos conocidos hasta el momento en el Perú, provenían de la Formación Chabara (Triásico Superior) del Cerro de Pasco (Maeda *et al.*, 1984; Orchard, 1994).

¹ Instituto de Geología Económica (CSIC-UCM), Facultad de Ciencias Geológicas, 28040 Madrid. villasar@eresmas.net; jcgrapto@eucmax.sim.ucm.es.

² Departamento de Geología, Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco, Avda. de la Cultura 733, Cuzco (Perú).

En este trabajo se presenta el primer hallazgo de este grupo de microfósiles en el Paleozoico peruano, con material procedente del Ordovícico de la zona subandina. Las investigaciones se enmarcan en el proyecto 410 del PICG (IUGS-UNESCO) y en el Programa de Cooperación Científica y Educativa con Iberoamérica (MEC-AECI).

La localidad fosilífera

El material de conodontos estudiado en esta nota deriva de un lentejón calcáreo de espesor centimétrico y escasa continuidad lateral (2-3 m), que apareció intercalado en la mitad inferior de la Formación San José en la sección del pongo de Carcel puncco (río Inambari). Este perfil se ubica a unos 20 km al noroeste de la población de San Gabán, y ha sido descrito entre otros por Dávila y Ponce de León (1971) y Laubacher (1974).

La Formación San José constituye la unidad más antigua del Paleozoico Inferior de la zona subandina del sureste de Perú, y está formada por 800-3500 m (base no visible) de pizarras y limolitas oscuras con algunas intercalaciones arenosas y de tramos ricos en nódulos, a veces de dimensión decimétrica. Algunos autores consideran a la Formación San José como un grupo en el sentido litoestratigráfico, que integraría a las formaciones Iparro (inferior) y Purumpata (superior), reconocidas en afloramientos más surentales pertenecientes a la Cordillera Oriental (región de Sandia: De la Cruz y Carpio Ronquillo, 1996; Martínez, 1998; Martínez y Monge, 2000). No obstante, la distinción entre ambas formaciones no siempre es posible fuera de sus estratotipos informales, dado que su reconocimiento obedece a un presunto contacto discordante entre unidades monótonas con distinta alterabilidad, apoyadas en sus respectivos contenidos paleontológicos (lo cual no constituye en sí mismo un criterio litoestratigráfico).

La presencia de niveles carbonatados en la Formación San José fue señalada por vez primera por Rodríguez *et al.* (2000) en el Altiplano del sur del Perú (región de Ayaviri), y se confirma ahora con la intercalación descubierta en el pongo de Carcel puncco. Ésta se sitúa unos 250 m por encima de un tramo de areniscas masivas que aflora en el poblado de Cuesta Blanca, el cual constituye la parte más baja de la Fm. San José aflorante en la sección del río Inambari.

Desde el punto de vista cronoestratigráfico, la Fm. San José viene siendo asignada al intervalo Arenigiense inferior-Caradociense inferior.

Sin embargo, las listas de fósiles publicadas para la parte inferior son muy confusas (con mezcla de taxones de trilobites y graptolitos del Arenigiense medio tardío a plenamente Darriwilienses), por lo que se hace necesario abordar una profunda revisión bioestratigráfica de todo el conjunto. Los conodontos estudiados pueden brindar, entre tanto, algunos datos de interés.

Tratamiento micropaleontológico

La intercalación de caliza bioclástica de donde proviene la muestra estudiada (140905SG) presenta, tanto en superficie como en sección, numerosos fósiles de braquiópodos y de trilobites (grandes pigidios de asáfidos, trinucleidos y calimenáceos), por el momento indeterminados.

El tratamiento de la muestra en una solución de ácido fórmico al 6% brindó un total de 117 elementos conodontales en 880 gr. de roca, correspondiendo en su mayoría a restos fragmentados. Los conodontos estudiados presentan un estado de conservación regular, observándose efectos de disolución, corrosión, sobrecrecimiento de minerales en la superficie de los elementos y fracturación, pero al menos no se hallan deformados.

El índice de Alteración del Color (CAI) tiene un valor de 5.5, lo que equivale a un rango de paleotemperaturas superior a 300°C (Epstein *et al.*, 1977). Éste es compatible con condiciones de metamorfismo de grado bajo (anquizonal en facies de esquistos verdes), tal vez inducido por la carga litostática.

En el residuo insoluble, junto con frecuentes fragmentos de trilobites, braquiópodos, gasterópodos, briozoos, poríferos y equinodermos (placas columnares de crinoideos?), se observan sulfuros de hierro y abundante materia orgánica sobremadurada. También es muy abundante un mineral indeterminado de aspecto acicular y color negro humo.

La asociación de conodontos

El estudio taxonómico de los elementos registrados reunió una variada asociación de conodontos en la que se han reconocido las siguientes formas multielementales: *Gothodus costulatus* Lindström [elementos P, S y M], *Drepanoistodus forceps* (Lindström) [elementos

suberectiformes, drepanodiformes y oistodiformes], *Protopanderodus rectus* (Lindström) [elementos acontiodiformes y scandiodiformes], *Protopanderodus* cf. *robustus* (Hadding) [elementos acontiodiformes asimétricos], *Baltoniodus* sp. [elementos S, ramiformes de la serie de transición], *Erismodus?* sp. [elemento ramiforme], *Plectodina?* sp. [elemento ramiforme], así como elementos coniformes de *Protopanderodus* spp., *Drepanoistodus* sp., *Microzarkodina* sp. y *Periodon* sp.

Desde el punto de vista bioestratigráfico, la asociación estudiada comprende formas de amplio rango estratigráfico alrededor del límite entre las series Ordovícico Inferior/Ordovícico Medio en su acepción internacional (IUGS, 2000). La forma más determinativa es *Gothodus costulatus*, que permite establecer para la asociación peruana una edad comprendida entre la parte media-baja de la Biozona de *Oepikodus evae* hasta la Biozona *Baltoniodus navis*/B. *triangularis* según el esquema báltico. Lo cual sería compatible con el rango de las restantes especies *Drepanoistodus forceps* (que inicia su representación en el Arenigiense inferior) y *Protopanderodus rectus* más cf. *P. robustus* (que prosiguen en el Darriwiliense). En términos británicos actuales (redefinidos), la asociación peruana sería equiparable con una edad Arenigiense medio a Arenigiense superior basal.

Interés del hallazgo y consideraciones finales

Los conodontos encontrados en el tercio inferior de la Formación San José, al noreste de San Gabán, no añaden datos relevantes desde el punto de vista cronoestratigráfico: la datación equivalente concuerda a grandes rasgos con la de los trilobites y graptolitos citados hasta el momento en una posición estratigráfica semejante a ligeramente más elevada (Dávila y Ponce de León, 1971; Laubacher, 1974; De la Cruz y Carpio Ronquillo, 1996; Martínez *et al.*, 2000), si bien despeja en parte la incertidumbre originada por la presencia en esas listas de algunos taxones de microfósiles de edades contradictorias.

En segundo lugar, la asociación de conodontos peruana es interesante porque aporta los primeros datos sobre estos microfósiles en la parte septentrional de una cuenca ordovícica que se prolonga en la Cordillera Oriental del sureste de Perú, Bolivia y norte de Argentina (cuenca Contaya-Tacsara de Erdtmann y Suárez-Soruco, 1999, Fig. 1). Hasta el momento, los únicos datos sobre conodontos ordovícicos en este ámbito venían consignados en seis trabajos sobre materiales más antiguos

del Ordovícico Inferior del norte argentino, y materiales más modernos del Darriwiliense del sur de Bolivia. Fuera de la cuenca mencionada, asociaciones de conodontos de un rango cronológico comparable a los de la asociación peruana están presentes en la cuenca de Precordillera (formaciones San Juan, Gualcamayo p.p. y Los Sombreros) y en el Sistema de Famatina (Formación Suri), este último ubicado en posición intermedia entre la Precordillera y la Cordillera Oriental argentinas.

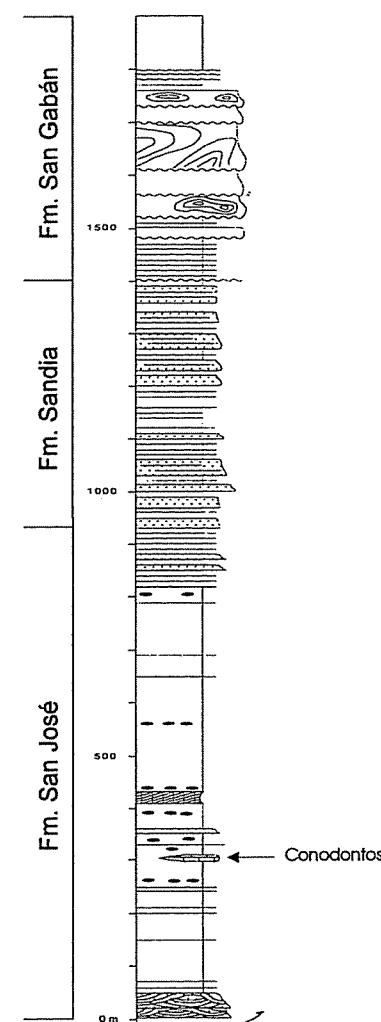


Figura 1. Sección estratigráfica del Ordovícico en el río Inambari indicando la posición del nivel con conodontos. La Fm. San José la integran pizarras y limolitas oscuras (en blanco) con intercalaciones arenosas (base y líneas horizontales) y niveles de nódulos; la Fm. Sandía es fundamentalmente arenosa (areniscas y cuarcitas indicadas por la trama de puntos), con niveles de pizarras (en blanco); la Fm. San Gabán está compuesta por alternancias de areniscas y pizarras (en la base) y diamictitas (grauvacas con cantos dispersos) formando paquetes con estructuras de deslizamiento («slumping»).

Desde un punto de vista paleobiogeográfico, los conodontos peruanos pertenecen mayoritariamente a la llamada Provincia Báltica del Dominio Nordatlántico (asociación de aguas frías), si bien restan por identificar algunos taxones minoritarios de los que se citan en nomenclatura abierta, y que podrían corresponder al Dominio del Midcontinente (mezcla con formas de aguas cálidas).

Finalmente, cabe resaltar que la especie dominante en la fauna de conodontos peruana, *Gothodus costulatus*, hasta ahora era un taxón raro entre las asociaciones de conodontos ordovícicos de América del Sur, pues sólo había sido identificada anteriormente en sendas localidades argentinas de la Cordillera Oriental (como *Baltoniodus crassulus andinus*: Rao *et al.*, 1994) y del Sistema del Famatina (Albanesi y Astini, 2000).

Agradecimientos

Los autores expresan su reconocimiento a los revisores de este artículo, Drs. G. Bagnoli (Universidad de Pisa, Italia) y G. Albanesi (CONICET, Argentina). Las fotografías de los microfósiles fueron obtenidas en el Centro de Microscopía Electrónica «Luis Bru» de la Universidad Complutense de Madrid. G. N. Sarmiento participa a través de una beca post-doctoral de la Comunidad de Madrid (España).

Bibliografía

- Albanesi, G. L. and Astini, R. A. 2000. New conodont fauna from Suri Formation (Early-Middle Ordovician), Famatina System, western Argentina, *Ameghiniana*, 37 (4) Suplemento, resúmenes, p. 68R.
- Dávila, J. J. y Ponce de León, V. 1971. La sección del río Inambari en la Faja subandina del Perú y la presencia de sedimentitas de la Formación Cancañiri (Zapla) del Silúrico. *Revista Técnica de YPF*, 1 (1), 67-85.
- De la Cruz B. N. y Carpio Ronquillo, M. 1996. Geología de los Cuadrángulos de Sandia y San Ignacio. Hoja 29-y, 29-z. *Boletín del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Serie A*, 82, 1-125.
- Epstein, A. G., Epstein, J. B. and Harris, L. 1997. Conodont color alteration -an index to organic metamorphism. *U.S. Geological Survey Professional Paper*, 995, 1-27.

- Erdtmann, B.-D. and Suárez-Soruco, R. 1999. The Ordovician Tectonostratigraphy of Bolivia. *Acta Universitatis Carolinae, Geologica*, 43 (1-2), 127-130.
- IUGS. 2000. *International Stratigraphic Chart & Explanatory note*, compiled by J. Remane and ICS Subcommissions. Division of Earth Sciences, UNESCO, Paris, 16 pp.
- Laubacher, G. 1974. Le Paléozoïque inférieur de la Cordillère orientale du sud-est du Pérou. *Cahiers ORSTOM, série Géologique*, 6 (1), 29-40.
- Maeda, S., Bellido Brado, E., Morales Arnao, B., Rangel Zavala, C. and Kawade, T. 1984. On some Late Triassic molluscs and conodonts from the Cerro de Pasco area, Central Peru. *Department of Earth Sciences, Faculty of Sciences, Chiba University, Japan*, 1-18.
- Martínez V. W. 1998. El Paleozoico Inferior en el sur del Perú: nuevos datos paleontológicos y sedimentológicos de las cuarcitas del Ordoviciano —región de Sandia. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 88, 21-38.
- Martínez Valladares, W. y Monge Miguel, R. 2000. Estratigrafía del Paleozoico de la Cordillera Oriental al sureste del Perú, frontera Perú-Bolivia. *X Congreso Peruano de Geología, CD-ROM Sociedad Geológica del Perú*, Lima, trabajo GR36a, 1-16.
- Orchard, M. 1994. Late Triassic (Norian) conodonts from Peru. *Palaeontographica, Abt. A*, 233, 203-208.
- Rao, R. I., Hünicken, M. A. y Ortega, G. 1994. Conodontes y graptolitos del Ordovícico Inferior (Tremadociano-Arenigiano) en el área de Purmamarca, Provincia de Jujuy, Argentina. *Anais Academia Brasileira de Ciências*, 66 (1), 59-83.
- Rodríguez, R., Flores, T., Carlotto, V., Cárdenas, J. y Marocco, R. 2000. Estratigrafía del Paleozoico inferior en el Altiplano sur del Perú (región de Ayaviri) y sus relaciones con otras regiones. *Resúmenes X Congreso Peruano de Geología*, Lima. *Publicación Especial Sociedad Geológica del Perú*, 2, 48.

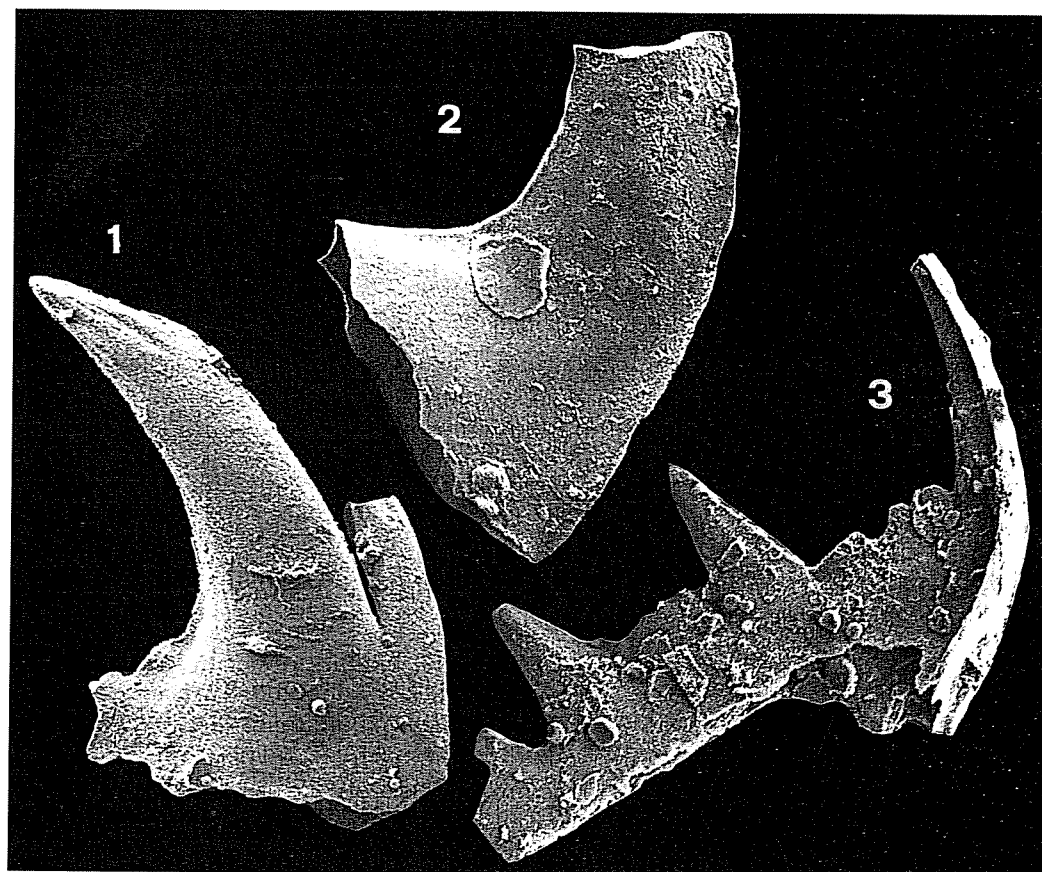


Lámina 1. 1. *Erraticodon?* sp. Elemento ramiforme, PE1212, x 350. 2. *Drepanoistodus* sp. Elemento drepanodiforme, PE1210, x 400. 3. *Gothodus costulatus* Lindström. Elemento ramiforme, PE1220, x 450.

SESIÓN DEL PROYECTO PICG 421
«BIODINÁMICA DURANTE EL PALEOZOICO MEDIO
EN GONDWANA SEPTENTRIONAL»

Braquiópodos del Emsiense superior (intervalos faunísticos 11 a 13) del Dominio Astur-Leonés (Cordillera Cantábrica, N España)

J. L. GARCÍA-ALCALDE¹

Abstract The structure of the so-called «faunal intervals» proposed by García-Alcalde for correlation purposes in near-shore facies of the Devonian of the Cantabrian Mountains is briefly considered. The 9 known Emsian intervals have an average duration of 1 million of years and the constituent brachiopod species ca. 2 m.a. The stratigraphical accuracy of the Upper Emsian intervals 11-13 are weighted through an abbreviation system indicating the kind, quality and quantity of the information on their fossil assemblages.

Key words: Biostratigraphy, Devonian faunal intervals, brachiopods, Cantabrian Mountains (N Spain).

Palabras clave: Bioestratigrafía, Intervalos Faunísticos del Devónico, Braquiópodos, Cordillera Cantábrica (Norte de España).

Introducción

García-Alcalde (1996) propuso 29 unidades bioestratigráficas informales en el Devónico de la Cordillera Cantábrica (N de España), que

¹ Departamento de Geología, Universidad de Oviedo. C/ Jesús Arias de Velasco, s/n, 33005 Oviedo (Asturias). jcalde@asturias.geol.uniovi.es.

denominó «intervalos faunísticos», basados en asociaciones distintivas de braquiópodos, para salvar los frecuentes problemas de correlación estratigráfica provocados por la escasez o total ausencia en el Dominio Astur-Leonés, de formas pelágicas consideradas esenciales en tales labores. En el presente trabajo se aporta nueva información sobre la estructura de los intervalos del Emsiense y carácter de sus componentes (grado de fiabilidad de las determinaciones de braquiópodos), particularizándolo en los intervalos faunísticos 11 a 13, del Emsiense Superior.

Estructura de los intervalos faunísticos

La duración del Piso Emsiense se estimó recientemente en unos 9 millones de años (Gradstein y Ogg, 1996, Weddige, coord., 1998). Dicho piso, con un espesor en torno a 550 m en el área cantábrica de facies neríticas, comprende 9 intervalos faunísticos (García-Alcalde, 1996); es decir, por término medio cada intervalo tendría una duración de 1 m.a. El espesor de los intervalos varía, no obstante, entre 20 y 120 m, lo que significa que, de acuerdo con la tasa media de acumulación de roca calculada a partir de los datos anteriores, la duración de los intervalos del Emsiense, oscilaría entre 0,33 y 2,2 m.a., una figura notable que acredita, en principio, la utilidad de estas unidades en datación y correlación.

La distribución de los braquiópodos no suele ajustarse a un solo intervalo. La norma es que aparezcan en dos intervalos consecutivos (más del 50% de las especies). Esto significa que la longevidad media de las especies analizadas oscila en torno a 2 m.a., duración menor incluso que la de formas con gran valor estratigráfico, como los graptolitos (Stanley, 1985). La fiabilidad estratigráfica de los braquiópodos estaría limitada, empero, por su mayor dependencia ecológica, que reduce el ámbito geográfico y condiciona mucho las distribuciones locales (primeras y últimas apariciones en los distintos cortes).

Fiabilidad de los intervalos faunísticos 11-13

El interés de los intervalos faunísticos 11 a 13, que se desarrollan en el Emsiense Superior del Dominio Astur-Leonés de la Cordillera Cantábrica, en la parte alta de los Grupos Rañeces (Asturias) y La Vid (León)

(García-Alcalde, 1996), es que abarcan en lo principal (intervalos 11 y 12) uno de los más importantes conjuntos faunísticos de la región, conocido desde antiguo con el nombre de «fauna de Sabero» o «fósiles de Sabero». La historia, estratigrafía e interpretación sedimentológica del yacimiento, fueron abordadas anteriormente por Álvarez (1990), Álvarez y Brime (1990), Álvarez (1999) y García-Alcalde (1999). La «fauna de Sabero», se desarrolló en un área tropical marina, abierta, relativamente alejada de la costa. El progresivo desarrollo de biostromos coralinos y parches arrecifales, indica la buena circulación y oxigenación de las aguas en relación con condiciones de somerización creciente, que desembocaron en la aparición, en el intervalo 13, de grietas de desecación y dolomías en todo el área asturleonense, incluido el domo del Valsurvio (García-Alcalde *et al.*, en prensa). Algunos datos, aún sin comprobar, sugieren, incluso, la emersión parcial de la cuenca, indicada por la presencia de delgados lechos bauxíticos, que podrían representar paleosuelos lateríticos (León: Closas y Font-Altaba, 1960; Palencia: Koopmans, 1962). La sucesión se desarrolló en la parte alta del ciclo T-R Ib (JOHNSON *et al.* 1985), entre el máximo de altos niveles marinos relativos, relacionado con el evento Daleje-Cancellata, y la regresión final del ciclo (García-Alcalde, 1997), que se registra en Euroamérica en la zona de conodontos *Polygnathus serotinus*.

Hasta ahora, sólo algo más de la mitad (58) de las 84 formas de braquiópodos de los intervalos estudiados (Fig. 1), fue adecuadamente descrita y figurada por el autor o está a punto, lo que relativiza el valor estratigráfico de las unidades discutidas. Esta situación no puede superarse ni en este momento ni en este contexto, pero puede paliarse ofreciendo alguna alternativa que permita a otros autores valorar el grado de fiabilidad de las determinaciones menos seguras. Un sistema rápido, útil para especialistas de procedencias variadas, es el desarrollado en el proyecto internacional de correlación geológica IGCP 421, «North Gondwana mid-Palaeozoic bioevent/biogeography patterns in relation to crustal dynamics». El método consiste en proporcionar, a través de un sistema convenido de abreviaturas, la máxima información sobre el tipo, calidad y cantidad de datos que respaldan las determinaciones sistemáticas; de esta manera, cada especialista puede seleccionar ponderadamente los taxones más seguros para procesarlos en técnicas estratigráficas y paleogeográficas cuantitativas. En un trabajo reciente (García-Alcalde, 2001), se utilizó dicha estrategia para valorar la fiabilidad de los intervalos de la parte terminal del Emsiense cantábrico (14 a 16). En el presente trabajo, se aplica de nuevo en Fig. 1 para el conjunto de las formas de los intervalos 11 a 13.

INT	ESPECIE	INT	ESPECIE
7-17	<i>Meganteris archiaci</i> (sp.inq)	11-12	« <i>Spirifer</i> » <i>collensis</i> n.nud. (gen.nov)
8-11	<i>Resserella drotae</i> n.nud	11-12	<i>Leptaenomendax chaconae</i>
8-12	<i>Xana bubo</i>	11-12	<i>Gypidula</i> ? <i>collensis</i> n.nud. (?gen, ?int)
8-12	<i>Plicanoplia carlsi</i>	11-12	<i>Triathyris mucronata</i>
8-12	<i>Dalejina</i> cf. <i>hamoni</i> (sp.inq, poor fig)	11-12	<i>Nucleospira collensis</i> n.nud.
8-13	<i>Alatiformia</i> ? <i>prejaekeli</i> (?gen)	11-12	<i>Quadriloba colletti</i>
8-13	<i>Euryspirifer pellicoi</i> (sp.inq)	11-12	<i>Aesopomum cantabricum</i>
8-13	<i>Plebejochonetes collensis</i>	11-12	<i>Cimicinnella schulzi</i>
8-13	<i>Plicostropheodonta diffusa</i> (sp.inq)	11-12	« <i>Howittia</i> » <i>paillettei</i> (gen.nov)
8-14	<i>Schizophoria vulvaria</i> (sp.inq)	11-12	<i>Schizophoria beaumonti</i>
8-14	<i>Loreleiella jahnkei</i>	11-12	<i>S. interstitialis collensis</i> n.nud.
8-15	<i>Mesoleptostrophia explanata</i>	11-12	<i>Cyrtina collensis</i> nom.nud.
9-11	<i>Sieberella</i> cf. <i>costata</i> (poor fig)	11-13	<i>Septathyris cabruganensis</i>
9-11	« <i>Tetratomia amanshauseri</i> » (sp.inq, ?int, basic prob)	11-13	<i>Oligobrycherhynchus pareti</i>
9-12	<i>Stenorhynchia briceae</i>	11-13	<i>Teichostrophia</i> ? <i>naranjoana</i> (?gen., ?int, poor fig)
9-12	<i>Boucolstrophia velica</i>	11-13	<i>Brimethyris subconcentrica</i>
9-14	<i>Tyersella tetragona</i> (poor fig)	11-13	« <i>Athyris</i> » <i>sinerizi</i> (?gen, sp.inq, poor mat)
9-14	« <i>Ucinulus pila</i> » (sp.inq, basic prob, composite)	11-13	<i>Hexarhytis ferronesensis</i>
10-11	<i>Triathyris</i> n.sp. A (sp.nov, ? int, poor fig)	12	<i>Atrypa</i> (<i>Planatrypa</i>) sp. 1 (sp.nov, ?int, poor fig)
10-11	<i>Brachyspirifer</i> aff. <i>carinatus</i> (poor fig)	12	<i>Cryptonella truyolsi</i>
10-11	<i>Aesopomum</i> n.sp. (sp.nov, ?int)	12	<i>Devonix virgo</i>
10-11	« <i>Ucinulus suborbignyanus</i> » (poor fig, basic prob)	12	<i>Isopoma maisae</i> n.nud.
10-11	<i>Arduspirifer arduennensis latronensis</i>	12	<i>Anathyris parva</i>
10-12	<i>Protodouvillina taeniolata</i>	12-13	<i>Arbizustrophia diaphragmata</i>
10-12	<i>Anathyris phalaena</i>	12-13	« <i>Spinella</i> » <i>subspeciosa</i> (gen.nov)
10-12	<i>Charionoides</i> ? sp. A (sp.nov, ?gen, poor fig)	12-13	<i>Pradoia torenoi</i>
10-13	<i>Prokopia</i> cf. <i>bouskai</i> (poor fig)	12-13	<i>Spinocyrtia cornellanensis</i> n.nud.
10-13	<i>Struveina ferronesensis</i>	12-13	« <i>Brevispirifer</i> » <i>cabanillas</i> (gen.nov)
10-13	<i>Dalejina</i> aff. <i>hanussi</i> (poor fig)	12-13	<i>Cyrtina boniellensis</i> n.nud.
10-14	<i>Hexarhytis campomanesi</i>	12-13	<i>Anathyris llanerensis</i>
10-14	<i>Anoplothea</i> cf. <i>venusta</i> (basic prob, poor fig)	12-13	« <i>Kozlowskiellina</i> » <i>ezquerrai</i> (gen.nov)
10-17	<i>Dalejodiscus minor</i> (poor fig)	12-13	<i>Anathyris inflata</i>
11-12	<i>Retzia adrieni</i>	12-13	<i>Plicathyris ezquerrai</i>
11-12	« <i>Fimbrispirifer</i> » <i>rojasi</i> (gen.nov)	12-15	<i>Hexarhytis bonarensis</i>
11-12	<i>Plectospira ferita</i> (poor mat, ?int, poor fig)	12-16	<i>Plicathyris collensis</i>
11-12	<i>Iridistrophia</i> aff. <i>ingens</i> (basic prob, sp.inq, poor fig)	12-16	« <i>Leptaena</i> » <i>dicax</i> n.nud. (?gen)
11-12	<i>Cooperispira subferita</i>	13	« <i>Howittia</i> » <i>cancellata</i> n.nud. (gen.nov.)
11-12	<i>Pachyplax transversa</i>	13	<i>Bojodouvillina morzadeci</i> (poor fig)
11-12	<i>P. elongata</i>	13-14	<i>Lissatrypa</i> aff. <i>sulcata</i> (poor fig, ?int)
11-12	<i>P. verneuli</i>	13-14	<i>Plebejochonetes moniellensis</i>
		13-14	<i>Douvillina fibula</i>
		13-15	<i>Adolfia cabedana cabedana</i>
		13-15	<i>Luanquella alcaldei</i>
		13-17	<i>Euryspirifer</i> sp. 3 (sp.nov, poor fig)

Figura 1: Especies de braquiópodos articulados pertenecientes en parte o por completo a los intervalos faunísticos 11 a 13, en el Dominio Astur-Leonés de la Cordillera Cantábrica. Columna de la izquierda: intervalos faunísticos (INT) donde aparecen las especies. Columna de la derecha: especies de braquiópodos con abreviaturas que definen su estatus taxonómico. Sistema de abreviaturas empleado en las bases de datos del PICG 421 «North Gondwana mid-Palaeozoic bioevent/biogeography patterns in relation to crustal dynamics». Especies aceptadas: sin marcas diacríticas (especies descritas formalmente en tiempos recientes o a punto de serlo; en ésta categoría se incluyen también las especies designadas como «n.nud.»= «nomen nudum»; **aff:** «próximo a», en muchos casos co-específico con el taxón nominado, pero identificación imposible en base a la documentación existente; **basic prob.:** hay problemas de definición de la especie que, para poder resolverse, se necesita acceder al material estratotípico o topotípico; **cf:** «similar a».; **composite:** las figuras existentes sugieren la presencia de dos o más taxones en la interpretación de la especie que hace su autor; **?gen:** identificación genérica dudosa; **gen.nov:** pertenece posiblemente a un nuevo género; **?int.:** se precisa conocer mejor los caracteres internos; **poor fig.:** ilustración inadecuada para una evaluación taxonómica útil; **sp. inq.** (species inquerendum): especies que necesitan la revisión del material tipo o topotípico para establecer (o confirmar) características taxonómicas que permitan la identificación de material de otras partes del globo.; **sp.nov.:** podría representar una especie nueva innominada; «»: un nombre de género o especie entrecomillados implica, o bien que los caracteres genéricos o específicos críticos son desconocidos o que la situación del taxón requiere ser aclarada en relación con la de géneros o especies previamente propuestos.

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución al proyecto de la DGICYT, PB 98/1542 «Geoquímica y Geofísica aplicadas a la investigación paleogeográfica, cronoestratigráfica y de bioeventos del Devónico del Macizo Ibérico (España)» y al IGCP 421 «North Gondwana Mid-Palaeozoic Bioevent/Biogeography pattern in relation to crustal dynamics». Mi agradecimiento a los doctores Zarela Herrera y Miguel V. Pardo por su minuciosa revisión del manuscrito original.

Bibliografía

- Álvarez, F. 1990. Devonian Athyrid brachiopods from the Cantabrian Zone (NW Spain) *Biostratigraphie du Paléozoïque*, 11, 1-311.
- Álvarez, F. 1999. Colle, notas sobre un yacimiento clásico en el Devónico Cantábrico (NO de España). *Temas Geológico-Mineros ITGE*, 26, 48-53.
- Álvarez, F. y Brime, C. 1990. Reencuentro con los «fósiles de Sabero». *Comunicaciones de la Reunión sobre Tafonomía y Fosilización*, Madrid, 13-22.

- Closas, M. J. y Font-Altaba, M. 1960. Estudio de un yacimiento de bauxita en el Paleozoico de León. *Estudios Geológicos*, **16** (3), 157-161.
- García-Alcalde, J. L. 1996. El Devónico del dominio Astur-Leonés en la Zona Cantábrica (N de España). *Revista Española de Paleontología*, n.º extra, 58-71.
- García-Alcalde, J. L. 1997. North Gondwanan Emsian events. *Episodes*, **20** (4), 241-246.
- García-Alcalde, J. L. 1999. Terebratulidos (Braquiópodos) del Emsiense superior de Colle (Sabero, León, N de España). *Trabajos de Geología*, Universidad de Oviedo, vol. hom. J. Truyols, **21**, 159-176.
- García-Alcalde, J. L. 2001. Paleobiogeographical relationships between North Gondwana and South Baltica: the *Ivanothyris havliceki* fauna (Cantabrian Zone, latest Emsian). *Journal of the Czech Geological Society*, Praga, **46** (3-4), 37-46.
- García-Alcalde, J. L., Carls, P., Pardo Alonso, M. V., Sanz López, J., Soto, F. Truyols-Massoni, M. and Valenzuela-Ríos, J. I. in litt. Devonian. In: W. GIBBONS & T. MORENO (eds.) *The Geology of Spain. Journal of the Geological Society of London*.
- Gradstein, F. M. and Ogg, J. 1996. A Phanerozoic time scale. *Episodes*, **19** (1-2), 3-5.
- Johnson, J. G., Klapper, G. and Sandberg, C. A. (1985). Devonian eustatic fluctuations in Euramerica. *Geological Society of America Bulletin*, **96**, 567-587.
- Koopmans, B. N. 1962. The sedimentary and structural history of the Valsurvio Dome. Cantabrian Mountains, Spain. *Leidse Geologisch Mededelingen*, **26**, 121-232.
- Stanley, S. M. 1985. Rates of evolution. *Paleobiology*, **11** (1), 13-26.
- Weddige, K., coord. 1998. Devon-Korrelationstabelle. *Senckenbergiana lethaea*, Frankfurt a. Main, **77** (1/2), 289-326.

Conodontos del Devónico Inferior de Arroyo del Pozo del Rincón (Sierra Morena, Córdoba)

J.-C. LIAO^{1,2}, S. RODRÍGUEZ¹ Y J. I. VALENZUELA-RÍOS²

Abstract The presence of the conodont taxa *Icriodus angustoides alcoleae* Carls, *I. rectangularis lotzei* Carls, «*Ozarkodina*» *wurmi* Bischoff y Sannemann e *I. a. castilianus* Carls demonstrates a Lower Devonian age for the Pozo del Rincón section. Furthermore, the three former taxa are indicative of Lochkovian age and the latter one of Pragian; therefore, this section spans through the Lochkovian/Pragian boundary.

Key words: Conodonts, Lochkovian, Pragian, Sierra Morena, Lower Devonian.

Palabras clave: Conodontos, Lochkoviense, Praguense, Sierra Morena, Devónico Inferior.

Introducción

La sección del Arroyo del Pozo del Rincón está situada unos ocho kilómetros al este de Valsequillo, en el extremo norte de la provincia de Córdoba (Fig. 1). Se encuentra alineada con otra serie de afloramientos discontinuos de calizas que se localizan desde las proximidades de la

¹ Departamento de Paleontología, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid. jcliao@mixmail.com; sergrad@eucmax.sim.ucm.es.

² Departamento de Geología, Universitat de València, c/ Dr. Moliner, 50; 46100 Burjassot. Jose.I.Valenzuela@uv.es.

localidad de Espiel (Córdoba) hasta el río Guadiana en las cercanías de Alange (Badajoz) con una dirección SE-NO. Estos afloramientos calizos han sido datados como Devónico Inferior, más concretamente como Emsiense (Herranz, 1970, Rodríguez, 1978). El afloramiento del Pozo del Rincón fue datado originalmente también como Devónico Inferior (Rodríguez, 1978). Sin embargo, los estudios sobre la asociación de corales rugosos impulsaron a Rodríguez y Soto (1979) a datar los niveles como Givetense por la presencia de *Disphyllum*, *Temnophyllum richardsoni* y *Tabulophyllum traverense*.

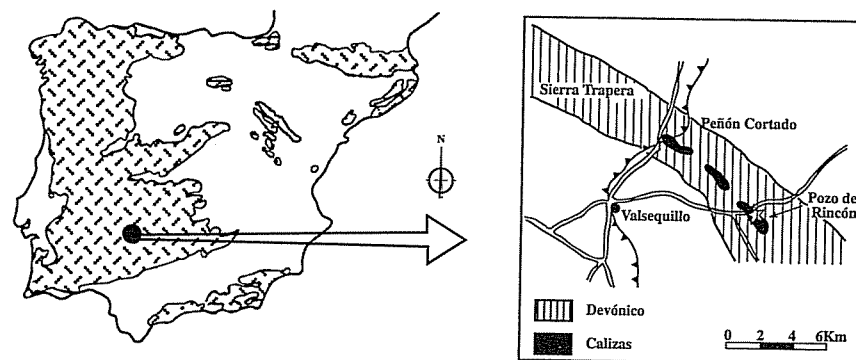


Figura 1. Localización geográfica y esquema geológico de la sección Pozo del Rincón.

El afloramiento del Pozo del Rincón presenta algunas características peculiares en relación con los demás afloramientos de calizas del Devónico de la región. Se encuentra aislado, rodeado de potentes depósitos pliocuaternarios. Su orientación es ligeramente distinta a la de los demás afloramientos calcáreos. Su litología es también distinta; los afloramientos calizos del Devónico de la región comienzan normalmente con una sucesión de pizarras margosas que se van transformando progresivamente en calizas tableadas y finalmente se desarrollan potentes calizas masivas (boundstone a rudstone) de color gris, que contienen abundantes favosítidos y corales rugosos masivos y fasciculados. La sucesión del Pozo del Rincón presenta predominantemente calizas tableadas (packstone) con matriz dolomitizada, entre las que se intercalan algunos paquetes de margas pizarrosas. La asociación de corales es también distinta, pues faltan los favosítidos y los corales rugosos masivos. Por el contrario son frecuentes los corales solitarios con disepimentos, los corales coloniales fasciculados y tabulados heliolítidos.

La datación realizada por Rodríguez y Soto (1979) se oponía a la hipótesis de Puschmann (1967) que propugnaba la existencia de una la-

guna mesodevónica en Ossa-Morena. Por ello, por ser el único afloramiento de la región datado como Devónico medio y por las especiales características del afloramiento, se ha realizado una investigación con el objeto de contrastar dicha datación con conodontos.

Resultados y discusión

En la sección Pozo del Rincón se reconocieron inicialmente 18 tramos (Rodríguez, 1978) de los cuales se muestrearon 9 niveles para conodontos que proporcionaron faunas de icriódidos, spathognathidos y belodellidos en 6 de ellos (Fig. 2). Además se han reconocido dacrioconáridos, ostrácodos, braquiópodos, gasterópodos, briozoos y artejos de crinoides.

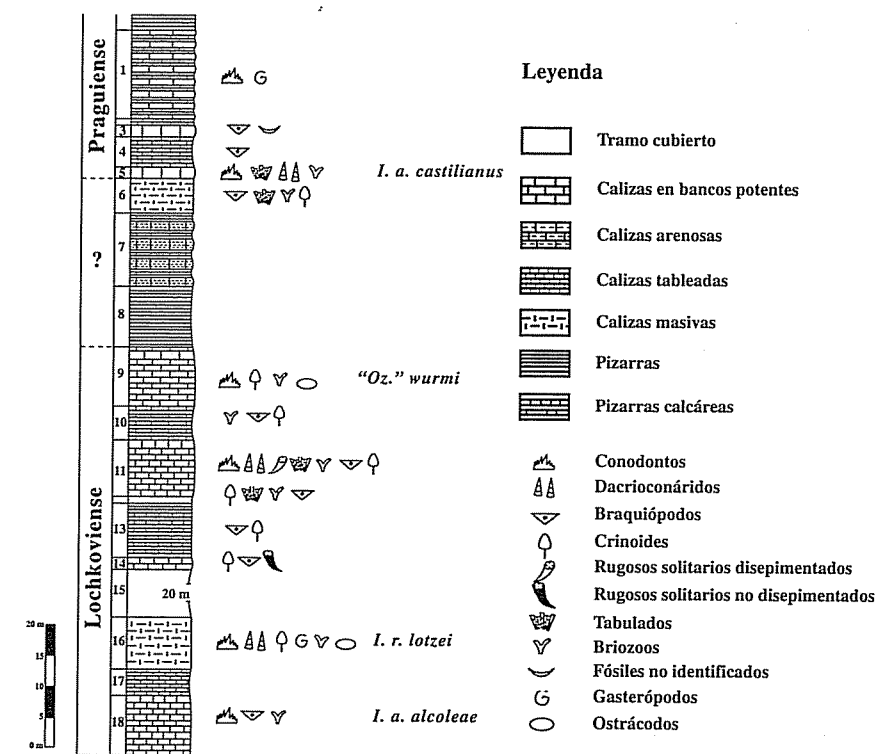


Figura 2. Columna estratigráfica Pozo del Rincón con indicación de los registros paleontológicos y faunas relevantes de conodontos. El límite Lochkoviense/Praguiense no puede precisarse con los datos actuales.

Entre los hallazgos de conodontos destacan por sus implicaciones bioestratigráficas los siguientes: *Icriodus angustoides castilianus* Carls en la muestra PZR/5; "*Ozarkodina*" *wurmi* Bischoff y Sannemann (PZR/9); *I. rectangularis lotzei* Carls (PZR/16) e *I. a. alcoleae* Carls (PZR/18).

Esta sucesión de taxones corresponde a conodontos del Lochkovien- se y Praguense (Devónico Inferior); además la distribución bioestratigrá- fica de los mismos permite inferir que la sección está invertida; así el ha- llazgo más antiguo corresponde a *I. a. alcoleae* Carls (PZR/18), que según la ordenación estratigráfica original suponía el tramo de techo de la serie, y el más moderno a *I. a. castilianus* Carls (PZR/5). Este último taxón apa- rece ligeramente por encima de la base del Praguense y se extingue den- tro de este Piso, mientras que *I. a. alcoleae* Carls se restringe al Lochko- viense. Con la escasez de hallazgos no se puede precisar el límite Lochkovien- se/Praguense, pero el hallazgo de "*Ozarkodina*" *wurmi* Bis- choff y Sannemann (PZR/9), taxón que se considera confinado al Lochko- viense (ver Valenzuela-Ríos, 1994), permite inferir que el mencionado lí- mite se situaría entre las capas 9 y 5. El hallazgo de *I. r. lotzei* Carls (PZR/16) entre los hallazgos de los otros dos taxones de *Icriodus* es un dato comple- mentario que confirma la inversión de la sucesión estratigráfica.

Conclusiones

El estudio de los conodontos permite asignar a la sección Pozo del Rincón una edad Lochkovien- se y Praguense (Devónico Inferior); ade- más se constata que esta sección se encuentra invertida.

Algunos interrogantes quedan tras este estudio, que deben ser re- sueltos con nuevos análisis paleontológicos y sedimentológicos. La suce- sión del Pozo del Rincón presenta según lo observado una polaridad contraria a la de todos los materiales estudiados hasta ahora en la región. Además, las dataciones realizadas con braquiópodos (Herranz, 1970) y con corales (Rodríguez, 1978) de otros afloramientos calizos del área de- ben ser también contrastadas con nuevos estudios paleontológicos.

Agradecimientos

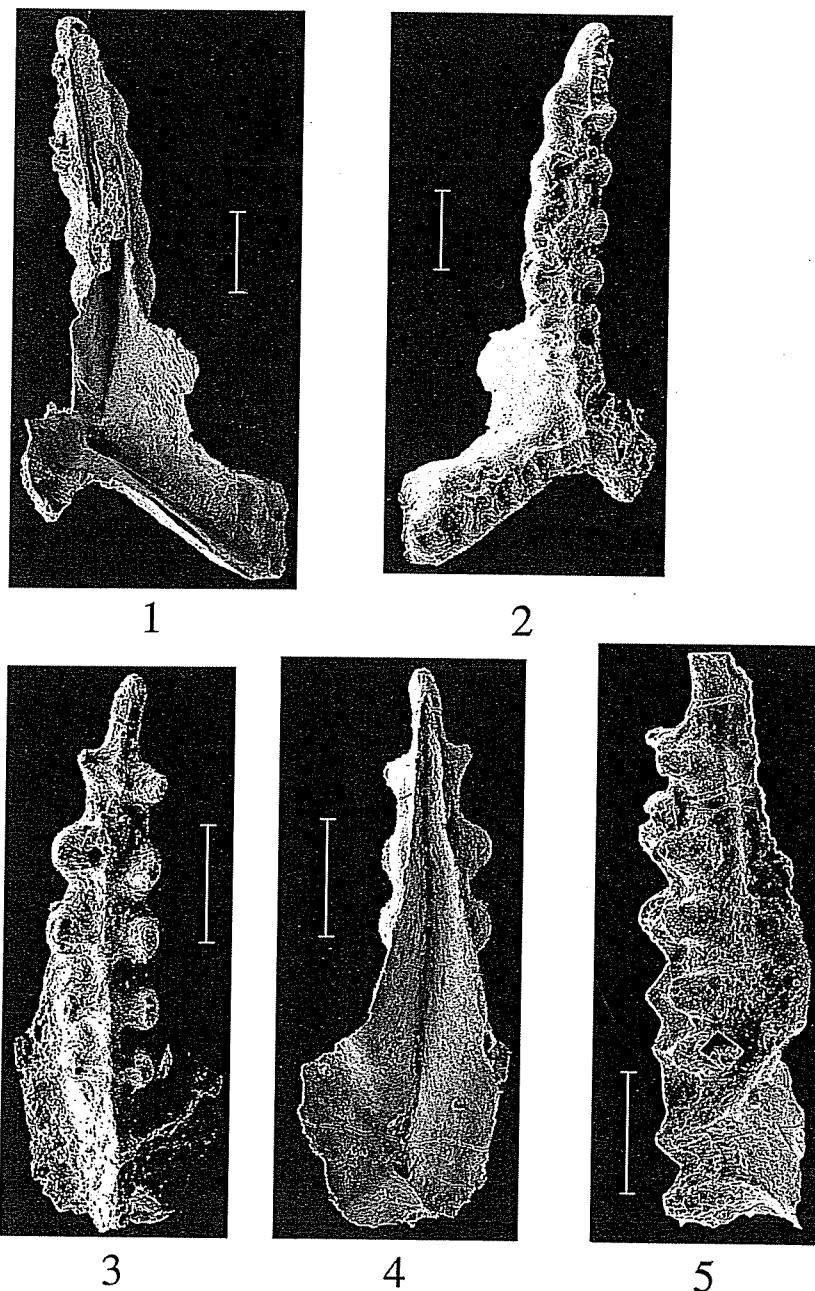
Este trabajo ha sido financiado parcialmente por los proyectos PB 96-0842; PB 98-1558 y BTE 2000-1423 y constituye una contribución al PICG 421. Agra- decemos al Prof. Dr. Peter Carls (Braunschweig) sus comentarios y ayuda téc-

nica en la realización de este trabajo. Por último, se agradecen los comentarios de Susana García-López (Oviedo) y Javier Sanz-López (La Coruña).

Bibliografía

- Herranz, P. 1970. Nota preliminar sobre el estudio geológico de las sierras pa- leozoicas entre Oliva de Mérida y Hornachos (Badajoz). *Seminarios de Es- tratigrafía*, 6, 1-16.
- Puschmann, H. 1967. Das Paleozoikum im Gebiet zwischen Dan Benito und To- rrecampo (Sierra Morena, Spanien). *Geologische en Mijnbouw*, 46, 283-391.
- Rodríguez, S. 1978. Corales rugosos del Devónico de la Sierra del Pedroso. *Es- tudios Geológicos*, 34, 331-350.
- Rodríguez, S. y Soto, F. 1979. Nuevos datos sobre los corales rugosos del Devó- nico de la Sierra del Pedroso. *Estudios Geológicos*, 35, 345-354.
- Valenzuela-Ríos, J. I. 1994. Conodontos del Lochkovien- se y Praguense (Devó- nico Inferior) del Pirineo Central Español. *Memorias del Museo Paleontológi- co de la Universidad de Zaragoza* 5, 178 pp.

Lámina 1. Los ejemplares se encuentran depositados en el Museo de Geología de la Uni- versitat de València (MGUV). La escala de todos los ejemplares es de 200 m. 1-2: *Icriodus rectangularis lotzei* Carls. 1 vista inferior del ejemplar MGUV 5203; 2 vista superior del ejemplar MGUV 5203. Muestra 16 de la sección Pozo del Rincón. 3-5: *Icriodus angustoides alcoleae* Carls. 3 vista superior del ejemplar MGUV 5204; 4 vista inferior del ejemplar MGUV 5204; 5 vista lateral del ejemplar MGUV 5204. Muestra 18 de la sección Pozo del Rincón.



Alveolítidos y estromatopóridos del Devónico de Irán: consideraciones paleobiogeográficas

B. MISTIAEN¹ Y E. M. FERNÁNDEZ-MARTÍNEZ²

Abstract Alveolitid tabulate corals and stromatoporoids coming from different Devonian outcrops of Iran are analysed. Some preliminary results relative to the stromatoporoids have been previously published and a systematic study on the alveolitids is currently in preparation. Preliminary data on alveolitids are according with the paleogeographical considerations specially stated by stromatoporoid faunas.

Key words: Alveolitids, Stromatoporoids, Systematics, Devonian, Iran.

Palabras clave: Alveolítidos, Estromatopóridos, Sistemática, Devónico, Irán.

Introducción

Este trabajo aporta datos inéditos sobre la sistemática y distribución de los corales tabulados de la familia Alveolitidae en el Devónico Superior de Irán, basados en el estudio de 34 ejemplares recolectados en tres loca-

¹ Fédération Universitaire et Polytechnique de Lille, Laboratoire de Paléontologie stratigraphique, FLS et ISA, UPRESA 8014 et FR 1818 du CNRS. 13 Rue de Toul F 59046 Lille cedex. France. bruno.mistiaen@fls.fupl.asso.fr.

² Universidad de León, Departamento de Ingeniería Minera. C/ Jesús Rubio, 2. 24071 León. España. dimefm@unileon.es.

lidades de dos regiones diferentes. Las informaciones obtenidas de este estudio se contrastan con los datos paleobiogeográficos de estromatopóridos con procedencia similar, que han sido recientemente publicados por Mistiaen (1999) y por Mistiaen y Gholamalian (2000), entre otros.

Marco geográfico y geológico

En relación con el marco geográfico y geológico en el que se desarrolla este trabajo, diversos autores han citado o descrito recientemente varios yacimientos del Devónico Superior de Irán (Wendt *et al.*, 1997; Brice *et al.*, 1999; entre otros). A grandes rasgos (Fig. 1) pueden distinguirse tres áreas con afloramientos devónicos: el área de Bidu (provincia de Kerman); el área de Chahriseh (provincia de Esfahan) y el área de Tabas. Aunque todas ellas han librado representantes de la familia Alveolitidae, las faunas aquí estudiadas proceden exclusivamente de las dos primeras.

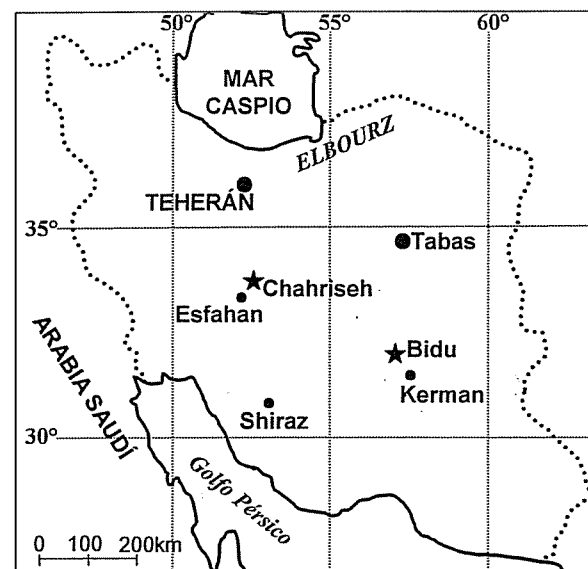


Figura 1. Mapa esquemático de Irán mostrando las principales localidades con afloramientos de materiales devónicos. El material estudiado procede de las dos secciones indicadas con estrellas.

Desde un punto de vista estratigráfico, el material estudiado ha sido recolectado en una unidad carbonatada de edad Frasnense medio a superior (ver Gholamalian, 1997, 1998 para una datación con conodontos). Dicha unidad aparece constituida por dos niveles con abundantes organismos constructores, que han sido tradicionalmente descritos como biostromos y empleados como niveles guía en el estudio de las sucesiones frasnenses de Irán.

Estos niveles son ricos en corales tabulados y estromatopóridos, los cuales aparecen asociados a corales rugosos con diversas morfologías, briozoos, braquiópodos, trilobites y ostrácodos (para una relación detallada ver Mistiaen *et al.*, 2000).

Los corales tabulados más abundantes en los yacimientos arrecifales del Frasnense de Irán son, sin lugar a dudas, los alveolítidos. Su presencia en diferentes secciones ha sido indicada por Golshani *et al.* 1972; Sharkovski *et al.* 1984; Dastampour, 1996; Wendt *et al.* 1997 y Mistiaen *et al.*, 2000, entre otros pero, hasta la fecha, no existe un estudio sistemático detallado de estas faunas. Otros corales tabulados presentes en estos niveles son *Thamnopora*, *Scolipora* y *Thecostegites*, que, junto con aulopóridos no determinados, han sido citados por Mistiaen y Gholamalian (*op. cit.*) en el área de Chahriseh.

A pesar de la diversidad faunística, el papel de organismos constructores es ejercido básicamente por los alveolítidos y los estromatopóridos. Unas quince especies de este último grupo han sido recientemente citadas o descritas en materiales frasnenses tanto en la provincia de Kerman (Mistiaen, 1999) como en la de Esfahan (Mistiaen y Gholamalian, 2000).

Observaciones sistemáticas sobre los alveolítidos

Los alveolítidos estudiados fueron recolectados por A. de Lapparent a principios de los años 70' y por D. Brice y B. Mistiaen, en 1998 y proceden de tres localidades situadas en dos regiones distintas (Fig. 1): Bidu (24 ejemplares) y Ab-Bidu (3 ejemplares), situadas en el área de Bidu (provincia de Kerman) y Kuh-e Kaftar (7 ejemplares), en el área de Chahriseh (provincia de Esfahan).

El método de estudio aplicado es el habitual en estos organismos, con toma de datos cualitativos y cuantitativos tanto en aspectos de morfología externa como interna (mediante el empleo de láminas delgadas). Los datos cuantitativos de varios caracteres internos fueron sometidos a un análisis estadístico de dispersión (representación media/desviación típica), encontrándose que todos ellos excepto los relacionados con las dimensiones de las coralitas mostraban una variabilidad tan alta que desaconsejaba su empleo estadístico. Por tanto, el tamaño de las coralitas (definido mediante diagramas de cajas) ha sido el rasgo básico empleado en el estudio sistemático de estas faunas.

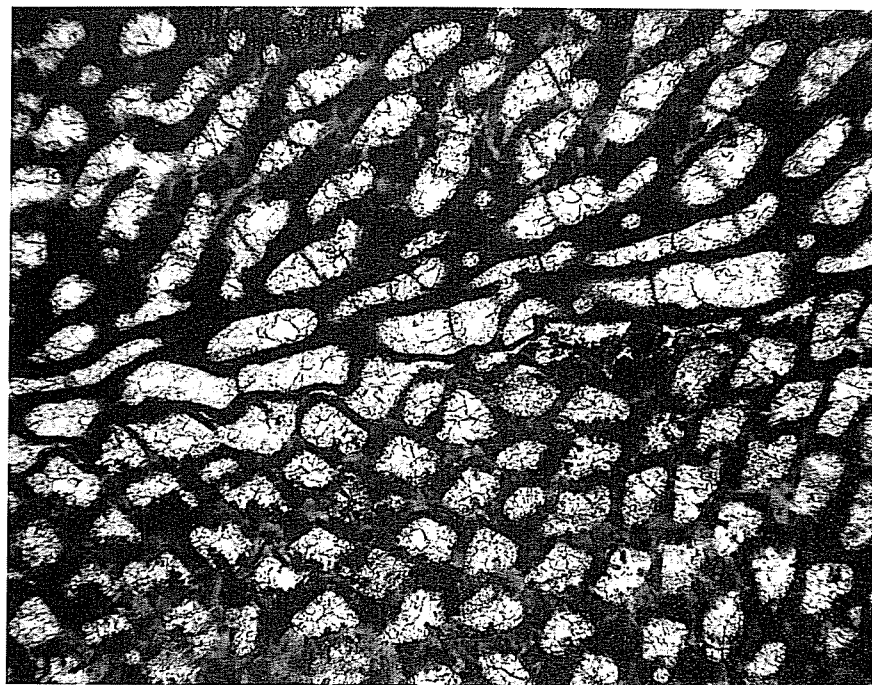


Figura 2. Detalle de una colonia de *Alveolites parvus* Lecompte, prodecente de la sección de Bidu (región de Kerman). En la parte inferior, se observa el contorno alveolitoide de las coralitas en sección transversal y el variable desarrollo del aparato septal. La parte superior muestra un evento de regeneración tras una necrosis parcial de la colonia. Se advierte la pared delgada y el gran número de poros de las partes iniciales de la colonia tras la regeneración x 10.

Los resultados de este análisis sugieren que todos los ejemplares pueden, independientemente de su procedencia, ser asignados a la misma especie. De todas las existentes, la forma que más se acerca a ellos es *Alveolites parvus* Lecompte. Se trata de una especie del grupo de *Alveolites suborbicularis* pero que muestra un tamaño de coralitas menor que esta especie y aproximadamente coincidente con las dimensiones de los ejemplares iraníes. El diámetro mayor de las coralitas en los ejemplares estudiados se sitúa entre 0,5 y 0,9 mm, con un valor medio bastante constante en torno a 0,6 mm; mientras que la altura de las coralitas se sitúa entre 0,2 y 0,5 mm, con un valor medio de 0,35 mm. La relación entre ambas dimensiones varía entre 1,1 y 2,8, mostrando las coralitas, en la mayoría de los casos, un contorno típicamente alveolitoide (Fig. 2).



Figura 3. Detalle de una colonia de *Alveolites parvus* Lecompte, prodecente de la sección de Bidu (región de Kerman). Sección longitudinal mostrando el gran número de poros y la disposición de las tábulas x 10.

Las colonias de Irán muestran, al igual que todas las formas próximas a *Alveolites suborbicularis*, una gran variabilidad en el diseño del aparato septal (Fig. 2), que puede estar (total o parcialmente) ausente, desarrollarse en forma de espinas numerosas o bien de elementos espinosos grandes pero escasos ("hauptdornen"). Las dimensiones de los poros (en torno a 0,15 mm) y de la pared (entre 0,08 y 0,025 mm) (Fig. 3) coinciden así mismo con las descritas para *Alveolites parvus* Lecompte.

La distancia entre tábulas (Fig. 3) y la morfología de las colonias parecen ser rasgos fuertemente controlados por las variables ambientales y muestran importantes diferencias incluso entre los ejemplares procedentes de las distintas secciones iraníes. Especialmente interesante resulta el contraste morfológico entre las colonias recolectadas en las secciones de Bidu, con formas tabulares a domales por superposición y espesamiento de elementos laminares, y los ejemplares procedentes de Chahriseh, en los que predominan las láminas delgadas. Este fenómeno está relacionado con la frecuencia de necrosis por caída de sedimentos advertida en los especímenes estudiados y puede, por tanto, explicarse por variaciones en la tasa y/o ritmo de sedimentación de los diferentes ambientes de depósito.

Consideraciones paleobiogeográficas

El material original de *Alveolites parvus* Lecompte, procede del Frasnense del borde sur de la cuenca de Dinant (Bélgica). Además, ha sido citado en el Frasnense de la Plataforma Central Rusa y en el Givetense de Polonia. En la zona cantábrica (España), *Alveolites parvus* Lecompte es el organismo constructor más conspicuo en la mayoría de los biostromos del Givetense y Frasnense basal, en los que su importante variabilidad fenotípica y su alta capacidad de regeneración le permiten ocupar ambientes con sustratos blandos y aguas relativamente turbias.

Es posible, además, que se trate de una especie más repartida de lo que la bibliografía parece indicar y cuya presencia se encuentre camuflada entre las múltiples citas existentes de *Alveolites suborbicularis*, a la que la especie belga se aproxima considerablemente.

Los estromatopóridos del Frasnense son cosmopolitas a nivel genérico y muchos de ellos han sido citados en ambientes arrecifales de Europa, Norteamérica, Asia y Australia. En este contexto se encuentran los estromatopóridos hallados en Irán y estudiados recientemente.

Este cosmopolitismo es compartido por muchos géneros de corales tabulados, principalmente por *Alveolites* que es un taxón habitual en las facies bioconstruidas del Givetense y Frasnense en el norte de Gondwana.

Agradecimientos

E. F.-M. quisiera agradecer a D. Brice, J. P. Nicollin y el resto del equipo del Laboratorio de Paleontología estratigráfica de la Universidad Católica de Lille, su ayuda y cariñosa acogida durante su estancia en dicho centro para estudiar las faunas aquí descritas. Este trabajo es una contribución a los proyectos PICG 421 y PB98-1563.

Bibliografía

- Brice, D., Mistiaen, B. and Rohart, J. Cl. 1999. New data on the distribution of brachiopods, rugose corals and stromatoporoids in Upper Devonian of central and eastern Iran. Paleobiogeographical implications. *Annales Société géologique du Nord*, 7 (2^{ème} sér., 1), 21-32.
- Dastampour, M. 1996. Late Devonian reef in north Kerman province. *Journal of Science*. University of Tehran. 22 (1), 1-11.
- Gholamalian, H. 1997. *Biostratigraphy of the Late Devonian succession based on conodonts and microvertebrates in the Chahriseh area, NE Isfahan, Central Iran*. (Tesis doctoral inédita).
- Gholamalian, H. 1998. Biostratigraphy of the Late Devonian sediments based on conodont species in the Chahriseh area, north-east of Esfahan. In: UNESCO-IGCP Project 421, *North Gondwanan mid-Palaeozoic bioevent/biogeography pattern in relation to crustal dynamics*. Esfahan meeting, 5-20 December 1998. (Coord.: R. Mawson, J. Talent y G. Wilson).
- Golshani, F., Janvier, Ph., Brice, D., Corsin, P. et Lapparent, A. de, 1972. Découverte d'une faune de Poissons et de restes de Végétaux dans le Dévonien supérieur de Bidu, en Iran central. *Comptes-rendus Académie des Sciences*, 275, 2103-2106.
- Lecompte, M. 1939. Les Tabulés du Dévonien moyen et supérieur du bord sud du Bassin de Dinant. *Mémoire du Musée Royal d'Histoire Naturelle de Belgique*, 90, 1-229.
- Mistiaen, B. 1999. On some Devonian (Frasnian) stromatoporoids from Kerman Province, eastern Iran. *Annales Société géologique du Nord*, 7 (2^{ème} sér., 1), 33-44.

- Mistiaen, B. and Gholamalian, H. 2000. Stromatoporoids and some Tabulate Corals from Chahrisheh area (Esfahan Province, Central Iran). *Annales de la Société géologique du Nord*, 8 (2^{ème} sér.), 81-91.
- Mistiaen, B., Gholamalian, H., Gourvennec, R., Plusquellec, Y., Bigey, F., Brice, D., Feist, M., Feist, R., Ghobadi Pour, M., Kebria-Ee, M., Milhau, B., Nicollin, J. P., Rohart, J. Cl., Vachard, D. and Yazdi, M. 2000. Preliminary data on the Upper Devonian (Frasnian, Famennian) and Permian fauna and flora from the Chahrisheh area (Esfahan Province, Central Iran). *Annales de la Société géologique du Nord*, 8 (2^{ème} sér.), 93-102.
- Sharkovski, M., Susov, M. and Krivyakin, B. 1984. Geology of the Anarak Area (Central Iran). Explanatory Text of the Anakak Quadrangle Map. 1:250000. *Geological Survey of Iran* 19, 1-143.
- Wendt, J., Hayer, J. and Bavandpur, A. K. 1997. Stratigraphy and depositional environment of Devonian sediments in northeast and east-central Iran. *Neues Jahrbuch Geologie Paläontologie Abhandlungen* 206 (3), 277-322.

El género *Cyphoterorhynchus* (Brachiopoda, Frasnienne), en la Zona Centroibérica meridional (España)

M. V. PARDO¹

Abstract *Cyphoterorhynchus marianus* and *C. domenechae*, two Frasnian rhynchonellids from Almadén, have been found in the type section of the Abulagar Formation (?latest Givetian-early Frasnian); their occurrences are separated by rocks containing a new species of the same genus, *Cyphoterorhynchus* n. sp. A. This Spanish record represents the westernmost occurrence of the genus along the nord-Gondwanic margin during the Frasnian.

Key words: Rhynchonellid brachiopods, Biostratigraphy, Paleobiogeography, Frasnian, southern Central-Iberian Zone, Spain.

Palabras clave: Braquiópodos rinconélidos, bioestratigrafía, paleobiogeografía, Frasnienne, Zona Centroibérica meridional, España.

Introducción

En el Devónico de la región de Almadén (Zona Centroibérica meridional, Fig. 1), Verneuil y Barrande (1855) describieron una especie nueva de braquiópodo rinconélido que denominaron *Terebratula mariana*, y

¹ Departamento de Geología, Universitat de València, C/ Dr. Moliner, 50, E-46100 Burjassot (Valencia). Miguel.V.Pardo@uv.es.

que Pardo y García-Alcalde (1984) incluyeron en el género *Cyphoterorhynchus* Sartenaer, 1964, atribuyéndole una edad equivalente a un Frasnense bajo. En este mismo trabajo, los autores describieron una nueva especie, *C. domenechae*, y definieron, entre otras, la Teilzona de *Cyphoterorhynchus*, caracterizada por la presencia de estos representantes del género.

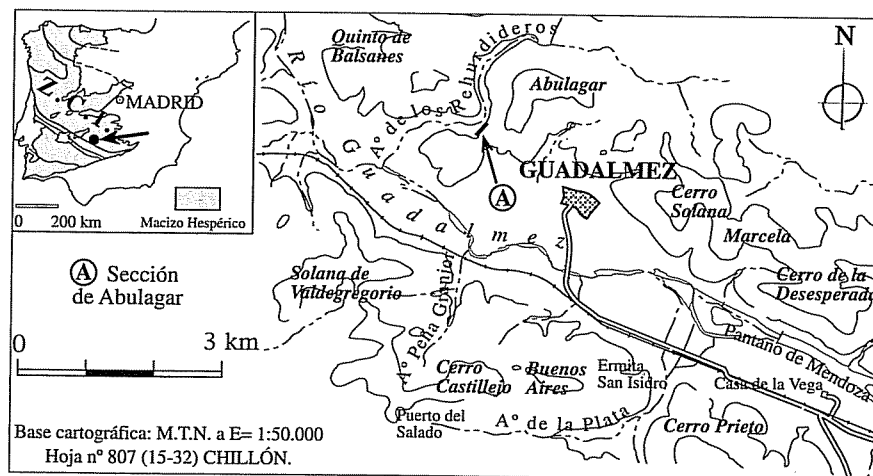


Figura 1. Izquierda: Localización del área de Guadalmez en la Zona Centroibérica meridional. Derecha: Situación del corte-tipo de la formación Abulagar en el área de Guadalmez.

Ambas especies fueron halladas en la parte media y alta de la Unidad 1, actualmente Formación Abulagar, y sólo se sabía que *C. domenechae* se situaba por debajo de *C. marianus*, desconociéndose las relaciones filogenéticas entre ambas especies.

El género *Cyphoterorhynchus* en la sección-tipo de la Fm. Abulagar

La Fm. Abulagar resulta de especial referencia en el Devónico de la región, porque representa el reinicio de la sedimentación tras la laguna estratigráfica que afectó a la práctica totalidad del Devónico Medio en la región (Pardo Alonso y García-Alcalde, 1996; Pardo Alonso, 1997). El estudio detallado de su sección-tipo, situada a unos 1,5 km al NO de la

población de Guadalmez (Fig. 1), ha permitido conocer con más detalle la distribución vertical de las dos especies de *Cyphoterorhynchus* antes citadas, así como el descubrimiento de una nueva forma, que puede considerarse intermedia.

La Fm. Abulagar, una unidad donde predominan las cuarcitas y areniscas ferruginosas, generalmente lumaquéticas en su mitad superior, tiene en este corte unos 22 m de espesor. Hacia la mitad, se han localizado ejemplares de *C. domenechae* junto a escasos restos de una forma nueva del mismo género, que llamamos provisionalmente *Cyphoterorhynchus* n. sp. A; ésta aparece de nuevo bien representada en los dos estratos siguientes, y luego es substituida rápidamente por *C. marianus*, la forma más frecuente de los niveles del tercio superior de la unidad.

Cyphoterorhynchus n. sp. A es una forma que probablemente se haya confundido con *C. marianus* en el pasado, debido a que las formas juveniles de *C. marianus* son muy parecidas a ella. Ésta además presenta la serie de rasgos distintivos ya apuntados por Pardo y García-Alcalde (1984) que diferencian comúnmente a las formas centroibéricas atribuidas a *Cyphoterorhynchus*, de las asiáticas.

Distribución paleogeográfica del género y posición de las formas centroibéricas

En la Península Ibérica, se han identificado representantes del género *Cyphoterorhynchus* a lo largo de todo el margen meridional centroibérico; fuera de él, solamente ha sido citado muy puntualmente en el Dominio Obejo-Valsequillo-Puebla de la Reina (OVPR, situado inmediatamente al sur de la Z. Centroibérica).

La Fig. 2 representa la posición aproximada de los continentes durante el Frasnense con los puntos donde se citaron especies del género *Cyphoterorhynchus*. De oeste a este: Zona Centroibérica meridional y Dominio OVPR (autores antes citados y este trabajo); Libia (Mergl y Massa, 1992); Armenia: (Sartenaer, 1964); Irán (Sartenaer, 1966, Brice et al., 1973); Afganistán (Brice, 1970); Pakistán (Reed, 1922; Sartenaer, 1964); Australia occidental, en la región de Carnarvon (Veevers, 1959). Como puede verse en la figura, estas especies se reparten por el margen septentrional de Gondwana y los representantes centroibéricos constituyen el conjunto más occidental.

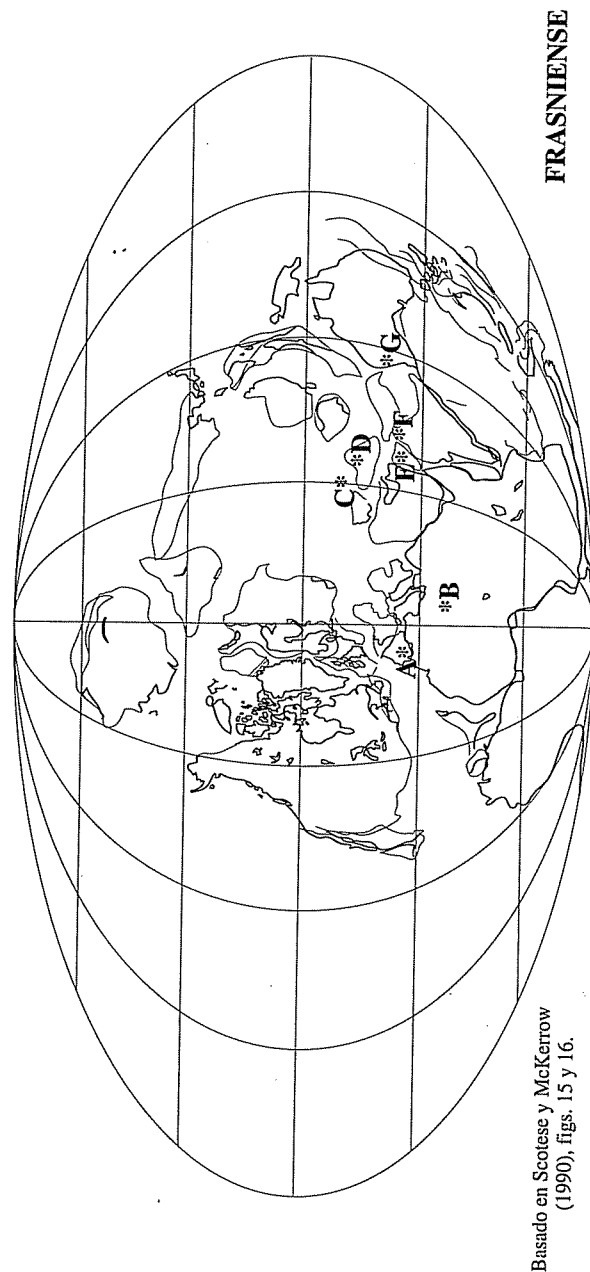


Figura 2. Distribución paleobiogeográfica de las especies atribuidas al género *Cyphoterorhynchus* durante el Frasnense. A: España (Zona Centroibérica meridional y Dominio Ovejo-Valsequillo-Puebla de la Reina). B: Libia. C: Armenia (posición hipotética, debido a la escasez de datos). D: Irán. E: Afganistán. F: Pakistán. G: Australia occidental.

El género Cyphoterorhynchus (Brachiopoda, Frasnense) en la zona centroibérica meridional (España)

Llama la atención que en otros frasnenses de Europa sur-occidental, con faunas en parte similares (especialmente los braquiópodos) y relativamente cercanos a la Zona Centroibérica meridional, no se hallan encontrado representantes del género *Cyphoterorhynchus*. Es el caso de la parte central del Dominio OVPDR, Cordillera Cantábrica (España), y Boulonnais (Francia). Esto parece indicar que esta franja meridional centroibérica, y posiblemente la parte occidental del Dominio OVPDR, tuvieran alguna especial conexión con las regiones nordgondwánicas más orientales, desde Libia hasta Australia occidental, que permitiría la dispersión de las formas de este género; esto no ocurriría con las otras zonas mencionadas, en las cuales no se han encontrado.

Agradecimientos

Este trabajo es una contribución al proyecto de la DGICYT, PB 98-1542 «Geoquímica y Geofísica aplicadas a la investigación paleogeográfica, cronoestratigráfica y de bioeventos del Devónico del Macizo Ibérico (España)», y también al proyecto IGCP n.º 421 *North Gondwana Mid-Palaeozoic Bioevent/Biogeography patterns in relation to crustal dynamics*.

Bibliografía

- Brice, D. 1970. Étude paléontologique et stratigraphique du Dévonien de l'Afghanistan. Contribution a la connaissance des brachiopodes et des polyptères rugueux. *Notes et Mémoires sur le Moyen-Orient*, 11, 1-364.
- Brice, D., Lafuste, J., Lapparent, A. F. de, Pillet, J. et Yassini, I. 1973. Étude de deux gisements paléozoïques (Silurien et Dévonien) de l'Elbourz oriental (Iran). *Annales de la Société Géologique du Nord*, 93, 177-218.
- Mergl, M. and Massa, D. 1992. Devonian and lower Carboniferous brachiopods and bivalves from western Libya. *Biostratigraphie du Paléozoïque*, 12, 1-115.
- Pardo Alonso, M. V. 1997. *El Devónico meridional de la Zona Centroibérica*. Tesis Doctoral, Universidad de Oviedo, 472 pp. (inédito).
- Pardo, M. V. y García-Alcalde, J. L. 1984. Biostratigrafía del Devónico de la región de Almadén (Ciudad Real, España). *Trabajos de Geología, Universidad Oviedo*, 14, 79-120.
- Pardo Alonso, M. V. y García-Alcalde, J. L. 1996. El Devónico de la Zona Centroibérica. *Revista Española de Paleontología*, n.º extraordinario, 72-81.

- Reed, F. R. C. 1922. Devonian fossils from Chitral and the Pamirs. *Palaeontologia Indica, Memoirs of the Geological Survey of India*, new series, 6 (2), 1-134, Calcutta.
- Sartenaer, P. 1964. Rhynchonelloidea de Shogran et Kuragh (Chitral). *Italian expeditions Karakorum and Hindu Kush*, 4, 51-62.
- Sartenaer, P. 1966. Frasnian rhynchonellida from the Ozbak-Kuh and Tabas regions (East Iran). *Geological Survey of Iran*, Report 6, 25-53.
- Scotese, C. R. and McKerrow, W. S. 1990. Revised world maps and introduction. En: *Palaeozoic Palaeogeography and Biogeography*, McKERROW, W.S. and SCOTese, C.R. (eds.), *Geological Society Memoir* 12, 1-21.
- Veevers, J. J. 1959. Devonian and Carboniferous brachiopods from north-western Australia. Australian Bureau of Mineral Resources, *Geology & Geophysics Bulletin*, 55, 1-43.
- Verneuil, E. de et Barrande, J. 1855. Description des fossiles trouvés dans les terrains silurien et dévonien d'Almaden, d'une partie de la Sierra Morena et des Montagnes de Tolède. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 2 Sér., 12, 964-1025, [25-86].

Polygnátidos primitivos en los Pirineos; un argumento más en contra del actual límite Praguense/Emsiense (Devónico Inferior) en Zinzilban (Uzbekistán)

J. I. VALENZUELA-RÍOS¹

Abstract Two sections in the Pyrenees have yielded a conodont sequence that highly contrast with that considered as a global standard. In this sense, the clear overlap of *P. pireneae* and *P. excavatus* questions Zinzilban zonation. On the other hand, the Pyrenean conodont sequence shows a great discrepancy between the redefined SDS Pragian/Emsian boundary and the traditional one. This study shows the great chop caused to the Pragian Stage by the new redefined boundary.

Key words: Early polygnathids, Pragian, Emsian, Lower Devonian, Pyrenees.

Palabras clave: Polygnátidos primitivos, Praguense, Emsiense, Devónico Inferior; Pirineos.

Introducción

La Subcomisión Internacional de Estratigrafía del Devónico (SDS) en su reunión de Praga (1986) referente a la futura decisión del límite

¹ Departamento de Geología, Universitat de València; c/ Dr. Moliner, 50; 46100 Burjassot. Jose.I.Valenzuela@uv.es.

Praguiense/Emsiense (P/E) recomendó estudiar el intervalo de solapamiento entre los conodontos *Polygnathus pireneae* Boersma y *P. dehiscentis* Philip y Jackson. Yolkin *et al.* (1989) presentaron un trabajo describiendo el solapamiento de ambos taxones, que se consideraban filogenéticamente relacionados. En 1989 en su reunión anual, coincidiendo con el Congreso Geológico Internacional celebrado en Washington, la SDS decidió establecer la sección de Zinzilban como el GSSP (Global Stratotype and Section Point) del P/E. En un estudio posterior (Yolkin *et al.*, 1994) se dieron cuenta que los ejemplares anteriormente incluidos en *P. dehiscentis* Philip y Jackson no pertenecían a este taxón y crearon uno nuevo para las morfologías anteriormente incluidas en *P. dehiscentis* Philip y Jackson; el nombre de este nuevo taxón es *P. kitabicus* Yolkin *et al.* Muchos autores todavía creen erróneamente que este cambio afecta solo a aspectos nomenclatoriales, pero no es así, porque ambas formas son claramente diferentes y sus distribuciones estratigráficas también lo son.

En este trabajo no se van a comentar discusiones en las prácticas taxonómicas de los diferentes autores, pero si conviene resaltar que *P. kitabicus* Yolkin *et al.*, y *P. dehiscentis* Philip y Jackson, son dos taxones claramente diferentes y que no se pueden utilizar indistintamente para reconocer la base del Emsiense; por lo tanto este uso debe de abandonarse.

En el trabajo mencionado de Yolkin *et al.* (1994) y mediante una revisión taxonómica y las posteriores interpretaciones filogenéticas, estos autores proponen una nueva zonación para el Emsiense inferior que también incluye el límite P/E. Esta zonación incluye en orden ascendente las siguientes zonas: *pireneae* (sólo su parte más alta es documentada en Zinzilban), *kitabicus* y *excavatus* con tres subzonas (Early, Middle y Late). Hasta ahora esta sucesión de registros ha sido solamente documentada allí; sin embargo, se ha propuesto y utilizado como escala global estándar.

El propósito de este trabajo es presentar hallazgos del Pirineo procedentes de dos secciones donde se hallan estos tres taxones y comparar esta secuencia con la de Zinzilban.

Material y métodos

Los ejemplares estudiados aquí proceden de dos secciones en las cabeceras de los ríos Isábena (Isábena 1) y Baliera (Baliera 6) Pirineos

centrales aragoneses; la localización y descripción detallada de las mismas se encuentra en Valenzuela-Ríos (1994). Estas secciones se han realizado en el Miembro Llavierno de la Fm. Basibé que está constituido en el área estudiada por calizas tableadas negro azuladas algo dolomitizadas, con una potencia de bancos muy regular. Se muestreó capa a capa con un promedio de 3-5 kg por muestra.

En la identificación de los polygnátidos pirenaicos he seguido los criterios utilizados por Yolkin *et al.* (1994) para clasificar sus hallazgos del Zinzilban; de este modo los resultados de ambas regiones pueden compararse directamente.

Resultados

En este apartado sólo se van a presentar los hallazgos bioestratigráficos más importantes en las dos secciones consideradas Isábena 1 y Baliera 6 (Figs. 1 y 2).

Interpretación

SECCIÓN ISÁBENA 1:

La sucesión de capas 5-7A y los caracteres morfológicos de los ejemplares de *I. curvicauda* de la capa 7A indican que estos niveles se correlacionarían con niveles de la parte alta del miembro d3b o parte baja del miembro d3c, de la Fm. Santa Cruz en el Sur de Aragón. La asociación de la capa 10C se encontraría ya en el Emsiense *sensu* SDS y por debajo del comienzo del Emsiense según Carls (1987), quién sitúa la base del Emsiense tradicional aproximadamente 1 m por encima de la base de la unidad d4aa de la Fm. Mariposas (una discusión reciente de las discrepancias sobre este límite se encuentra en Carls y Valenzuela-Ríos, 2000). En el sur de Aragón los primeros *I. sigmoidalis* aparecen en la base de la Fm. Mariposas, donde *I. sigmoidalis* está ya plenamente evolucionado, por lo que el hallazgo pirenaico en la capa 14 podría ser anterior al comienzo de la Fm. Mariposas, y por lo tanto esta capa se situaría muy cerca del límite, pero todavía dentro del Praguiense tardío en el sentido clásico. Los taxones de la capa 16C se hallan ya en el Emsiense

Inferior. El límite P/E, según la información proporcionada por los conodontos, se situaría entre las capas 14 y 16C. El mismo límite según el GSSP se situaría en la capa 10. Así pues se observa un decalaje importante entre los conceptos del límite P/E, mediante el estudio de la fauna de conodontos en los Pirineos.

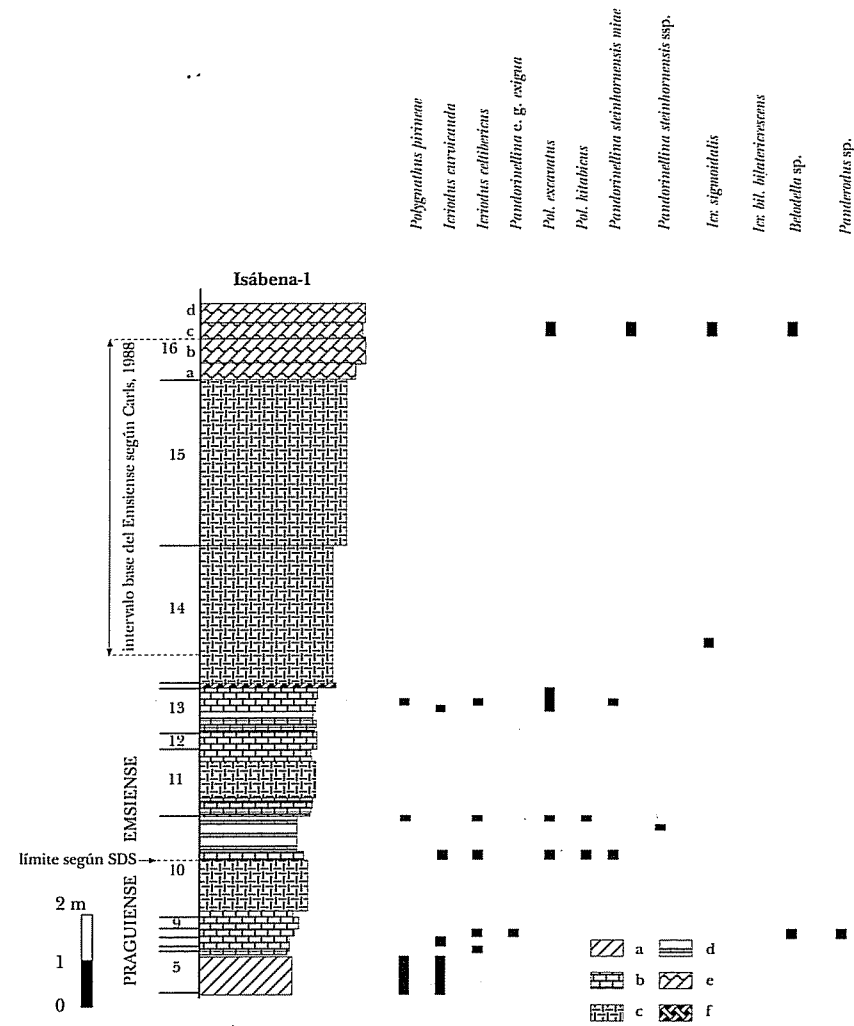


Figura 1. Sección estratigráfica Isábena-1 con distribución de los taxones identificados; a) dolomías; b) calizas; c) caliza masiva; d) caliza finamente tableada; e) caliza dolomítica; f) brecha de falla.

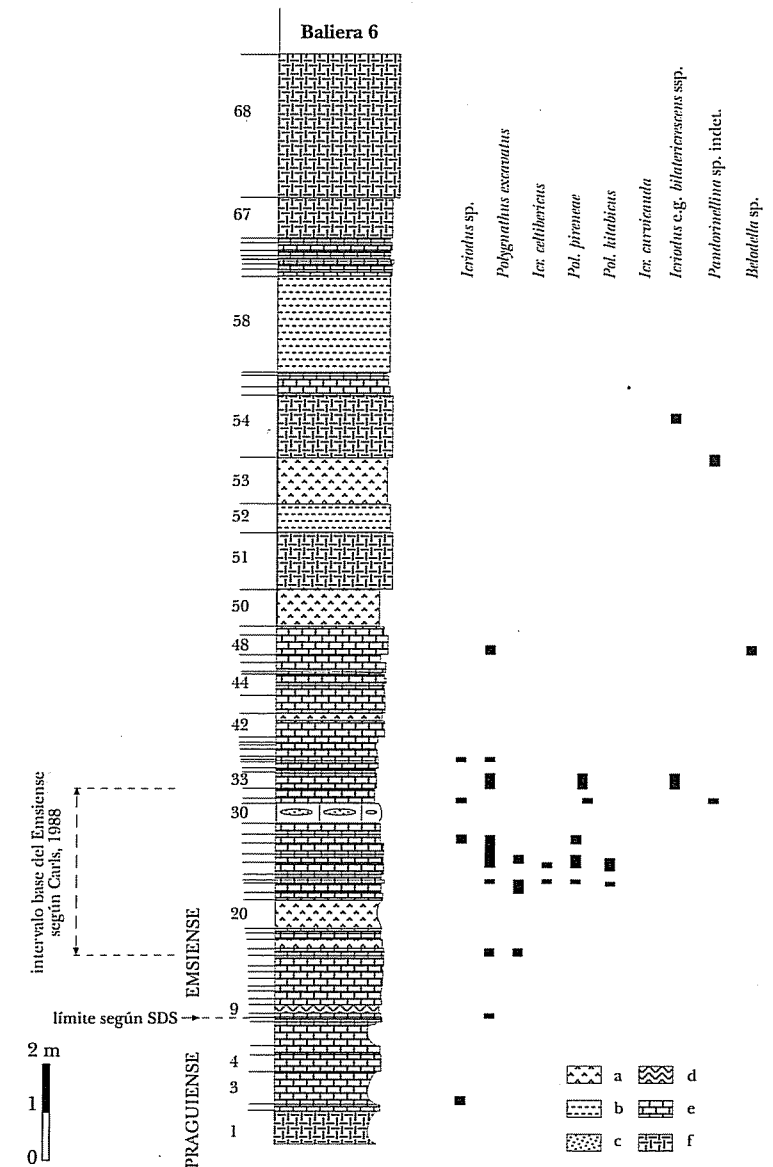


Figura 2. Sección estratigráfica Baliera 6 con distribución de los taxones identificados. a) margocalizas y margas; b) areniscas calcáreas; c) lentejones de areniscas; d) calizas margosas; e) calizas; f) calizas masivas.

SECCIÓN BALIERA 6:

El hallazgo de *P. excavatus* en la capa 8 indicaría que esta pertenece ya al Emsiense *sensu* SDS. La riqueza de polygnátidos de las capas 22-27 permitirá comprender mejor la filogenia de este grupo cerca del límite P/E. La presencia de *I. bilatericrescens* en la capa 33 informa ya de una edad Emsiense en el sentido de Carls (1987) y se correspondería con la unidad d4ab o d4ag en Aragón. Esta capa contiene una fauna similar a la de la capa 16C de Isábena 1, y su posición tanto en la secuencia estratigráfica, como en la faunística apoyarían este intento de correlación.

Conclusiones

En las secciones pirenaicas es de destacar que la distribución estratigráfica de *P. pireneae* Boersma se solapa con la de *P. excavatus* Carls y Gandl, este hecho no ha sido documentado en el área del estratotipo de Zinzilban, donde estos taxones están separados por 90 m de serie. Esto no se puede deber solamente a una diferencia en potencias, sino que posiblemente se deba a que el registro en conodontos, para este tramo, es más completo y continuo en los Pirineos. Por consiguiente, los Pirineos serán un área clave en las futuras deliberaciones de la base del Emsiense y en la subdivisión del Emsiense mediante conodontos.

La concurrencia de estos dos taxones y de *P. kitabicus* en numerosas capas contrasta fuertemente con los hallazgos de Zinzilban y cuestiona el uso general de esta zonación como estándar hasta que no se disponga de más material en otras partes del mundo.

Los datos de los Pirineos no sólo tienen relevancia en el contexto de evaluación del límite P/E, sino que también son útiles para correlaciones detalladas entre los Pirineos y la Cordillera Ibérica; esto es muy importante al tratarse de dos regiones con desarrollos de facies diferentes, y por lo tanto, facilitará las reconstrucciones paleogeográficas de la Península Ibérica durante el Devónico Inferior. Además permitirá un control mutuo referente al P/E entre ambas regiones.

La sucesión de conodontos comprende el límite P/E tanto en el sentido oficial (SDS) como en el tradicional; por lo tanto se puede evaluar mediante conodontos en dos cortes el decalaje importante entre ambas opiniones. Este hecho también permite una correlación intrapirenaica y

suprarregional, y facilitará, en el futuro, contrastar las hipótesis referentes a las reconstrucciones paleogeográficas del suroeste europeo.

Las secciones de los Pirineos aragoneses contienen la distribución más completa conocida de los taxones de *Polygnathus* que son relevantes para correlaciones internacionales en las proximidades del límite P/E.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Proyecto DGCYT PB 98-1558, La Fundación Alexander von Humboldt y el Instituto de Estudios Altoaragoneses y constituye una contribución al PICG 421. Se agradecen los comentarios de Susana García-López (Oviedo) y Javier Sanz-López (La Coruña).

Bibliografía

- Carls, P. 1987. Ein Vorschlag zur biostratigraphischen Redefinition der Grenze Gedinium/Siegenium und benachbarter Unter-Stufen. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **92**, 77-121.
- Carls, P. y Valenzuela-Ríos, J. I. 2000. Las mutilaciones legales del límite Praguense/Emsiense (Devónico Inferior) y su elucidación en las Cadenas Ibéricas. In: *I Congreso Ibérico de Paleontología* (Eds. J.B. Díez y A. C. Balbino). Universidad de Évora, 203-204.
- Valenzuela-Ríos, J. I. 1994. Conodontos del Lochkoviense y Praguense (Devónico Inferior) del Pirineo Central español. *Memorias del Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza*, **5**, 178 pp.
- Yolkin, E. A., Apekina, L. S., Erina, M. V., Izokh, N. G., Kim, A. I., Talent, J. A., Walliser, O. H., Weddige, K., Werner, R. and Ziegler, W. 1989. Polygnathid lineages across the Pragian-Emsian Boundary, Zinzilban Gorge, Zerafshan, USSR. *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **110**, 237-246.
- Yolkin, E. A., Weddige, K., Izokh, N. G and Erina, M. V. 1994. New Emsian conodont zonation (Lower Devonian). *Courier Forschungsinstitut Senckenberg*, **168**, 139-157.

SESIÓN SOBRE PATRIMONIO PALEONTOLÓGICO

Los yacimientos de mamíferos miocenos de Concud: un ejemplo de uso y gestión integral

L. ALCALÁ¹, M^a D. PESQUERO¹ y B. SÁNCHEZ-CHILLÓN¹

Abstract Turolian mammal sites of Concud (Teruel) are typical of the European continental Neogene. One of them, the Barranco de las Calaveras, is known in the literature since the 18th century; the other, the Cerro de la Garita, is the type locality of two genus and four mammal species. Since 1997 a comprehensive project including research, conservation and social spreading of the results has been developed.

Palabras clave: Mamíferos neógenos, gestión de patrimonio paleontológico, Concud, Teruel.

Key words: Neogene mammals, paleontological heritage management, Concud, Teruel.

Introducción

Al norte de Concud (Teruel) se encuentra un afloramiento mioceno, discordante sobre el Jurásico, que contiene varias concentraciones de mamíferos correspondientes al Turoliense medio (Mioceno superior continental). Los más conocidos son el Barranco de las Calaveras, citado desde el siglo XVIII, y el Cerro de la Garita, bien documentado des-

¹ Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). C/ José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid. Fax: 91 564 50 78; alcala@mncn.csic.es.

de 1924. Este último lugar ha proporcionado la mayor parte de las colecciones modernas de macromamíferos neógenos de la Fosa de Teruel. Es la localidad tipo de dos géneros de artiodáctilos, así como de cuatro especies de macromamíferos: *Canis cipio* Crusafont, *Hispanodorcus torrubiae* Thomas, Morales y Heintz, *Turiacemas concudensis* (Hernández-Pacheco) e *Hipparion concudense* Pirlot.

Estos yacimientos clásicos se contaban hasta hace poco entre los más excavados, debido a su popularidad y a la abundancia y especificidad de los hallazgos, destacando los restos de *Hipparion* Christol, presentes en casi todas las colecciones básicas de fósiles españoles. En el año 1997 se acometió la recuperación de estos yacimientos, actualmente en curso, mediante actuaciones en tres vertientes: investigación, conservación y difusión (Fig. 1).

El plan integral de uso y gestión

INVESTIGACIÓN. El conocimiento de la vida en el pasado y de los factores que nos permiten reconstruirla es el objetivo fundamental de cualquier actividad paleontológica. El desarrollo de campañas de investigación de macromamíferos, siguiendo una metodología de excavación con captación de datos que permitieran realizar un estudio tafonómico, ha llevado a la obtención de 3.285 restos de vertebrados procedentes de Cerro de la Garita, que servirán de base para un estudio tafonómico que se desarrollará en el marco del proyecto BTE2000-1309 (DGI, MCYT). Hasta el momento, se han publicado resultados fundamentales en los datos de campo sobre orientación de los huesos y sobre el modelo de reconstrucción tridimensional de los huesos en el yacimiento. Asimismo, se han muestreado siete niveles del Cerro para evaluar su contenido en micromamíferos, además del nivel clásico con macromamíferos.

CONSERVACIÓN. El progresivo deterioro de los yacimientos llevó a proponer su inclusión en la lista *Endangered Fossil Sites List* (International Paleontological Association), en la que están registrados como IPA Site EU1-P y EU2-P desde 1996. Adicionalmente, con financiación del Gobierno de Aragón (Dirección General de Cultura y Patrimonio), se llevó a cabo durante 1997 un informe detallado acerca de los motivos por los que los yacimientos de Concud reúnen los requisitos necesarios para la incoación de un expediente de declaración de Bien de Interés Cultural, así como la señalización de ambos yacimientos; todas estas ac-

tuaciones han servido para erradicar las continuas excavaciones no autorizadas que padecían.

DIFUSIÓN. Durante las campañas de 1997 y 1998 se celebraron días de puertas abiertas, convocadas en los medios de comunicación locales, para dar a conocer el trabajo realizado a todos los interesados en visitar la excavación. Durante 1999, dicha actividad complementó una Semana Cultural celebrada en Concud, consistente en tres conferencias sobre paleontología de Concud y una visita al Museo Nacional de Ciencias

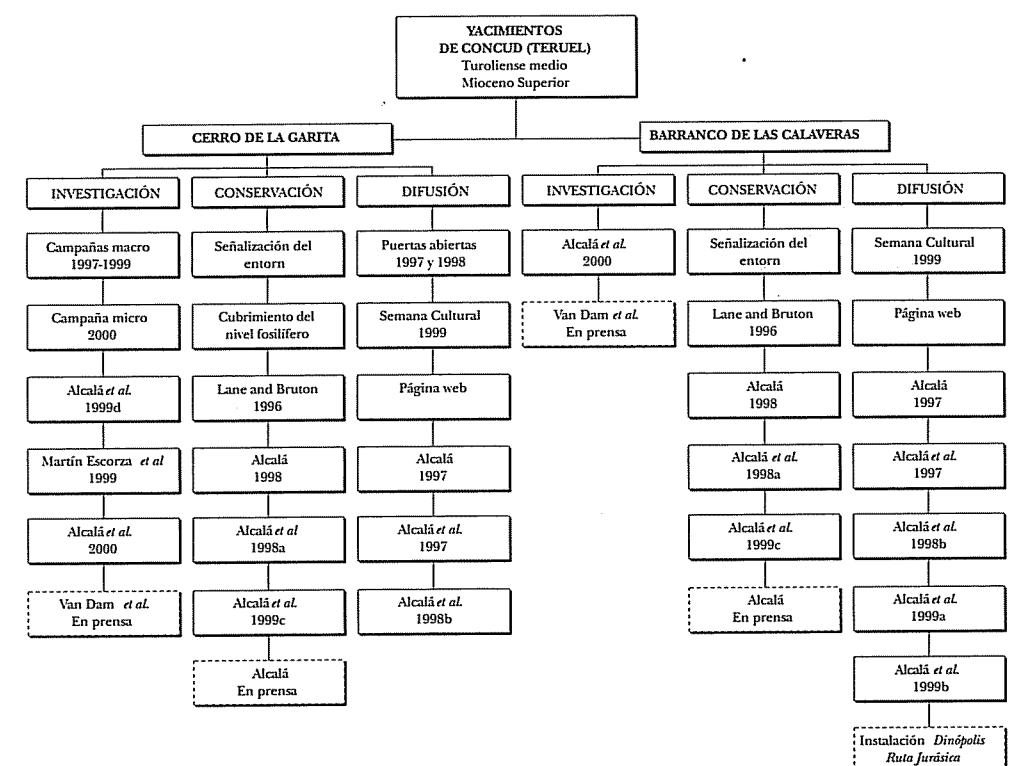


Figura 1. Esquema de actividades paleontológicas en los yacimientos de Concud.

Naturales. Asimismo, desde 1997 se instaló una página web con información básica sobre los yacimientos. A un nivel más especializado, los yacimientos de Concud se han difundido en los Cursos de Geología Práctica de Teruel, en una reunión nacional sobre el Terciario y en dos reuniones internacionales (una sobre paleontología de vertebrados de Europa y otra sobre conservación de patrimonio geológico). Además, existen planes para la creación de un centro de interpretación en el Barranco de las Calaveras en el marco del proyecto *Dinópolis: Ruta jurásica* promovido por el Instituto Aragonés de Fomento.

Conclusiones

El desarrollo de actividades de conservación en los dos yacimientos clásicos de Concud, las investigaciones realizadas hasta el momento en Cerro de la Garita y la difusión prevista en el yacimiento histórico de Barranco de las Calaveras constituyen una referencia de recuperación y de uso y gestión integral de unos yacimientos que estaban sometidos a un importante grado de deterioro.

Agradecimientos

Todas estas actuaciones han sido posibles gracias a las autorizaciones concedidas por la Dirección General de Cultura y Patrimonio/Patrimonio Cultural, Gobierno de Aragón (exp. 22/97, 133/98, 142/99 y 197/00) y a la financiación aportada por la Dirección General de Cultura y Patrimonio, Gobierno de Aragón (exp. 21/97), por dos convenios con la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel y por los proyectos de investigación DGICYT PB95-0114 y DGESIC PB98-0691-C03-01, así como por el Ayuntamiento de Teruel y la Asociación Cultural «San Martín» de Concud.

Bibliografía

Alcalá, L. 1997. Los fósiles de Concud, Noé y Quinto Minucio Termo. *Stadium. Revista de Humanidades*, 4, 9-21.

- Alcalá, L. 1998. Evaluación patrimonial de los yacimientos de vertebrados miocenos de Concud (Teruel). *Comunicaciones IV Reunión Nacional Comisión Patrimonio Geológico*, Sociedad Geológica de España, 29-32.
- Alcalá, L. (En prensa). Valoración patrimonial de los yacimientos de vertebrados de la Fosa de Teruel. *I Jornadas Patrimonio Provincia Teruel, Paleontología*. Instituto de Estudios Turolenses.
- Alcalá, L., Alonso Zarza, A. M., Anadón, P., Calvo, J. P., Ortí, F., Rosell, L. y VAN Dam, J. 1997. Neógeno de la Fosa de Teruel. En: *Itinerarios geológicos en el Terciario del centro y este de la Península Ibérica* (ed. L. Alcalá y A. M. Alonso Zarza). Museo Nacional de Ciencias Naturales y Universidad Complutense de Madrid, 7-38.
- Alcalá, L., Gómez, E. y Pesquero, M. D. 1998a. Documentación para el expediente de declaración de Bien de Interés Cultural, con la categoría de Sitio Histórico, a favor de los yacimientos de Barranco de las Calaveras y Cerro de la Garita (Concud, Teruel). *Diputación General de Aragón*, inédito, 1-40.
- Alcalá, L., Morales, J. y Pesquero, M. D. 1998b. Propuesta de una ruta cultural paleontológica (La Ruta del Turolense) como método de conservación y difusión del patrimonio de Teruel. En: *Actas del Congreso Europeo sobre Itinerarios Culturales y Rutas Temáticas*. (coord. J. Grande), Fundación Caja Rioja, 179-187.
- Alcalá, L., Alonso Zarza, A. M., Calvo, J. P. and Van Dam, J. 1999a. Teruel Miocene classic mammal sites. *IV European Workshop Vertebrate Paleontology*, Albaracín, Universidad de Zaragoza, 93-101.
- Alcalá, L., Alonso Zarza, A. M., Calvo, J. P. y Van Dam, J. 1999b. Neógeno de la Fosa de Teruel. In: *XXXII Curso de Geología Práctica* (ed. A. Meléndez). Universidad de Verano de Teruel, 95-116.
- Alcalá, L., Azanza, B., Sánchez, B. and Pesquero, M. D. 1999c. The mammal sites from the latest Miocene of Concud (Teruel). In: *The Geological and Paleontological Heritage of Central and Eastern Iberia (Iberian Range, Spain)* (ed. G. MELÉNDEZ and C. SORIA-LLOP). Publicaciones Seminario Paleontología Zaragoza, 4, 117-132.
- Alcalá, L., Martín Escorza, C. y Pesquero, M. D. 1999d. Implicaciones tafonómicas de la orientación de huesos de mamíferos en el Neógeno continental de Concud (Teruel). *Revista Sociedad Geológica España*, 12, 501-511.
- Alcalá, L., Alonso Zarza, A. M., Álvarez Sierra, M. A., Azanza, B., Calvo, J. P., Cañaveras, J. C., Van Dam, J. A., Garcés, M., Krijgsman, W., Van der Meulen, A. J., Morales, J., Peláez-Campomanes, P., Pérez González, A., Sánchez Moral, S., Sancho, R. y Sanz Rubio, E. 2000. El registro sedimentario y faunís-

tico de las cuencas de Calatayud-Daroca y Teruel. Evolución paleoambiental y paleoclimática durante el Neógeno. *Revista Sociedad Geológica España*, 13, 323-343.

Lane, H. R. and Bruton, D. L. 1998. Endangered fossil sites: Report N° 1. *Lethaia*, 31, 196.

Martín Escorza C., Alcalá, L. y Pesquero, M. D. 1999. Representación en 3D de un yacimiento paleontológico. Caso del Neógeno del Cerro de la Garita (Concud, Teruel). *Temas Geológico-Mineros, Instituto Tecnológico Geominero España*, 26, 462-465.

Van Dam, J. A., Alcalá, L., Alonso Zarza, A. M., Calvo, J. P., Garcés, M. and Krijgsman, W. (*en prensa*). The upper Miocene mammal record from the Teruel-Alfambra region (Spain): biostratigraphy and chronology. *Journal of vertebrate Paleontology*.

Fósiles de vertebrados terrestres del Cenozoico español en las colecciones del Museo Geominero (IGME, Madrid)

A. ARRIBAS¹, D. PESQUERO¹ E I. RÁBANO¹

Abstract The Cenozoic fossil vertebrate collection of the Geominero Museum of the Spanish Geological Survey is presented. The main importance of the collection lies in the fact that many samples were collected at the end of the XIXth century or the first half of the XXth century by the members of the Commission for the Geological Map of Spain, the preceding institution of the Survey. Among them there were some of the predecessors of the Spanish modern paleontologists, who discovered or gathered material in present days historical outcrops, many of them disappeared. The ages of the fossils of the collection range from Eocene to Pleistocene, and all the vertebrate classes are represented.

Key words: Vertebrates, Cenozoic, Palaeontological heritage, Geominero Museum.

Palabras clave: Vertebrados, Cenozoico, Patrimonio paleontológico, Museo Geominero.

¹ Museo Geominero, Instituto Geológico y Minero de España. Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid. a.arribas@igme.es; d.pesquero@igme.es; i.rabano@igme.es.

Introducción

El Museo Geominero cuenta entre sus colecciones con una amplia gama de fósiles de vertebrados terrestres procedentes de algunos de los más significativos yacimientos españoles, bien por su importancia histórica, por su escaso registro o por la calidad en la conservación de las estructuras esqueléticas. Los primeros ingresos de materiales están relacionados con algunos de los trabajos pioneros realizados durante la segunda mitad del siglo XIX sobre la geología de las provincias de Madrid, Teruel, Palencia, León, Segovia, Guadalajara y Valladolid (Cortázar, 1875, 1877, 1885; Ezquerro del Bayo, 1841, Vilanova y Piera, 1870) de los que fósiles de esta colección son de los pocos testimonios directos que se han conservado hasta nuestros días.

Las colecciones

El registro cronológico de las colecciones de vertebrados terrestres del Cenozoico español comienza con fósiles de placas del peto de pelomedúsidos del Eoceno de la Cuenca del Duero, procedentes de yacimientos como Corrales, canteras de Fuentesauco y Sanzoles (Zamora). Dentro de la colección destacan, sin embargo, por su estado de conservación, los ejemplares oligocenos. Entre ellos merece la pena resaltar la colección de suidos y de cocodrilos, magníficamente representados por cráneos procedentes del yacimiento de Tárrega (Lérida). Igualmente, en el Museo se conserva el holotipo del *Tryonix marini* Hernández Sampelayo y Bataller, 1944, quelonio procedente de Almatret (Lérida) y los icnofósiles de aves (rastros de pisadas), procedentes del yacimiento barcelonés de Suria.

La colección de vertebrados terrestres paleógenos del Museo Geominero consta actualmente de 111 registros, cuya distribución geográfica abarca las provincias de Barcelona, Cuenca, Lérida y Zamora (Tabla 1) y en los que se encuentran representados las clases Reptilia, Aves y Mammalia.

EOCENO
— Canteras de Fuentesauco (Zamora)
— Corrales (Zamora)
— Sanzoles (Zamora)
— Zamora
OLIGOCENO
— Almatret (Lérida)
— Barranco la Ventosilla (Zamora)
— Carrascosa del Campo (Cuenca)
— Los Regatones (Zamora)
— Molinó del Pico (Zamora)
— Suria (Barcelona)
— Tárrega (Lérida)

Tabla 1. Yacimientos con fósiles de vertebrados terrestres paleógenos representados en las colecciones del Museo Geominero.

Es en el Neógeno donde la colección comienza a mostrar su importancia real, pues gran parte de los materiales paleontológicos (781 registros; ver Tabla 2 para las localidades) fueron recogidos durante los trabajos de investigación geológica realizados a finales del siglo XIX y a lo largo de las tres primeras décadas del siglo XX, en el seno de la *Comisión del Mapa Geológico de España* y de su institución sucesora, el *Instituto Geológico y Minero de España*. Muchos de estos estudios fueron realizados por los precursores de la Paleontología española como C. de Prado, F. de Botella, E. Dupuy de Lôme, A. Almela, E. Carvajal y otros muchos (Crusafont y Villalta, 1951; Dupuy de Lôme y Fernández de Caleyá, 1918; Mallada, 1907; Prado, 1864). Tanto es así, que el valor de las colecciones que alberga el Museo Geominero se encuentra determinado por los siguientes factores, además del valor añadido por proceder de yacimientos considerados actualmente como clásicos:

MIOCENO
— Almazcara (Fuenlabrada, Madrid)
— Ateca-Tenor (Zaragoza)
— Barranco de Hocino Grande (Teruel)
— Barranco de Mártires (Alcalá de Henares, Madrid)
— Cantera de Levante (Almería)
— Carretera de Extremadura (Madrid)
— Cerro de San Isidro (Madrid)
— Cevico de la Torre (Palencia)
— Concud (Teruel)
— Córcoles (Guadalajara)
— El Arquillo (Teruel)
— Granollers (Barcelona)
— Hellín (Albacete)
— Hornachuelos (Córdoba)
— Hostalets de Pierola (Barcelona)
— Jumilla (Murcia)
— Libros (Teruel)
— Los Aljezares (Teruel)
— Los Mansuetos (Teruel)
— Los Valles de Fuentidueña (Segovia)
— Mas del Olmo (Valencia)
— Monte de las Abadesas (Burgos)
— Nombrevilla (Zaragoza)
— Piera (Barcelona)
— Puente de Toledo (Madrid)
— Puente de Vallecas (Madrid)
— Ribesalbes (Castellón)
— Rubielos de Mora (Teruel)
— San Quirce de Tarrasa (Barcelona)
— Santa María del Páramo (León)
— Seo de Urgell (Lérida)
— Urdiales (León)
— Valladolid
— Villadecavalls (Barcelona)
— Villaluenga (Toledo)
— Villaobispo (León)
PLIOCENO
— Alcoy (Alicante)
— Almenara (Castellón)
— Villarroya (La Rioja)

Tabla 2. Yacimientos con fósiles de vertebrados terrestres neógenos representados en las colecciones del Museo Geominero.

— Por conservar los primeros fósiles aparecidos en localidades clásicas, como los grandes mamíferos del Mioceno de Puente de Toledo y del Cerro de San Isidro (Madrid), de Los Valles de Fuentidueña (Segovia) (Almela, 1944) o del Plioceno de Villarroya (La Rioja) (Carvajal, 1926; Villalta, 1952; Arribas y Bernad, 1994).

— Por albergar colecciones de yacimientos desaparecidos, como es el caso de los restos de grandes mamíferos del Mioceno de Mas del Olmo (Valencia) (Dupuy de Lôme y Fernández de Caleyá, 1918), de los mastodontes de Villaobispo (León) y de Monte de las Abadesas (Burgos), del único fósil de *Hipparion* conocido en las diatomitas messinien-

PLEISTOCENO
— Abenójar (Ciudad Real)
— Barranco León 2-3 (Granada)
— Cueva Aitzbitarte (Guipúzcoa)
— Cueva de Aitzquirri (Guipúzcoa)
— Cueva de Armiño (Vizcaya)
— Cueva del Asno (Soria)
— Cueva de Bauzá (Mallorca)
— Cueva de la Bonita (Cantabria)
— Cueva de Campanet (Mallorca)
— Cueva Gorbea III (Asturias)
— Cueva de la Griega (Segovia)
— Cueva de Landarbazó (Guipúzcoa)
— Cueva de los Muñecos (Ciudad Real)
— Cueva de los Murciélagos (Segovia)
— Cueva de los Órganos (Málaga)
— Cueva de la Paloma (Asturias)
— Cueva de la Peña de Mudá (Palencia)
— Cueva de Puerta de la Villa (Segovia)
— Cueva del Reguerillo (Madrid)
— Cueva Victoria (Murcia)
— Pinarillo 1 (Segovia)
— Pinarillo 3 (Segovia)
— San Isidro (Madrid)
— Sima de los Artiodáctilos (Madrid)
— Sima de los Huesos (Ea, Vizcaya)
— Sima Troscaeta (Guipúzcoa)
— Venta Micena (Granada)
— Villacastín (Segovia)
HOLOCENO
— Covacho del Cuerno de Cabra (Guadalajara)
— Mina «La Profunda» (León)

Tabla 3. Yacimientos con fósiles de vertebrados terrestres cuaternarios representados en las colecciones del Museo Geominero.

ses de Hellín (Albacete) (Calvo *et al.*, 1978; Bellón *et al.*, 1981), o de huevos de aves miocenos de Cevico de la Torre (Palencia).

— Por ser el Museo Geominero una de las pocas instituciones que conserva ejemplares de yacimientos agotados o no estudiados tras decenios de abandono, como son los ejemplares de *Rana*, *Oligosemia* y *Epipolisemia* de Libros (Teruel) y los grandes mamíferos de los lignitos de Alcoy (Alicante) o de Piera (Barcelona).

Dentro del Cuaternario, en una colección que consta de 1247 especímenes y en la que se encuentran representadas tres clases de vertebrados (Amphibia, Reptilia y Aves), así como los diez órdenes mas representativos de la clase Mammalia (Quiroptera, Insectivora, Rodentia, Lagomorpha, Primates, Carnivora, Artiodactyla, Perissodactyla, Proboscidea y Cetacea), destacan numéricamente los materiales procedentes de yacimientos kársticos del Pleistoceno superior (23 yacimientos de referencia; ver Tabla 3). Entre ellos hay que señalar las colecciones de cubiles de hienas ubicadas en las estribaciones del Sistema Central (Cueva de la Puerta de la Villa, Cueva de la Griega, Villacastín, Pinarillo-1 y Cueva de los Torrejones) y el esqueleto del leopardo (*Panthera*) más completo de los conocidos en España (procedente del último de los yacimientos citados). Además de ello, la colección cuenta con una hemimandíbula de *Elephas* del Pleistoceno medio del histórico y ya desaparecido yacimiento madrileño de San Isidro, con un esqueleto completo de *Capra* de la madrileña Cueva del Reguerillo, así como con el esqueleto de *Myotragus balearicus* Bate, de la Cueva de Campanet (Mallorca).

Bibliografía

- Almela, A. 1944. Un nuevo yacimiento de vertebrados fósiles miocenos. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 13, 39-45.
- Arribas, A. y Bernad, J. 1994. Catálogo de mamíferos pliocenos del yacimiento de Villarroja (La Rioja), en la colección del Museo Geominero. *Boletín Geológico y Minero*, 105 (3), 236-248.
- Bellón, H., Bizon, G., Calvo, J. P., Elízaga, E., Gaudant, J. G. et López Martínez, N. (1981). Le volcan du Cerro del Monagrillo (Province de Murcia): âge radiométrique et corrélations avec les sédiments néogènes du bassin d'Hellín (Espagne). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris*, 292, série II, 1035-1038.

- Calvo, J. P., Elízaga, E., López Martínez, N., Robles, F. y Usera, J. 1978. El Mioceno superior continental del Prebético Externo: Evolución del Estrecho Nordbético. *Boletín Geológico y Minero*, 89 (5), 407-426.
- Carvajal, E. 1926. Nota sobre un yacimiento de fósiles vertebrados en el Plioceno de la provincia de Logroño. *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, 47, 317-333.
- Cortázar, D. 1875. Descripción física, geológica y agrológica de la provincia de Cuenca. *Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 3, 1-406.
- Cortázar, D. 1877. Descripción física, geológica y agrológica de la Provincia de Valladolid. *Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 5, 1-212.
- Cortázar, D. 1885. Bosquejo físico, geológico y minero de la provincia de Teruel. *Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 12, 263-607.
- Crusafont, M. y Villalta, J. F. 1951. Los nuevos mamíferos del Neógeno de España. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 22, 127-151.
- Dupuy de Lôme, E. y Fernández de Caleyá, C. 1918. Nota acerca de un yacimiento de mamíferos fósiles en el Rincón de Ademuz. *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, 39, 299-348.
- Ezquerro del Bayo, J. 1841. Algo sobre los huesos fósiles de las inmediaciones de Madrid. *Anales de Minas*, 2, 213-217.
- Hernández Sampelayo, P. y Bataller, J. R. 1944. *Trionyx marini*: tortuga nueva del Oligoceno leridano. *Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*, 13, 7-19.
- Mallada, L. 1907. Explicación del Mapa Geológico de España, Tomo VI: Sistemas Eoceno, Oligoceno y Mioceno. *Memorias de la Comisión del Mapa Geológico de España*, 24, 1-686.
- Prado, C. 1864. *Descripción física y Geológica de la provincia de Madrid*. Junta General de Estadística. Imprenta Nacional, 1-219.
- Vilanova y Piera, J. 1870. *Ensayo de una descripción geognóstica de la Provincia de Teruel en sus relaciones con la agricultura de la misma*. Junta General de Estadística, Madrid, 1-312.
- Villalta, J. F. 1952. Contribución al conocimiento de la fauna de mamíferos fósiles del Plioceno de Villarroja (Logroño). *Boletín del Instituto Geológico y Minero de España*, 64, 1-203.

Acciones de protección del patrimonio paleontológico realizadas en los tramos de la autovía de Levante a Francia por Aragón (Calamocha-Romanos y Escandón-Teruel, Norte)

S. FRAILE Y M^a D. PESQUERO¹

Abstract: A heritage protection programme has been developed on some classical paleontological sites and other potential areas in Calatayud-Teruel Tertiary basins (Spain) which could be affected by a new motorway project. According to regulations of the Department of Culture of the Government of Aragón (D.G.A.) detailed systematic survey and intense sampling works were carried out by the authors during 1999 to prevent irreparable impact on paleontological heritage. A series of protecting actions are proposed.

Key words: Paleontological heritage, motorway, environmental impact, protecting actions, Teruel.

Palabras clave: Patrimonio paleontológico, autovía, impacto ambiental, propuestas de actuación, Teruel.

Introducción

Los rellenos neógenos del sistema de fosas de Calatayud-Teruel son internacionalmente conocidos por su contenido paleontológico (ver

¹ Departamento de Paleobiología. Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC). José Gutiérrez Abascal, 2. 28006 Madrid. susanaf@mncn.csic.es; lolap@mncn.csic.es.

Acciones de protección del patrimonio paleontológico realizadas en los tramos de la autovía...

síntesis recientes en Daams *et al.*, 1998 y Alcalá *et al.*, 2000). Por ello, con motivo del proyecto de construcción de la autovía de Levante a Francia por Aragón, se han desarrollado diversos trabajos de prospección paleontológica con especial énfasis en los tramos que contienen yacimientos clásicos en las cercanías a la realización de esta obra. Este es el caso de las investigaciones llevadas a cabo en el año 1999 dentro del *Proyecto de trazado y construcción y expediente de expropiación. Autovía de Levante a Francia por Aragón. N-330, de Murcia a Francia por Zaragoza. Tramo: Calamocha-Romanos y tramo: Escandón-Teruel (Norte)*. Las actuaciones que se describen en este trabajo quedaron recogidas en el Pliego de Prescripciones Técnicas elaborado por el Ministerio de Fomento, concretamente en el apartado de Ordenación ecológica, estética y paisajística y se realizaron según la normativa de prospecciones arqueológicas y paleontológicas elaborada por el Departamento de Cultura y Turismo de la Diputación General de Aragón.

Los objetivos planteados dentro de dicho pliego en materia paleontológica fueron los siguientes:

— La prevención de nuevos impactos en el patrimonio paleontológico, no detectados en la fase anterior del Proyecto y la corrección o minimización de los ya documentados.

— La ejecución de prospecciones paleontológicas en las zonas de canteras y préstamos, con la realización de sondeos en las zonas que serán directamente afectadas por las obras, así como la documentación de las evidencias de interés paleontológico, incluyendo tanto los yacimientos ya descubiertos o catalogados como los que pudieran aparecer en el curso de las mismas.

Dada la especial problemática paleontológica de los dos tramos citados, la propuesta de actuación de trabajo paleontológico se dividió en dos fases:

— Tareas previas al inicio de las obras. En esta fase se propuso la realización de una prospección de toda la traza de la autovía a su paso por zonas potencialmente fosilíferas y también campañas de excavación de todos los yacimientos conocidos en el entorno potencialmente afectable.

— Tareas simultáneas al desarrollo de las obras. Se propuso una vigilancia activa de las mismas, particularmente en la fase de despeje y desbroce y movimientos de tierras, procediendo a la realización de excavaciones de urgencia si resultara necesario.

Actuación paleontológica

Las actuaciones paleontológicas que se llevaron a cabo en el año 1999 correspondieron a la primera fase de tareas previas al inicio de las obras, que comprendieron una prospección paleontológica con muestreos sistemáticos a lo largo del trazado de los tramos Escandón-Teruel y Calamocha-Romanos (Fig. 1); en el primer caso, mediante un convenio de colaboración con Ingeniería de Puentes y Autopistas S.A. y SERS-Consultores en Ingeniería y Arquitectura, S.A. y, en el segundo caso, entre la UTE Romanos y el Museo Nacional de Ciencias Naturales (CSIC).

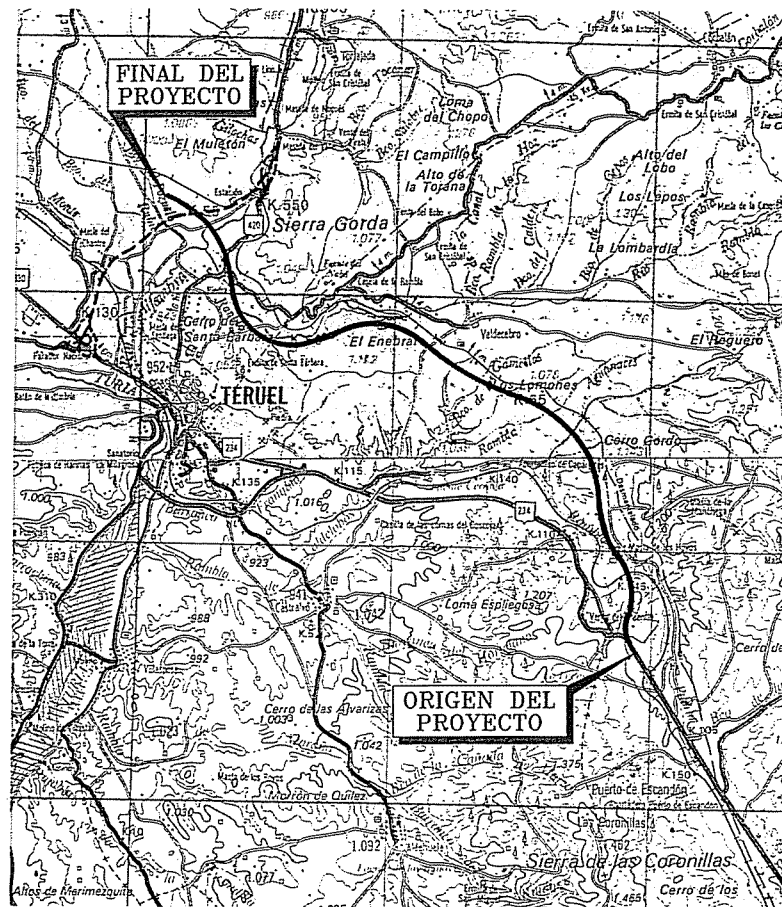


Figura 1. Esquema de la línea de trazado de la autopista de Levante a Francia por Aragón en el tramo Escandón-Teruel (Norte).

La metodología en la que se basó el trabajo, constó fundamentalmente de dos apartados. Por un lado, la detección de niveles con restos de microfósiles y, por otro, la búsqueda de niveles con macrovertebrados fósiles.

Para la localización de los puntos fosilíferos se realizó un estudio geológico de la zona con un trabajo de campo que se dividió en dos fases:

- Prospección, mediante la cual se localizaron los niveles fosilíferos, y
- Explotación, en la que se recogieron grandes cantidades de sedimento para la obtención de los restos fósiles.

Para la búsqueda de los puntos de muestreo se priorizaron las áreas con afloramientos de materiales terciarios, ya que presentaban un mayor interés paleontológico según los antecedentes conocidos. Sin embargo, los depósitos cuaternarios también fueron prospectados a pesar de no ser tan fosilíferos en esta área.

En la fase de explotación se realizaron un total de 17 muestreos sistemáticos en el tramo de Escandón-Teruel y 12 muestreos en el tramo Calamocha-Romanos, en las zonas potencialmente favorables, y se obtuvieron muestras de cada nivel que se consideró representativo de la sucesión local. Además, en cada tramo se realizaron tres sondeos mecánicos o catas de 3 x 3 x 3 m. en las zonas más cercanas a los yacimientos paleontológicos de macrovertebrados conocidos en el área, con el fin de delimitar lateralmente su extensión o bien hallar nuevos puntos fosilíferos. En estas catas también se recogieron muestras en todos los niveles para la búsqueda de microfósiles. Los puntos donde se extrajeron las muestras fueron situados en un mapa y en columnas estratigráficas de detalle para su posterior ubicación dentro de la sucesión deposicional local.

Una vez finalizado el trabajo de campo se realizó un informe paleontológico para cada uno de los tramos estudiados, que constó además de una descripción de todo el trabajo realizado y puntos muestreados, de una matriz de impacto en la que se valoró la afección en tres categorías en función de la distancia al trazado y del efecto sobre cada punto:

— La categoría de *compatible*. El yacimiento, muestreo o cata no está afectado, ya que se encuentra a una cierta distancia del trazado.

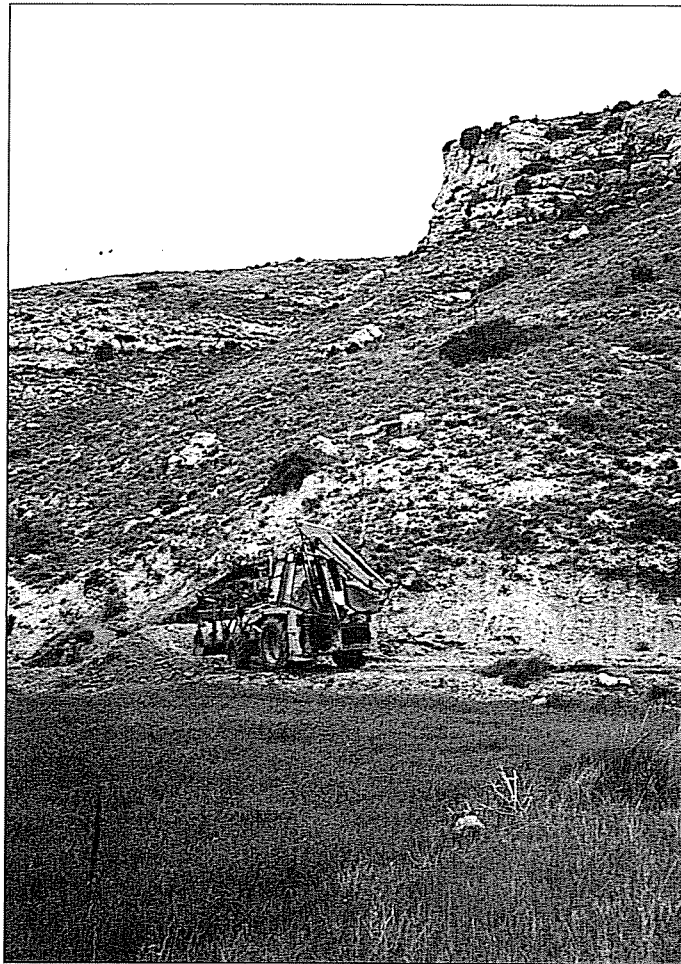


Figura 2. Detalle de la realización de un sondeo mecánico en el punto Barranco de Regajo 1 en el tramo Calamocha-Romanos.

— La categoría de *moderado*: El yacimiento, muestreo o cata puede verse afectado seriamente dada su proximidad al trazado.

— La categoría de *crítico*: El yacimiento, muestreo o cata está afectado, quedando completamente destruido.

Además, se propuso una tabla de actuaciones a efectuar sobre los yacimientos conocidos y puntos de muestreos realizados en los que aparecieron restos fósiles durante la fase de prospección paleontológica. En función de la importancia desde el punto de vista paleontológico se detallaron 5 categorías de acciones a realizar:

— *Excavación intensiva*: A realizar en los puntos de gran importancia paleontológica, donde han aparecido restos de macrofósiles, que se verán afectados por el trazado de la autovía. Se llevará a cabo por un equipo de paleontólogos.

— *Muestreo intensivo*: A realizar en los puntos de gran importancia paleontológica, donde han aparecido restos de microfósiles, que se verán afectados por el trazado de la autovía. Se recogerán grandes cantidades de sedimento, aproximadamente unas 2 toneladas.

— *Supervisión*: Durante las obras de la autovía existe una probabilidad elevada de que aparezcan nuevos restos fósiles, por lo que se hace necesaria la supervisión por parte de un paleontólogo.

— *Investigación obligatoria*: En aquellos puntos donde se realicen excavaciones o muestreos intensivos el material paleontológico deberá ser investigado obligatoriamente por profesionales.

— *Investigación opcional*: Dependiendo de la importancia de los posibles hallazgos paleontológicos se podrá realizar una investigación opcional.

— *Ninguna*: Aquellos casos en los que los puntos carecen de interés paleontológico.

Conclusiones

Como resultado de los estudios de impacto paleontológico realizados para cumplir los requerimientos establecidos por la Diputación General de Aragón (seguramente los más exigentes propuestos en obras civiles españolas desde la existencia de un Plan de Paleontología Preventiva en el año 1.992), además de la valoración de los yacimientos ya conocidos, se han localizado y valorado 7 nuevos puntos de interés paleontológico en el tramo de Escandón-Teruel y otros 8 puntos en el de Calamocha-Romanos, contribuyendo así al conocimiento del patrimonio paleontológico de Teruel y a su futuro incremento y salvaguarda.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible gracias a las autorizaciones concedidas por la Dirección General de Patrimonio Cultural, Gobierno de Aragón (expedientes: 110/99 y 111/99) y a la Unidad de Carreteras de Teruel (Demarcación de Carreteras del Estado en Aragón) del Ministerio de Fomento, que a su vez aportó la financiación necesaria para su realización. Agradecemos su colaboración a las empresas Ingeniería de Puentes y Autopistas S.A. y SERS-Consultores en Ingeniería y Arquitectura, S.A. y U. T. E. Romanos (SETEC e INCOYDESA), así como a Luis Alcalá y a Juan Paricio su apoyo en distintas fases del trabajo realizado.

Bibliografía

- Alcalá, L., Alonso Zarza, A. M., Álvarez Sierra, M. A., Azanza, B., Calvo, J. P., Cañaveras, J. C., Van Dam, J. A., Garcés, M., Krijgsman, W., Van der Meulen, A. J., Morales, J., Peláez-Campomanes, P., Pérez González, A., Sánchez Moral, S., Sancho, R. y Sanz Rubio, E. 2000. El registro sedimentario y faunístico de las cuencas de Calatayud-Daroca y Teruel. Evolución paleoambiental y paleoclimática durante el Neogeno. *Revista Sociedad Geológica España*, 13, 323-343.
- Daams R., Alcalá, L., Álvarez Sierra, M. A., Azanza, B., Van Dam, J.A., Van Der Meulen, A. J., Morales, J., Nieto, Pelaez-Campomanes, P. y Soria, D. 1998. A stratigraphical framework for Miocene (MN4-MN13) continental sediments of Central Spain. *C. R. Acad. Sci. Paris, Sci. Terre Planètes*, 327, 625-631.

El Museo de Geología de la Universitat de València como instrumento didáctico en Paleontología

A. GARCÍA-FORNER¹, J. GUILLEM¹, M. A. MAROTO¹,
C. MARTÍNEZ-PÉREZ¹, J. A. VILLENA¹ Y A. MÁRQUEZ-ALIAGA²

Abstract The Geological Museum of the University of València has, as a major cultural goal, the social diffusion of its heritage wealth. This museum, as a university institution, displays some special features which can be advantageous when compared with other museums and educational institutions. A brief discussion is presented on the main educational activities which can be achieved in this University Museum.

Key words: Educational activities, university museum, palaeontology, Valencia, Spain.

Palabras clave: Didáctica, museo universitario, paleontología, Valencia, España.

¹ Museo de Geología de la Universitat de València, Departamento de Geología. Universitat de València. Campus de Burjassot. C/ Dr. Moliner, 50, 46100 Burjassot (València). Anna.Garcia@uv.es; Jorge.Guillem@uv.es

² Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Departamento de Geología. Universitat de València. Campus de Burjassot. C/ Dr. Moliner, 50, 46100 Burjassot (Valencia). Ana.Marquez@uv.es.

Introducción

El Museo de Geología de la Universitat de València (reconocido como tal por la Conselleria d'Educació i Ciència de la Generalitat Valenciana) cuenta entre sus fondos con importantes colecciones de carácter científico, histórico y didáctico (García-Forner, 1999). Estas colecciones pueden clasificarse principalmente en tres grandes grupos según su naturaleza: colecciones petrológicas (minerales, rocas y estructuras sedimentarias), colecciones paleontológicas (fósiles), y colecciones de instrumentos científicos del siglo XIX, (microscopios, refractómetros, goniómetros, balanzas de precisión, etc.) En este trabajo expondremos, en primer lugar, las particularidades que caracterizan al Museo de Geología de la Universitat de València como museo universitario. En segundo lugar, describiremos las actividades didácticas en el campo de la paleontología que actualmente se llevan a cabo en el mismo, así como los proyectos a realizar en un futuro próximo.

Particularidades como museo universitario

El Museo de Geología de la Universitat de València comparte con otros museos los objetivos que caracterizan a una institución museística como son las de conservar, catalogar, restaurar, exhibir, investigar y desarrollar actividades didácticas. Ahora bien, si en general la mayoría de museos se crearon con la idea fundamental de la divulgación cultural, nuestro caso particular se caracteriza por estar vinculado principalmente al colectivo de la universidad, sirviendo como herramienta de apoyo a los alumnos en todas aquellas asignaturas impartidas por el Departamento de Geología. La institución es depositaria de todos los materiales procedentes de las investigaciones paleontológicas llevadas a cabo por el personal investigador del propio departamento. Sin embargo, por las características aludidas, las exposiciones permanentes no resultan demasiado adecuadas para un público no universitario.

Precisamente, una de las particularidades a destacar es la heterogeneidad del público que visita un museo, tanto en lo que se refiere a la edad como a la formación previa individual. En este sentido, se distingue de otros ámbitos de actuación didáctica como son los Institutos de Enseñanza Secundaria donde el nivel de conocimientos es más homogéneo. En el caso del Museo de Geología las visitas comprenden grupos que van desde

la educación infantil hasta la enseñanza media, aunque son especialmente abundantes las visitas de los propios alumnos universitarios. También son habituales las visitas de personas particulares de cualquier edad interesadas por los temas geológicos en general y paleontológicos en particular. Una consecuencia de la heterogeneidad de visitantes es la necesidad de adecuar paneles explicativos y visitas guiadas a cada uno de los grupos, dependiendo de la edad y nivel de conocimientos. Esto supone un esfuerzo considerable, especialmente cuando se trata de explicar conceptos relativamente complicados a escolares o cuando estas explicaciones chocan con los errores conceptuales y esquemas alternativos (Compiani, 1998), presentes en la mayor parte del público que nos visita. Un ejemplo clásico es la frecuente creencia de que humanos y dinosaurios llegaron a convivir. De todos es conocida la dificultad para asimilar el concepto de tiempo geológico y las dificultades didácticas que ello implica.

El Museo de Geología como centro didáctico y a diferencia de la mayoría de los centros de enseñanza secundaria, tiene la ventaja de la disponibilidad y calidad de sus materiales. En este sentido, cuenta con una gran cantidad y variedad de fondos. Concretamente, las colecciones paleontológicas alcanzan los 8.000 registros, aunque actualmente, por estar en proceso de informatización, no podemos evaluarlas de forma concreta en el presente trabajo. En la Figura 1, se muestra uno de los ejemplares que integran estas colecciones, y que reviste particular interés por su rareza.

Aunque la divulgación y enseñanza de la paleontología y geología son parte de los principales objetivos de este museo, existen varias limitaciones para su consecución, relacionadas fundamentalmente con la precariedad económica. Entre ellas citamos: 1) la escasa dotación presupuestaria, con recursos que proceden del propio Departamento de Geología y de proyectos puntuales subvencionados por la Generalitat; 2) la falta de personal necesario para atender la demanda de visitas que tiene el museo, ya que sólo se cuenta con un técnico de grado medio como personal fijo (en este sentido, la ayuda continua de alumnos voluntarios resulta inestimable); 3) la insuficiencia de infraestructuras (se dispone de una sala de exposiciones de unos 100 m² y un despacho pero no de almacén); 4) la carencia de materiales didácticos específicos (fotocopias, transparencias, diapositivas, vídeos, etc.), y 5) la falta de medios para la difusión de las diferentes actividades que tienen lugar en el museo. Por otro lado, se debe tener en cuenta que una institución como ésta no puede desatender sus funciones propias: catalogación, conservación y restauración del patrimonio, investigación, etc.



Figura 1. Icnita de quelónido sobre arenisca. Keuper (Triásico Superior) de Domeño (Valencia). Ejemplar MGVU-2314. La barra equivale a 2 cm.

Actividades

En los apartados anteriores se ha expuesto la situación general del Museo de Geología. Queremos destacar que, a pesar de sus limitaciones se han desarrollado o se pretenden desarrollar las siguientes actividades didácticas:

EXPOSICIÓN DE LOS FONDOS PERMANENTES. Constituye una de las funciones más básicas. Estando el Museo de Geología enfocado claramente hacia la docencia universitaria, las exposiciones permanentes son esenciales para complementar la docencia de las asignaturas de paleontología impartidas en el Departamento. Si se considera un público más amplio, una de las posibilidades es fomentar el interés de los visitantes mediante enfoques distintos a los de la simple exposición de materiales, destacando a su vez la aplicación de los mismos. Como ejemplo citamos la línea seguida por el Museu de Geologia «Valentí Masachs» de la Universitat Politècnica de Catalunya en la que los derivados industriales como latas de conserva, herramientas de corte o productos farmacéuticos se exponen junto con los minerales de los

que proceden (Sanz Balagué y Mata-Perelló, 1993). Otro ejemplo, en nuestro caso, es la exposición de los diferentes pasos que se siguen desde que un fósil es extraído del yacimiento hasta que llega a exponerse en un museo. Así, se muestra el instrumental utilizado en el campo y en el laboratorio y se exponen fotografías de ejemplares fósiles en diferentes etapas del proceso de restauración.

EXPOSICIONES ITINERANTES. Otro mecanismo del que dispone el Museo para divulgar su propio patrimonio, es la realización de exposiciones itinerantes por distintas localidades de nuestra geografía, utilizando para ello parte de sus fondos. Un ejemplo es la exposición paleontológica *La Historia de la vida* que tuvo lugar del 6 al 22 de febrero de 1995 en Almussafes, en colaboración, entre otros, con el Museu Històric Municipal de Novelda y el Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza.

ORGANIZACIÓN DE CURSOS Y TALLERES. Destinados a un amplio colectivo, los cursos y talleres organizados por el Museo están ajustados a diferentes grupos de alumnos dependiendo de la edad y conocimientos de los mismos. Estos talleres prácticos son realizados en las propias dependencias del Departamento de Geología, según el personal, materiales y presupuesto disponibles. Algunos talleres ya han sido realizados en distintos cursos académicos y sobre todo para diferentes grupos de enseñanza secundaria. Como ejemplo, podríamos citar un taller sobre reconocimiento y manipulación de microfósiles dirigido a alumnos de enseñanza media que se realizó el curso pasado y fue coordinado por uno de los autores (Dra. A.G.-F.).

SALIDAS Y VISITAS ORGANIZADAS. La organización de salidas puede consistir en visitas guiadas a otros museos, a parques geológicos (como el de Chera, Valencia), o a yacimientos paleontológicos de reconocida importancia científica. En este sentido, se puede citar el curso abierto, con participación de unas 60 personas, mayoritariamente profesores de enseñanza media y alumnos universitarios de paleontología, organizado por el Museo de Geología de la Universitat de València y que incluyó una visita al yacimiento de Atapuerca (Burgos) del 16 al 18 de marzo de 2001 (Servei de Formació Permanent, Universitat de València).

PROGRAMAS DIDÁCTICOS INTERACTIVOS Y EXPOSICIONES DE FOTOGRAFÍAS DE TEMÁTICA PALEONTOLÓGICA EN INTERNET. La realización de una página-web, que permita el acceso a la base de datos de la totalidad de fondos catalogados y digitalizados del museo, con un carácter didáctico y científico, es parte de nuestro proyecto futuro. Tal posibilidad depende en gran medida de los recursos económicos y humanos de que se disponga.

Conclusiones

Las características del Museo de Geología de la Universitat de València como institución universitaria conllevan una serie de peculiaridades que lo individualizan frente a otros museos o centros educativos, debido al nivel especializado del profesorado universitario que contribuye fundamentalmente a la catalogación de sus fondos paleontológicos.

Por otro lado, el enfoque didáctico del mismo, fundamentalmente en paleontología, implica la exposición permanente de sus fondos, las exposiciones itinerantes de los mismos, la organización de talleres y cursos y la posibilidad de realizar exposiciones virtuales en Internet.

Agradecimientos

Los autores agradecen los comentarios de Guillermo Meléndez, de Rafael Royo-Torres y de un revisor anónimo. Trabajo subvencionado en parte por el proyecto DGICYT: PB98-0488

Bibliografía

- Compiani, M. 1998. Ideas previas y construcción de conocimiento en aula. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6 (2), 145-153.
- García-Forner, A. 1999. El Museo del Departamento. En: *Los Tesoros de la Universitat de València*. Publicaciones de la Universitat de València, 271-282.
- Sanz Balagué, J. y Mata-Perelló, J. M. 1993. Los museos de geología: un instrumento didáctico para la enseñanza de la mineralogía y de la petrología. *Enseñanza de las Ciencias*, número extraordinario, 193.

Problemática actual de la legislación sobre patrimonio paleontológico en la región de Murcia: El yacimiento de Quibas como bien de interés cultural

A. INIESTA¹ Y G. ROMERO¹

Abstract The legal framework for the preservation of palaeontological heritage in the autonomous Community of Murcia is still poorly developed. The only available legal feature so far is the so-called «Good of Cultural Interest» (*BIC*). This legal feature, created by the national law of Historical heritage (1985) is, however, of little use at a regional scale. New guidelines for the protection of the palaeontological heritage in the province have been produced by the regional Heritage Survey towards an adequate management and preservation of main palaeontological values of the region.

Key words: Problemática, palaeontological heritage, legal framework, Quibas, Murcia.

Palabras clave: Problemática, patrimonio paleontológico, normativa legal, Quibas, Murcia.

¹ Servicio de Patrimonio Histórico. Dirección General de Cultura. Gran Vía, n.º 42, esc. 2.ª- 6.ª, 30005 Murcia (España). gromero@um.es; angel.iniesta@carm.es.

Introducción

La separación en la legislación española entre el Patrimonio Natural y el Histórico deja al patrimonio paleontológico en un terreno a caballo entre ambas legislaciones. El presente trabajo pretende exponer algunas de las iniciativas y progresos en la protección del patrimonio paleontológico de la Región de Murcia desde la perspectiva del Patrimonio Histórico, en espera de avances futuros en la línea del denominado Patrimonio Cultural o Patrimonio Integral. En esta comunidad no se ha desarrollado una normativa legal propia relacionada con el patrimonio paleontológico, por lo que la única figura legal realmente eficaz y aplicable a los yacimientos paleontológicos es la de Bien de Interés Cultural, definida en la Ley Nacional de Patrimonio Histórico (1985). La declaración del yacimiento paleontológico de Quibas como Bien de Interés Cultural ha supuesto la primera aplicación de esta figura para un yacimiento de estas características en la Región de Murcia, colocándose a la altura de otros elementos culturales como el teatro romano de Cartagena o las manifestaciones de Arte Rupestre de Moratalla y Jumilla.

Presentación de datos

El yacimiento de la Sierra de Quibas ha sido el primero en ser declarado como *Bien de Interés Cultural* en la Región de Murcia (BORM nº 278, de 30 de noviembre de 2000 – BOE nº 503, de 19 de diciembre). Se encuentra en el extremo suroriental de la sierra de Quibas (Fig. 1), dentro del término municipal de Abanilla, y constituye el relleno de una cavidad kárstica formada en calizas del Jurásico inferior. Consta de distintas galerías, unas de desarrollo vertical y otras horizontales originadas a partir de desplomes parietales o cenitales que quedaron al descubierto fortuitamente tras realizarse una cata para comprobar la calidad de la caliza en ese punto (Fig. 2). Estas galerías se encuentran actualmente colmatadas por sedimentos detríticos muy fosilíferos que han proporcionado una amplia lista taxonómica constituida por 60 especies repartidas entre invertebrados y vertebrados.

En el conjunto de los gasterópodos destaca *Palaeoglandina montenati* Truc. Dos de las especies de aves determinadas, *Gypaetus barbatus* (Hablizl) y *Geronticus eremita* (Linnaeus), y una de las formas de ofidios,

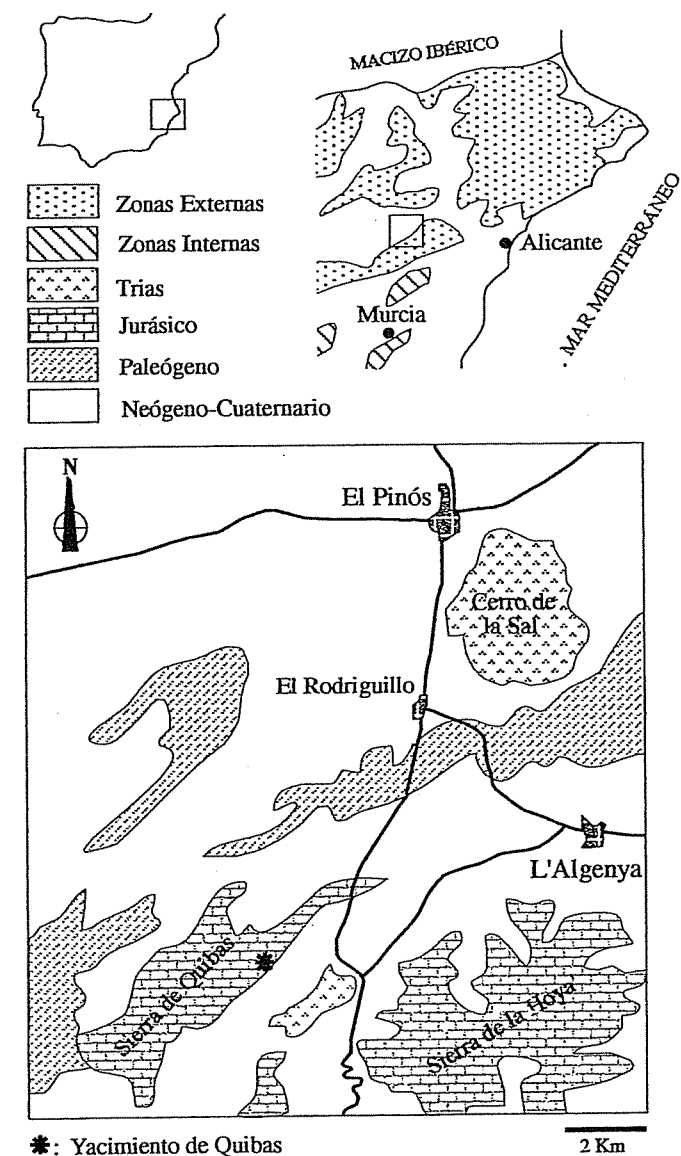


Figura 1. Situación geográfica y geológica del yacimiento de Quibas.

Elaphe sp. cf. *Elaphe. scalaris* (Schinz), apenas se hallan representadas en el registro fósil en España. Entre los mamíferos posee especial relevancia la presencia del cercopitécido *Macaca sylvanus* (Linnaeus). La asociación de los taxones *Arvicola deucalion* (Kretzoi), *Castillomys rivas rivas* Martín Suárez et Mein, *Eliomys intermedius* Friant, *Equus altidens* Reichenau y *Capra* sp. aff. *Capra alba* Moyà-Solà, permite la correlación con otros yacimientos del Pleistoceno inferior de las Cordilleras Béticas, como Plines 1, Orce 3 y Venta Micena entre otros (Montoya *et al.*, 1999; Montoya *et al.*, 2001). Puede situarse, por tanto, antes del final del Pleistoceno inferior, en un intervalo de tiempo comprendido entre 1.3 y 1 Ma.



Figura 2. Vista general del relleno sedimentario del yacimiento de Quibas.

La extraordinaria riqueza paleontológica de vertebrados fósiles y su relevancia estratigráfica y paleoecológica, confieren al yacimiento de Quibas una importancia de primer orden en el conocimiento del Plio-Pleistoceno de esta región. La importancia paleontológica y patrimonial del yacimiento, unido al posible deterioro del mismo por la apertura incontrolada de canteras en los alrededores, han hecho necesaria su urgente protección desde el punto de vista legal. Para ello, el Servicio de Patrimonio Histórico de la Dirección General de Cultura decidió en su

momento declarar el yacimiento como *Bien de Interés Cultural* bajo la denominación de *Zona Arqueológica*. Esto permitirá garantizar una serie de actuaciones dirigidas a su estudio, difusión y protección. Además, se han puesto en marcha medidas correctoras del impacto de las canteras más próximas al yacimiento, como la prohibición de voladuras en las explotaciones o inspecciones periódicas que garanticen la conservación de posibles nuevos yacimientos.

Discusión - interpretación

La Ley Nacional de Patrimonio Histórico Español de 1985 establece solamente el *Bien de Interés Cultural* como figura de protección del patrimonio inmueble. La declaración masiva de los yacimientos como *Bien de Interés Cultural* con categoría de *Zona Arqueológica*, *Sitio Histórico* o *Zona Paleontológica*, ésta última en aquellas comunidades que posean leyes autonómicas que la contemplen, choca con el carácter claramente excesivo de esta figura para aplicarla a todos los casos, siendo conveniente reservarla para aquellos que merecen una especial consideración desde el punto de vista científico. Sin embargo, en aquellas comunidades autónomas donde no se ha desarrollado una normativa legal específica sobre patrimonio paleontológico, como en el caso de Murcia, la única figura legal realmente eficaz y aplicable es precisamente la de *Bien de Interés Cultural*. Sería por tanto conveniente crear formas de protección de menor rango que actualmente no se contemplan en la vigente Ley del Patrimonio Histórico. Una buena solución para este problema sería la elaboración de un listado de yacimientos paleontológicos catalogados como *Puntos de Especial Interés Paleontológico*, en el que se incluyeran todos aquellos yacimientos que merezcan ser preservados y protegidos de cualquier tipo de agresión (Soria y Meléndez, 1993; Meléndez y Soria, 1994; Meléndez *et al.*, 1999).

La alternativa propuesta en Murcia para alcanzar la protección real de los yacimientos paleontológicos no declarados como *Bien de Interés Cultural*, se basa en la inserción de su protección en el planeamiento urbanístico. Para ello, se ha elaborado una normativa regional de protección paleontológica en la que se han definido tres grados o niveles:

— *Zonas de intervención paleontológica* (Grado A): comprende aquellos yacimientos paleontológicos declarados como *Bien de Interés Cultural*, así como aquellos otros que precisan o merecen una protección es-

pecial por su singularidad o interés científico. En estas zonas no se permite ningún tipo de obra, salvo las encaminadas al estudio, protección y acondicionamiento del yacimiento.

— *Zonas con restos paleontológicos* (Grado B): comprende el conjunto de yacimientos con restos paleontológicos «*in situ*» no incluidos en el apartado anterior, es decir, aquellas zonas claramente de interés paleontológico, pero que en principio pudieran ser compatibles con otros usos. Para estos puntos se requiere un informe técnico previo a la concesión de licencia de cualquier tipo de obra.

— *Zonas de entorno paleontológico* (Grado C): son aquellas áreas con restos visibles pero probablemente descontextualizados, y aquellas otras en las que no puede descartarse la presencia de restos paleontológicos, aunque carezcamos de testimonios fehacientes a nivel superficial o en nuestro estado actual de conocimiento. Para estas zonas, la licencia municipal de otorgamiento de permiso de obras, que implique remoción de terrenos, incorporará una cláusula que especifique la necesidad de que las obras sean supervisadas por un técnico designado por la Dirección General de Cultura.

La aplicación de esta normativa de protección se llevará a cabo una vez elaborada la Carta Paleontológica de la Región de Murcia, en la que quedarán registrados los yacimientos y lugares de interés paleontológico, así como las necesidades de protección y conservación que precisen cada uno de ellos.

Conclusiones

Ante la falta de figuras legales intermedias de carácter paleontológico, la Administración Regional ha recurrido a la inserción del patrimonio paleontológico en el planeamiento urbanístico como medida de protección eficaz de los yacimientos no declarados como *Bien de Interés Cultural*. Con esta normativa se pretende en un futuro cubrir las necesidades de protección de los yacimientos y lugares de interés paleontológico frente a intervenciones que puedan provocar su deterioro. De momento, la declaración de Quibas constituye el primer paso para declarar como *Bien de Interés Cultural* otros yacimientos paleontológicos murcianos como los arrecifes messinienses de la cuenca de Fortuna o los yacimientos de peces fósiles de Lorca, Columbares y Campos del Río.

Agradecimientos

Nuestro más sincero agradecimiento a Miguel Ángel Mancheño por su ayuda prestada y a Guillermo Meléndez por la revisión crítica del manuscrito y por las numerosas sugerencias aportadas.

Bibliografía

- Meléndez, G. and Soria, M. 1994. The legal framework and scientific procedure for the protection of paleontological sites in Spain: recovery on some special sites affected by human activity in Aragón (eastern Spain). *Geological and Landscape Conservation* (D. O'Halloran, C. Green, M. Harley, M. Stanley y J. Knill, eds.). Geol. Soc. London, 329-334.
- Meléndez, G., Soria, M. y Martínez, X. 1999. La Comisión de Patrimonio de la Sociedad Española de Paleontología: Antecedentes, Constitución y Objetivos. *Coloquios de Paleontología*, 50, 23-36.
- Montoya, P., Alberdi, M. T., Blázquez, A. M., Barbadillo, L. J., Fumanal, M. P., van der Made, J., Marín, J. M., Molina, A., Morales, J., Murelaga, X., Peñalver, E., Robles, F., Ruiz Bustos, A., Sánchez, A., Sanchiz, B., Soria, D. y Szyndlar, Z. 1999. La fauna del Pleistoceno inferior de la Sierra de Quibas (Abanilla, Murcia). *Estudios Geológicos*, 55 (3-4), 127-161.
- Montoya, P., Alberdi, M. T., Barbadillo, L. J., van der Made, J., Morales, J., Murelaga, X., Peñalver, E., Robles, F., Ruiz Bustos, A., Sánchez, A., Sanchiz, B., Soria, D. et Szyndlar, Z. 2001. Une faune très diversifiée du Pléistocène inférieur de la Sierra de Quibas (province de Murcia, Espagne). *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Paris, Sciences de la Terre et des planètes / Earth and Planetary Sciences*, 332, 387-393.
- Soria, M. y Meléndez, G. 1993. La protección de yacimientos paleontológicos en Aragón (España). Modelo de Actuación sobre la protección de yacimientos en las localidades de Ricla y Aguilón (provincia de Zaragoza, Aragón). *Comunicaciones IX Jornadas de Paleontología*. Málaga, 79-84.

2401-11-01

La colección de bivalvos del Triásico de Serra, área de Sagunto (Valencia), depositada en el Museo Geominero (IGME), Madrid

A. MÁRQUEZ-ALIAGA¹, A. GARCÍA-FORNER²,
G. DELVENE^{3,4} Y S. ROS¹

Abstract A bivalve Triassic collection from Serra-Torres Torres (Valencia) housed in the Museo Geominero, (IGME) of Madrid is revised. Specimens were studied for the first time during the elaboration of the geological map (sheet n.º 668 Sagunto). This work shows the importance of studying historical collections stored in museums. In this way, the updated taxonomy will be very helpful for subsequent research.

Key words: Curatorial study, Systematics, Triassic bivalves, Iberian Range, Spain.

Palabras clave: Estudio museístico, Sistemática, Bivalvos triásicos, Cordillera Ibérica, España.

¹ Instituto Cavanilles de Biodiversidad y Biología Evolutiva, Departamento de Geología. Universitat de Valencia. Campus de Burjassot. C/ Dr. Moliner, 50, 46100 Burjassot (Valencia). Ana.Marquez@uv.es / Sonia.Ros@uv.es.

² MGV, Departamento de Geología. Universitat de Valencia. Campus de Burjassot. C/ Dr. Moliner, 50, 46100 Burjassot (Valencia). Anna.Garcia@uv.es

³ Museo Geominero (IGME). C/ Rios Rosas, 23, 28003 Madrid. g.delvene@igme.es.

⁴ Departamento Ciencias de la Tierra (Paleontología). Universidad de Zaragoza 50009 Zaragoza. gdelvene@posta.unizar.es

Introducción

El objetivo de este trabajo es la revisión de parte del material procedente de los fondos del Museo Geológico y Minero (IGME), en Madrid. Se actualizan sistemáticamente los bivalvos del Triásico Medio del área entre Serra y Torres Torres (Valencia). Los fondos antiguos con que cuenta un museo suelen carecer de información básica completa: donante, clasificación, lugar de procedencia, etc. La revisión por parte de un especialista se hace imprescindible cuando se desea un catálogo actualizado.

En la realización de los mapas geológicos del área estudiada, concretamente, en la explicación de la Hoja N.º 668, de Sagunto (Valencia) del Mapa Geológico de España, escala 1:50.000, Dupuy De Lôme (1959, p. 35) indica la importancia que tienen los afloramientos del Muschelkalk de la zona y dice: «En el recodo que forma la carretera de Serra a Torres Torres, en las proximidades del punto Kilométrico 28, se encuentra un magnífico afloramiento de estas margas nodulares, que son extraordinariamente fosilíferas» (Tabla 1 columna izquierda). En la segunda serie, Hoja 668 - 29-26, Fonollá, (1974), se refiere a los datos anteriores (Tabla 1, columna central).

Revisión sistemática

La revisión sistemática, se basa en los trabajos de Márquez-Aliaga (1976) quien realizó una serie de estudios paleontológicos sobre el Triásico Medio de la Cordillera Ibérica. Uno de los primeros yacimientos estudiados fue el denominado «Corte de Serra - Torres Torres», situado en el Km. 28 de la carretera entre ambas localidades. Se verifica la presencia de *Myophoria vulgaris* Schlotheim (Lámina 1), *M. gr. laevigata* Zieten, *Trigonodus sandbergeri* Alberti, *Modiola* sp. y *Gervillia* sp. El contenido paleontológico se fue ampliando en sucesivas campañas de campo, se obtuvieron fósiles de niveles equivalentes y se realizó un estudio taxonómico de los fósiles registrados, en un contexto estratigráfico detallado. Los bivalvos de Serra corresponden a los registros del tramo dolomítico inferior del Triásico Medio del Sector Meridional de la Cordillera Ibérica (Márquez-Aliaga, 1985). En la Tabla 1 se enumeran las especies del yacimiento estudiadas desde 1959 hasta 1985. López-Gómez *et.al.* (2000) proponen que los materiales de carácter epicontinen-

SAGUNTO Hoja 668 IGME 1959	SAGUNTO Hoja 668 IGME 1974	Márquez-Aliaga, 1976, 1985 y Material IGME
<i>Myophoria Sublaevis</i> , Schmidt	<i>Myophoria sublaevis</i> , Schlot.	
<i>Myophoria Vulgaris</i> , Schlot.	<i>Myophoria vulgaris</i> , Schlot.	<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTHEIM)
<i>Myophoria Laevigata</i> , Alb.	<i>Myophoria laevigata</i> , Alb.	<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTHEIM)
<i>Myophoria</i> , sp.	<i>Myophoria</i> , sp.	<i>Myophoria</i> , sp.
<i>Avicula Bronni</i> , Alb.	<i>Avicula Bronni</i> , Alb.	<i>Hoernesia socialis</i> (SCHLOTHEIM)
<i>Anodontophora</i> aff. <i>Fassaensis</i> , Wissm.	<i>Anodontophora</i> aff. <i>Fassaensis</i> , Wissmann	<i>Unionites fassaensis</i> (WISSMANN)
<i>Anodonta</i> aff. <i>Fassaensis</i> , Wissmann		
<i>Mytilus Aduliformis</i> , Schlot.	<i>Mytilus eduliformis</i> , Schlot.	
<i>Nucula Goldfussi</i> , Alb.	<i>Nucula goldfussi</i> , Alb.	<i>Neoschizodus</i> sp
<i>Placunopsis lervelensis</i> , Wurm.		<i>Placunopsis</i> sp.
<i>Velospecten alberti</i> , Cf.		
<i>Gervillia Mytiloides</i> , Schlot.	<i>Gervillia mytiloides</i> , Schlot.	<i>Neoschizodus laevigatus</i> (GOLDFUSS)
<i>Gervilleia Yoleaudi</i> , Schmidt	<i>Gervilleia yoleandi</i> , Schmidt	
<i>Miophoriopsis</i> , sp.		<i>Modiolus</i> sp., <i>Pseudocorbula</i> sp.
<i>Miophoriopsis camposinensis</i> , Wurou	<i>Miophoriopsis camposinensis</i> , Wurou	<i>Lyriomyophoria</i> aff. <i>elegans</i> (DUNKER)
<i>Miophoriopsis</i> aff. <i>conspicua</i> , Schmidt	<i>Miophoriopsis</i> aff. <i>conspicua</i> , Schmidt	<i>Astartellopsis triasina</i> ? (ROEMER)
<i>Anatina Balearica</i>	<i>Anatina balearica</i>	<i>Unionites</i> ?

Tabla 1: Comparación de la diversidad del registro fósil de Serra.

tal del Triásico de Serra pertenecerían al Dominio paleogeográfico Levantino-Baleárico, con un único nivel carbonático de edad Anisiense medio a Ladinense superior, el denominado por Virgili *et.al* (1977) Triásico Mediterráneo. Así los materiales de Serra se correlacionarían con los tramos inferiores de las series de Castellón, Baleares (Menorca) y, posiblemente, con las regiones Sub-Béticas. Márquez-Aliaga y Martínez (1996) indican que esta asociación corresponde a la «Fauna de Serra», descrita en el yacimiento de nuestro estudio y de edad, probablemente, Anisiense superior-Ladinense inferior.

Revisión museística

Partiendo de los datos del Museo Geominero se ha procedido a una revisión museística metodológica más detallada, identificando individualmente todos los ejemplares y confirmando o modificando su determinación original. Las unidades de registro originales podrían estar formadas por varios ejemplares. En esta revisión a cada ejemplar se le ha asignado una unidad de registro independiente y única. Los ejemplares corresponden originalmente a 6 unidades de registro que tras su revisión se han desdoblado en 18 unidades. Del mismo modo, ejemplares que originalmente se encontraban siglados con el mismo número de registro y por tanto clasificados bajo el mismo taxón, tras su revisión se ha comprobado que pueden pertenecer incluso a géneros diferentes. Esto es lo que ocurre por ejemplo con los ejemplares siglados originalmente como 2863 *Gervillia mytiloides* (Schlotheim) (2 ejemplares), que ahora han pasado a ser NR 2863T *Neoschizodus laevigatus* (Goldfuss in Zieten) y 168T *Hoernesia socialis* (Schlotheim) (ver Tabla 2).

Conclusiones

Los resultados del trabajo museístico realizado sobre los bivalvos del Triásico de Serra (Valencia) permiten concluir que la asociación «Fauna de Serra» es característica del tramo dolomítico inferior del Triásico Medio (Muschelkalk) de la Cordillera Ibérica.

Sigla Actual	Sigla Anterior	CLASIFICACIÓN PREVIA, IGME	CLASIFICACIÓN REVISADA
2858T	2858	<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTHEIM)	<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTHEIM)
161T	2858T	<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTHEIM)	<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTHEIM)
162T	2858T	<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTHEIM)	<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTHEIM)
163T	2858T	<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTHEIM)	<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTHEIM)
164T	2858T	<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTHEIM)	<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTHEIM)
165T	2858T	<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTHEIM)	<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTHEIM)
169T	2862T	<i>Anudontophora</i> aff. <i>fusaensis</i> (WEISMANN)	<i>Unionites fusaensis</i> (WEISMANN)
170T	2862T	<i>Anudontophora</i> aff. <i>fusaensis</i> (WEISMANN)	<i>Unionites fusaensis</i> (WEISMANN)
2862T	2862	<i>Anudontophora</i> aff. <i>fusaensis</i> (WEISMANN)	<i>Unionites fusaensis</i> (WEISMANN)
159T	2864T	<i>Avicula bromii</i> (ALBERTI)	<i>Hoernesia socialis</i> (SCHLOTHEIM)
160T	2864T	<i>Avicula bromii</i> (ALBERTI)	<i>Hoernesia socialis</i> (SCHLOTHEIM)
2864T	2864T	<i>Avicula bromii</i> (ALBERTI)	<i>Hoernesia socialis</i> (SCHLOTHEIM)
168T	2863T	<i>Gervillia mytiloides</i> (SCHLOTHEIM)	<i>Hoernesia socialis</i> (SCHLOTHEIM)
2863T	2863	<i>Gervillia mytiloides</i> (SCHLOTHEIM)	<i>Neoschizodus laevigatus</i> (GOLDFUSS in ZIETEN)
2857T	2857	<i>Nucula subcuniata</i> (D'ORBIGNY)	<i>Paleonucula subcuniata</i> (D'ORBIGNY)
167T	2859T	<i>Myophoria laevigata</i> (ALBERTI)	<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTHEIM)
2859T	2859	<i>Myophoria laevigata</i> (ALBERTI)	<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTHEIM)
166T	2859T	<i>Myophoria laevigata</i> (ALBERTI)	<i>Myophoria vulgaris</i> (SCHLOTHEIM)

Tabla 2: Resultado de la revisión sistemática sobre el material del IGME

Agradecimientos

Agradecemos a la Dra. Isabel Rábano (IGME) su colaboración. Trabajo financiado por el proyecto DGYT PB98-0488.

Bibliografía

Dupuy de Lôme, E. 1959. Sagunto. Mapa geológico de España, Escala 1:50.000; hoja nº 668, I.G.M.E.

Fonolla, F. 1974. Estudio del Triasico y Paleozoico. In: Sagunto. Mapa Geológico de España, Escala 1:50.000 (MAGNA). Memoria de la Hoja nº 668, 29-26. I.G.M.E.

López-Gómez, J., Arche, A., Calvet, F. and Goy, A. 2000. Epicontinental marine carbonate sediments of the Middle and Upper Triassic in the westernmost part of the Tethys Sea, Iberian Peninsula. Zentralblatt für Geologie und Paläontologie, Jahrgang 1998, 11-12, 1033-1085.

Márquez-Aliaga, A. 1976. *Estudio paleontológico del Triásico Medio en el sector meridional de la Cordillera Ibérica*. Tesis de Licenciatura, Inédito. 109 pp. Departamento Paleontología. Universidad Complutense de Madrid.

Márquez-Aliaga, A. 1985. Bivalvos del Triásico Medio del Sector Meridional de la Cordillera Ibérica y de los Catalánides. *Colección Tesis Doctorales*. Editorial de la Universidad Complutense de Madrid, 40, 1-429.

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

Virgili, C., Sopena, A., Ramos, A. y Hernando, S. 1977. Problemas de la cronoestratigrafía del Triás en España. *Cuadernos Geología Ibérica*, 4, 57-88.

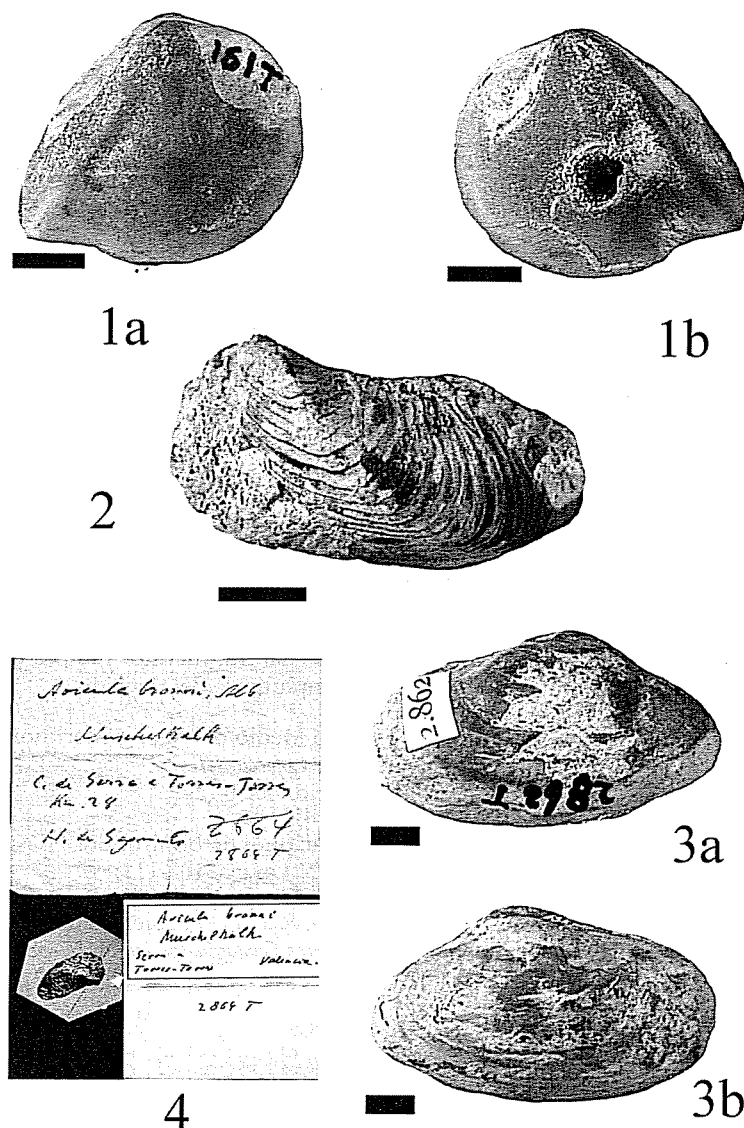


Lámina 1. 1. *Myophoria vulgaris* (SCHLOTHEIM). Molde interno a. Valva derecha. b. Valva izquierda. 161T. Barra: 4 mm. 2. *Hoernesia socialis* (SCHLOTHEIM). Valva izquierda con restos de concha calcítica. 159T. Barra: 4 mm. 3. *Unionites fasaensis* (WISSMANN). Molde interno a. Valva derecha. b. Valva izquierda. 2862T. Barra: 4mm. 4. Etiqueta del ejemplar 2864T manuscrita por Dupuy De Lôme durante la realización de la Hoja N° 668, SAGUNTO (Valencia) del M. G. E.

Revisión y reestructuración de la Colección Fósiles Extranjeros del Museo Geominero (IGME, Madrid): Mesozoico

S. MENÉNDEZ^{1,2} Y G. DELVENE^{1,3}

Abstract Palaeontological Collections are an important part of the Museo Geominero (IGME; Madrid, Spain). A preliminary descriptive and quantitative review is here carried out of the so-called *Colección Fósiles Extranjeros* (Foreign Fossil Collection) in order to show its composition and taxonomic diversity. This important palaeontological collection includes 2819 recorded specimens. It has undergone an important increase in 1533 specimens in the last seven years, since 1994, as a consequence intense works of renovation and restructuration. Mesozoic specimens represent 36 % of the whole. Provenience of specimens is mainly from France, and secondarily, from The Netherlands and Germany. And the best represented taxonomic groups are Mollusca and Brachiopoda.

Key words: Mesozoic, Museo Geominero, palaeontological collections, palaeontological heritage, review.

Palabras clave: Colecciones Paleontológicas, Mesozoico, Museo Geominero, patrimonio paleontológico, revisión.

¹ Museo Geominero (IGME). Ríos Rosas, 23. 28003 Madrid. s.menendez@igme.es; g.delvene@igme.es.

² Dpto. Paleontología. Facultad de Ciencias Geológicas (UCM). Ciudad Universitaria. 28040 Madrid. silviamc@eucmos.sim.ucm.es.

³ Dpto. Ciencias de la Tierra (Paleontología). Univ. Zaragoza. 50009 Zaragoza. gdelvene@posta.unizar.es.

Introducción

La revisión, actualización y reestructuración de la *Colección Fósiles Extranjeros* del Museo Geominero comenzó hace aproximadamente diez años con el fin de adecuarse a la normativa de la Ley 13/85 del Patrimonio Histórico Español en lo que se refiere al inventario de colecciones. La situación de la información sobre los ejemplares que formaban parte de dicha colección, así como la conservación de los mismos y del etiquetado era precarios antes de 1990. Desde esa fecha se han completado las labores de conservación, revisión taxonómica de algunos grupos y reestructuración de la exposición de los fósiles paleozoicos y mesozoicos. Menéndez *et al.* (2000) avanzaron el estado de la *Colección Fósiles Extranjeros* en ese momento, así como la metodología empleada tanto para el control de la información (inventario) como para la reestructuración de los fondos del Museo. También, presentaron los datos cualitativos y cuantitativos de los fósiles del Precámbrico y del Paleozoico de la colección. En el presente trabajo se analizan los fondos mesozoicos que la colección posee en la actualidad.

La colección fósiles extranjeros mesozoicos del Museo Geominero

Antes de abordar los datos sobre los distintos grupos de los fósiles del Mesozoico, es conveniente mostrar la importancia cuantitativa de las diferentes colecciones que componen los fondos paleontológicos del Museo Geominero. En la Tabla 1 se indica la evolución de los registros de la colección en las últimas etapas de su reestructuración. Con la información existente hasta el año 1994 se realizó un catálogo de los fósiles extranjeros que constaba de un total de 1.286 registros, todos ellos formando parte de la exposición permanente del Museo Geominero. Posteriormente, el número de registros ascendió hasta 2.819, debido fundamentalmente al desdoblamiento. Éste se llevó a cabo en el caso de que existieran varios ejemplares reunidos bajo la misma sigla. En ese caso, se asignó una nueva sigla a cada uno de los ejemplares por separado con el fin de que cada número de sigla (registro) se correspondiese con una única muestra. También, en menor medida, la colección aumentó como consecuencia de nuevas adquisiciones por donaciones.

Los fósiles pertenecientes al Mesozoico comprenden el 36% del total de la *Colección Fósiles Extranjeros*, mientras que los fondos del Paleo-

zoico y Cenozoico constituyen el 42% y 22%, respectivamente. Dentro del Mesozoico, el número de fósiles triásicos es reducido (5%), de los que aproximadamente la mitad son bivalvos. Sin embargo, el número de fósiles del Jurásico constituye el 61% y el de Cretácico el 34%. Con

	2000	2001
Nº TOTAL REGISTROS:	19.482	25.407
Colección Evolución Humana	713	713
Colección Fósiles Extranjeros	2.501	2.819
Colección Invertebrados y Plantas Fósiles de España	14.638	19.117
Colección Fósiles Vertebrados de España	2.746	2.758
COLECCIÓN FÓSILES EXTRANJEROS:		
Precámbrico	2	2
Cámbrico	24	26
Ordovícico	53	73
Silúrico	535	546
Devónico	373	373
Carbonífero	98	100
Pérmico	76	77
TOTAL PALEOZOICO	1.161	1.197
Triásico	47	47
Jurásico	546	621
Cretácico	307	343
TOTAL MESOZOICO	933	1.011
Paleógeno	415	424
Neógeno	140	149
Cuaternario	17	32
Actual	1	1
TOTAL CENOZOICO	573	606

Tabla 1. Evolución del número de registros en las colecciones del Museo Geominero, con indicación expresa de la *Colección Fósiles Extranjeros*.

respecto a su procedencia geográfica, hay que destacar la mayor abundancia de ejemplares procedentes de Francia: en todos los sistemas, el porcentaje mayor de fósiles procede de este país (Tabla 2). Otros países bien representados son Holanda y Alemania.

En cuanto a la distribución por grupos taxonómicos, en general, predominan los moluscos y los braquiópodos. Dentro de los primeros, los bivalvos son el grupo taxonómico dominante en todos los sistemas,

Tabla 2

PROCEDENCIA	TRIÁSICO	JURÁSICO	CRETÁCICO
Alemania	19.1	10.6	0.3
Antártida	—	—	1.7
Argelia	—	—	0.6
Argentina	2.1	0.2	2.6
Australia	—	—	0.3
Austria	17.1	—	—
Bélgica	—	—	0.9
Brasil	—	—	0.3
Canadá	—	—	1.4
Estados Unidos	—	0.3	0.6
Francia	55.3	80.7	68.6
Gran Bretaña	—	1.6	5
Holanda	—	1.1	6.1
Líbano	—	—	0.3
Madagascar	—	0.8	0.3
Marruecos	—	0.3	7
Nueva Zelanda	—	0.3	—
Perú	—	—	0.3
Polonia	2.1	0.2	—
Portugal	—	0.2	—

Continuación. Tabla 2.

PROCEDENCIA	TRIÁSICO	JURÁSICO	CRETÁCICO
Rusia	—	0.6	0.3
Suecia	—	0.2	1.7
Suiza	—	0.3	—
Ucrania	—	—	0.3
Procedencia desconocida	4.3	2.6	1.4

Tabla 2. Distribución geográfica de los registros mesozoicos de la Colección Fósiles Extranjeros del Museo Geominero. Las cifras se expresan en %.

estando la revisión taxonómica de los bivalvos triásicos y jurásicos ya en preparación. Existen otros grupos taxonómicos bien representados, como son los equinodermos y los artrópodos (Tabla 3).

GRUPOS TAXONÓMICOS	TRIÁSICO	JURÁSICO	CRETÁCICO
Ichnofósiles	—	0.2	—
Foraminifera	—	—	1
Annelida	—	0.3	0.3
Bryozoa	—	0.2	—
Porifera	—	—	1.2
Anthozoa	—	1.1	4.5
Arthropoda	—	1.9	1.4
Brachiopoda	25.5	21.1	13.8
Mollusca	57.5	59.6	58.4
Echinodermata	6.4	13.3	9.6
Pisciformes	—	0.9	6
Reptilia	4.2	1	3.5
Aves	—	0.2	—
Plantae	6.4	0.2	0.3

Tabla 3. Porcentaje de los grupos taxonómicos identificados en cada uno de los sistemas mesozoicos de la Colección Fósiles Extranjeros del Museo Geominero.

Conclusiones

Hasta el momento se ha realizado la revisión taxonómica y museográfica del 78% del total de la *Colección Fósiles Extranjeros*. El número total de vitrinas reestructuradas ha sido de diecinueve. Once corresponden al Paleozoico y ocho al Mesozoico. En un futuro se pretende realizar la revisión taxonómica de todos los grupos en colaboración con los especialistas correspondientes. En el momento actual, la sistemática de los bivalvos del Triásico y Jurásico está siendo ya revisada.

Agradecimientos

Las autoras agradecen a la Dra. Isabel Rábano (Museo Geominero, IGME), al Dr. Guillermo Meléndez (Universidad de Zaragoza) y a los revisores de este trabajo las sugerencias críticas del manuscrito.

Bibliografía

Menéndez, S., Arribas, A. y Rábano, I. 2000. Fósiles paleozoicos y del Precámbrico en la Colección de Fósiles Extranjeros del Museo Geominero (IGME). *Libro de resúmenes I Congreso Ibérico de Paleontología-XVI Jornadas de Paleontología*, J. B. Díez y A. C. BALBINO (eds.), 178.

La Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel y el proyecto Dinópolis, un modelo de promoción del Patrimonio Paleontológico

R. ROYO TORRES^{1,2}, A. COBOS¹ Y J. A. ANDRÉS^{1,3}

Abstract The Palaeontological Foundation in Teruel is managed by a Directorate constituted by members of several Public Organisms, such as the Aragón Government and the Instituto Aragonés de Fomento. It consists of a main centre in Teruel, and six nucleuses else placed in some villages around the province. The purpose of this model of promotion of palaeontological heritage, is to protect the patrimony and to get economics resources from tourism attracted by it.

Key words: Palaeontological heritage, expositions, conservation and auto-financiable.

Palabras clave: Patrimonio paleontológico, exposiciones, conservación y autofinanciable.

¹ Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel, edificio Dinópolis, polígono Los planos, 44002, Teruel. dinopolis@navegalia.com.

² Área de Paleontología, Departamento de Ciencias de la Tierra, Universidad de Zaragoza. 309037@docto.unizar.es.

³ Departamento de Cultura y Turismo de la Diputación General de Aragón. Edificio Pignatelli, Paseo María Agustín, 36, 50071-Zaragoza. jaandres@aragob.es.

Introducción

La Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel (F.C.P.T.) se constituye para promocionar el patrimonio paleontológico directamente relacionado con el proyecto Dinópolis. Consta de una sede central en Teruel con oficinas, laboratorio de restauración y almacén, entre su plantilla se encuentran paleontólogos, restauradores y personal de gestión económica. Sus funciones están dirigidas al asesoramiento científico y divulgativo de las exposiciones paleontológicas del proyecto Dinópolis, trabajar sobre el patrimonio paleontológico de Teruel, protegiendo y poniendo en valor, tanto yacimientos como bienes muebles, y colaborar con los investigadores de otras instituciones que trabajan en la provincia para mayor conocimiento de este patrimonio. El objetivo primordial es proteger el patrimonio y aprovechar los recursos económicos que derivan de un turismo generado en su difusión. Parte de los recursos económicos son reutilizados en nuevas inversiones.

Explotación del patrimonio paleontológico

La fragilidad de los yacimientos paleontológicos supone un impedimento a la hora de difundirlos. Es por ello, que en todo momento tengan que realizarse proyectos de explotación turística adecuados. La Fundación va a realizar todos aquellos proyectos encaminados a la explotación turística y divulgación de sus contenidos paleontológicos, Andrés y Royo-Torres (1999). En una primera fase los puntos paleontológicos se han seleccionado en base a las siguientes pautas, modificadas de Alcalá (1998):

Aspectos intrínsecos:

- atracción y conocimiento social e histórico de los yacimientos.
- accesibilidad cultural y didáctica de la sociedad a los yacimientos.
- diversidad paleontológica y geológica.
- conocimiento científico.
- fragilidad, protección física y legal

Aspectos extrínsecos:

- condicionantes geográficos para elaborar una ruta.

- infraestructura turística.
- iniciativa e interés municipal.
- existencias de bienes complementarios no paleontológicos.

Los municipios seleccionados en una primera fase son: Albarracín, en donde se pretende mostrar el Jurásico marino representado en la Sierra de Albarracín. Galve, cuyo patrimonio paleontológico está formado por restos directos e indirectos de dinosaurios. La localidad de Peñarroya de Tastavins por el hallazgo de un dinosaurio saurópodo articulado parcialmente y de gran tamaño, Royo-Torres (1998). Mas de las Matas-Castellote por contener un Museo con área de Paleontología y yacimientos de troncos fósiles, dinosaurios e invertebrados. Rubielos de Mora por encontrarse en su municipio un yacimiento *Konservat-Lagerstätten* del Mioceno con restos de insectos, vertebrados y plantas. Por último Concud por contener varios yacimientos de mamíferos del Terciario de interés científico e histórico, Alcalá *et al.* (1999). Para el asesoramiento científico de estas exposiciones y centros se realizan convenios con investigadores integrados en la Universidad de Zaragoza, Universidad de Valencia y Museo Nacional de Ciencias Naturales.

Relación entre la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel y Dinópolis

El proyecto Dinópolis nace desde el Departamento de Industria, Comercio y Desarrollo del Gobierno de Aragón y es elaborado y llevado a cabo por el Instituto Aragonés de Fomento (I.A.F.) como un proyecto económico. Desde un primer momento, y debido tanto a la temática seleccionada como a la utilización del patrimonio paleontológico, se consideró la necesidad de incluir la aportación institucional del Departamento de Cultura y Turismo. Para ello, se pensó en crear la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel formada por el Departamento de Industria, Comercio y Desarrollo (mediante el Instituto Aragonés de Fomento) y el Departamento de Cultura y Turismo y los ayuntamientos integrados en el proyecto. La Fundación es dirigida por un patronato integrado por miembros del Gobierno de Aragón, la universidad de Zaragoza y la Sociedad Española de Paleontología. La Fundación dispone de personal especializado en paleontología, restauración y gestión económica. Desde el punto de vista económico la Fundación

se nutre del Instituto Aragonés de Fomento a través del Fondo Especial para Teruel y dotación patrimonial del patronato.

Además, en el momento actual, se ha formado la sociedad gestora Dinópolis que explota económicamente el proyecto creado por la Fundación y cuya titularidad le pertenece. Esta sociedad está integrada por empresas privadas y organismos públicos. La Fundación percibe de la sociedad gestora los recursos económicos precisos para su funcionamiento por la cesión de la explotación. La Fundación tiene entidad propia e independiente de la sociedad gestora y depende exclusivamente del patronato. Por todo ello, la fundación debe realizar labores propias de asesoramiento, apoyo científico y conservación del material paleontológico en explotación turística.

Su primer proyecto ha sido poner en funcionamiento el edificio central en Teruel, con 9000 m² de exposición dividido en dos zonas:

— zona de ocio: cuenta con un restaurante, tienda, cine y un viaje en el tiempo desde el Big-Bang hasta la extinción de los dinosaurios.

— zona de exposición paleontológica: con tres salas principales, sala del mundo acuático, sala de dinosaurios y sala de mamíferos. En ellas se exponen tanto fósiles originales como réplicas de vertebrados. El material representa fósiles de todas partes del mundo y se combina con material de la provincia de Teruel.

Relación de la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel con la Dirección General de Patrimonio

La normativa autonómica en materia de gestión del patrimonio paleontológico confiere la competencia exclusiva al Departamento de Cultura y Turismo del Gobierno de Aragón (Andrés *et al.* 1998). Es por ello necesario que la Fundación integre este Departamento, lo que posibilita que las decisiones que interfieran directamente sobre el patrimonio paleontológico sean tomadas de forma coherente con las directrices del Gobierno de Aragón. En este sentido existe una estrecha colaboración entre los técnicos de la Fundación y la Dirección General de Patrimonio Cultural. Para llevar a cabo esta colaboración se ha elaborado un protocolo de relaciones entre ambas instituciones, donde destacan los procesos a realizar para la cesión de piezas, la obtención de materiales, gestión de los hallazgos, asignación de tareas entre los téc-

nicos y valoración y desarrollo de las actuaciones paleontológicas. Fruto de esta colaboración constituye el depósito de material de titularidad autonómica en la Fundación.

Objetivos de la fundación

Los objetivos primordiales a corto plazo, pero que el desarrollo del proyecto hará ampliar son fundamentalmente:

1. Recuperación del patrimonio paleontológico de la provincia de Teruel. La existencia de una institución, como la Fundación Conjunto Paleontológico de Teruel ha supuesto un acercamiento de la paleontología a la sociedad en esta provincia, prueba de ello son el gran número de información sobre hallazgos casuales de yacimientos y restos paleontológicos por personas ajenas a la paleontología, cumpliendo con la obligada comunicación posterior a la administración. Un ejemplo son los hallazgos de reptiles marinos en Manzanera (Teruel), que propició una actuación directa de la Dirección General de Patrimonio Cultural, con la colaboración de la Fundación. En este marco también se encuadraría la restauración realizada por la Fundación de material depositado en el Museo Provincial de Teruel como es el caso de los restos de un *Iguanodon* de Galve y del material de *Aragosaurus*.

2. Difusión del patrimonio paleontológico de Teruel a través de una red de centros dependientes económicamente del proyecto Dinópolis, con labores de conservación y asesoramiento realizadas por la Fundación y sus colaboradores. Dentro de estos objetivos está la recuperación y conservación de colecciones del patrimonio de Teruel que se encuentra diseminada tanto en la provincia como fuera de ella, ya sean de titularidad pública como privada.

3. Recursos educativos: congresos científicos, formación de profesorado, monitores, escolares y público en general. Creemos que la Fundación, como fundación sin ánimo de lucro y al servicio de la sociedad paleontológica, debe interesarse por el desarrollo científico y profesional de la paleontología. A este respecto, la financiación o apoyo a congresos científicos es un objetivo primordial de la Fundación. Hasta ahora la colaboración económica en congresos (III International Symposium Progeo on the Conservation of the Geological Heritage, el IV European Workshop on vertebrate paleontology y el IV International

Conference on taphonomy and diagenesis, celebrados en Teruel), así lo ponen de manifiesto. Asimismo, es de interés formar a educadores, profesionales y otros colectivos que intervienen en la gestión, enseñanza y promoción de la paleontología.

4. La Fundación pretende dar a Teruel el protagonismo paleontológico y geológico que su patrimonio merece y que puede favorecer, junto con el propio proyecto Dinópolis, en el desarrollo de la provincia de Teruel. La situación económica y demográfica de la provincia de Teruel ha hecho que se busquen proyectos de desarrollo económico. Junto a estos proyectos deben existir otros de carácter cultural de relevancia a nivel nacional que propicien un mayor conocimiento de la provincia de Teruel, en este caso de su patrimonio paleontológico.

5. Apoyo a la explotación turística de toda la provincia de Teruel. El papel de la Fundación debe ser determinante a la hora de utilizar el patrimonio paleontológico como recurso turístico, asegurando su correcta y adecuada utilización, dentro de un desarrollo sostenible.

6. Como objetivo final, y teniendo en cuenta los anteriores objetivos descritos, se puede entender que todos ellos forman parte de los criterios propios de una institución museística. Es por ello que el objetivo final, a medio plazo, sea la constitución de un museo paleontológico.

Conclusiones

La existencia de una Fundación sin ánimo de lucro, con los medios económicos adecuados y asegurados anualmente, debe propiciar la realización de actuaciones paleontológicas; excavaciones, restauración, estudio y promoción del patrimonio paleontológico de la provincia de Teruel. La utilización adecuada del patrimonio paleontológico, mediante la constitución de la Fundación y la creación del proyecto Dinópolis supone un incremento económico y cultural de la provincia de Teruel, bajo la perspectiva del desarrollo sostenible.

La gestión del patrimonio puede verse favorecida con la existencia de la Fundación en la que se incluye el Gobierno de Aragón.

La Fundación puede dar lugar a la existencia de un museo paleontológico estable en la provincia de Teruel.

Esta Fundación posibilita la promoción cultural de la provincia de Teruel, en base a su patrimonio paleontológico, dentro de los objetivos de la sociedad turolense que pretende ocupar un papel más relevante en el Estado.

Agradecimientos

La Fundación ha contado con la estimable colaboración del Museo Nacional de Ciencias Naturales de Madrid, el Museo Provincial de Teruel, el Museo Paleontológico de la Universidad de Zaragoza y la Dirección General de Patrimonio Cultural, para el depósito temporal de material paleontológico de Teruel en la exposición de Dinópolis.

Bibliografía

- Andrés, J. A. and Royo-Torres, R. 1999. Cultural diffusion as a model of conservation from paleontological heritage: Conjunto Paleontológico de Teruel. *III International Symposium Progeo on the conservation of the Geological Heritage*.
- Andrés, J. A. y Royo, J. I. 1998. «Desarrollo legal del Patrimonio Paleontológico en la Comunidad Autónoma de Aragón». *Naturaleza Aragonesa*, 3, 22-29.
- Alcalá, L. 1998. Evaluación Patrimonial de los yacimientos de vertebrados miocenos de Concud (Teruel). *Comunicaciones de la IV Reunión Nacional de la Comisión del Patrimonio Geológico*, 29-36.
- Alcalá, L. Azanza, B., Sánchez, B. y Pesquero, D. 1999. The mammal sites from latest Miocene of Concud (Teruel). The Geological and paleontological heritage of central and eastern Iberia (Iberian range, Spain). Eds. Meléndez, G. and Soria-Llop, C., *SEPAZ*, 4, 117-132.
- Royo-Torres, R., Canudo, J. I., Barco J. L. y Cuenca-Bescós, G. 1998. El Dinosaurio de Peñarroya de Tastavins: Un modelo de actuación paleontológica. *I Jornadas sobre el Patrimonio de la provincia de Teruel*, Rubielos de Mora.

VI EDICIÓN DEL AULA DE INFORMÁTICA

Modelización digital de macroinvertebrados fósiles con escáner 3D

J. E. CARACUEL¹, J. CARDENAL², J. DELGADO² y M. BOIX³

Abstract It is assessed high resolution 3D scanner for tridimensional modelization of mid-size fossils. High metric accuracy ($\pm 0.1-0.2$ mm) and low time-consuming (few seconds) make this technique appropriate for dimensional analysis in fossil macroinvertebrates. Digital analysis of surface models offers new parameters based on the fossil form and ornamentation to approach taxonomy and phylogeny.

Key words: Digital surface model, fossil macroinvertebrates, 3D scanner, computational paleontology.

Palabras clave: Modelo digital de superficie, macroinvertebrados fósiles, escáner 3D, paleontología computacional.

¹ Departamento Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante, Apdo. 99, 03080 San Vicente del Raspeig, Alicante. Jesus.Caracuel@ua.es.

² Departamento Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, Universidad de Jaén, Av. Virgen de la Cabeza 2, 23071 Jaén. jcardena@ujaen.es; jdelgado@ujaen.es.

³ Aquateknica, S.A., C/ Felipe Salvador 11, 46022 Valencia. aquateknica@retemail.es.

Introducción

En la actualidad, con el desarrollo del protocolo de comunicaciones HTTP se ha favorecido un intercambio de información vía Internet eficiente, rápido y de bajo coste. Sin embargo, sus aplicaciones paleontológicas en el sentido de compartir información han sido comparativamente escasas debido a la dificultad que presenta la creación de ficheros informáticos donde se representen los fósiles de un modo fotorrealístico y, a la vez, con parámetros cuantitativos. Numerosos suministradores de bases de datos, bibliotecas y universidades han confeccionado paginas WEB de contenidos paleontológicos que aplican herramientas eficaces (hipertexto, robot de búsqueda, etc.), con una utilidad evidente, pero que representan los fósiles en imágenes planas donde se pierde gran parte de la información.

Un avance notable en la transmisión e intercambio de información paleontológica vía Internet es el empleo de modelos digitales tridimensionales de superficies (MDS) de los fósiles. Mediante este tipo de modelos se consigue un doble objetivo, pues posibilitan la reproducción fotorrealística del fósil, además de contar con los parámetros métricos que garantizarían sus aplicaciones en taxonomía (holotipos) y en estudios filogenéticos. La generación de MDSs de fósiles es, sin embargo, un proceso que necesita de instrumental relativamente costoso, de complicado manejo y que requiere un tiempo de elaboración que limita el uso de la técnica de forma generalizada.

No obstante, el interés de este tipo de modelos ha llevado a que en los últimos años hayan sido aplicadas diferentes técnicas para la generación de modelos tridimensionales de fósiles, como por ejemplo, el análisis de imágenes y sistemas automáticos de visión (Kitchell, 1990; Media Cybermatics L.P., 1995-1999), las técnicas fotogramétricas digitales (Caracuel *et al.*, 1999), las aplicaciones en vídeo (videogrametría) o las tomografías computerizadas (Arsuaga, 1999).

Los dispositivos de escáner 3D sin contacto de nueva generación permiten la adquisición eficiente de MDSs de fósiles de macroinvertebrados de tamaño medio. La rápida ejecución del proceso y las precisiones alcanzables se han revelado eficaces para la modelización de la forma de los fósiles y sus detalles ornamentales (vg., Hammer, 1998; The Natural History Museum U.K., 2001).

Ejemplos de aplicación

Para poner de manifiesto las posibilidades de empleo de los escáner 3D para la modelización de restos fósiles se presentan diversos ejemplos sobre macroinvertebrados fósiles de morfologías y tamaños variados como ammonites (*Perisphinctes*), trilobites y gasterópodos (*Strombus*).

Los trabajos se han realizado con un escáner 3D sin contacto MINOLTA VI-900, en condiciones de iluminación homogéneas y aplicando un procedimiento de vistas independientes. En algún caso se empleó también el accesorio de soporte rotatorio RF-1 para obtener vistas angulares. El sistema posee la posibilidad de captura dual (bitmap + geometría), con lo que el MDS puede ser visualizado en formato WRML con sus texturas fotorrealísticas. Tanto las vistas independientes como las angulares fueron montadas empleando los programas integrados en el sistema POLYGON EDIT y RAPIDFORM 2000 para generar el MDS definitivo, exportable a formatos DXF, VRML o STL, entre otros (MINOLTA Co., 2001). De acuerdo con las condiciones de iluminación, el objetivo empleado y las características de cada fósil, la precisión media planimétrica de la digitalización fue de ± 0.2 mm.

Estas precisiones submilimétricas que alcanzan los modernos escáner 3D sin contacto son suficientes para garantizar la reproducibilidad de los caracteres anatómicos de la mayoría de macroinvertebrados fósiles. En la lámina 1 se observa sobre la reconstrucción fotorrealística del MDS detalles ornamentales delicados como la costulación del ammonites (Lám. 1D) y las pleuras del trilobites (Lám. 1F). El volumen de información morfométrica contenido en el MDS favorece, además, la generación de descriptores morfométricos de los fósiles que difícilmente se podrían llevar a cabo de modo tradicional: Ángulos de las costillas respecto a un radio, ángulo entre costillas primarias y secundarias, alturas de los puntos de bifurcación respecto al flanco, relación grosor/altura de las costillas, etc.

La posibilidad de captura de información por medio de vistas independientes y barridos angulares garantiza el escaneado de toda la superficie del fósil de modo eficiente. Este hecho es relevante en elementos con múltiples zonas ocultas como gasterópodos fuertemente tuberculados (Lám. 1H-J).

Conclusiones

Los dispositivos de escáner 3D sin contacto de nueva generación realizan la captura de MDSs de fósiles con un mínimo tiempo de ejecución. Los tiempos de digitalización (3-10s en cada vista), más el tiempo de procesamiento del sistema (10-20s; importación/exportación, alineación, ensamblaje y filtrado), más los tiempos muertos para el posicionamiento y reubicación del fósil, apenas superan un minuto. Esto favorece su aplicación tanto para fósiles singulares (holotipos, especímenes de museo) como para un volumen importante de material de trabajo. De este modo se puede llevar a cabo una comparativa métrica entre los MDSs de los holotipos y de los fósiles bajo estudio, que agiliza las labores taxonómicas y ofrece nuevos criterios cuantitativos.

Las precisiones planimétricas y altimétricas obtenidas ($\pm 0.1-0.2$ mm) son suficientes para garantizar la representación de los detalles ornamentales más delicados de los macroinvertebrados fósiles más comunes (costulación en ammonites, espinas de gasterópodos o rasgos anatómicos en trilobites). El estudio sobre el MDS del número, posición, tamaño y morfología de la ornamentación permite igualmente mejorar las labores taxonómicas, aplicando descriptores morfométricos, con criterios cuantitativos, que serían más lentos de obtener por procedimientos tradicionales, además de más imprecisos.

Estos MDS presentan además la ventaja de permitir un rápido y económico intercambio vía Internet entre la comunidad científica, favoreciendo el acceso a bases de datos con los holotipos de referencia de los distintos grupos de macroinvertebrados, para su consulta pública.

Otra posibilidad de futuro, que en la actualidad comienza a desarrollarse es la materialización de los MDS por medio de impresoras 3D (prototipadoras). De este modo, el usuario puede generar réplicas tridimensionales de los fósiles (sobre resinas u otras sustancias plásticas), de modo comparable a los moldes en escayola actuales.

Agradecimientos

El estudio se ha realizado en el marco de los grupos de investigación RNM-178, RNM-126, TEP-169 (Junta de Andalucía). Se agradece a la empresa Aquateknica S.A. las pruebas realizadas con el escáner 3D VI-900. Asimismo, las correcciones y sugerencias de M^a A. Sacristán (Centro Investigaciones Biológicas, CSIC) y P. Palmqvist (Univ. Málaga).

Bibliografía

- Arsuaga, J. L. 1999. Restitución Tridimensional de Imágenes Tomográficas de Fósiles. *XV Jornadas de Paleontología*, Madrid. Instituto Tecnológico Geominero de España, II, 459.
- Caracuel, J. E., Cardenal, F. J. y Delgado, J. 1999. Aplicaciones Fotogramétricas Digitales al análisis Morfométrico de Restos Fósiles. *XV Jornadas de Paleontología*, Madrid. Instituto Tecnológico Geominero de España, II, 460-461.
- Hammer, O. 1998. Computational Paleontology (online). Univ. Oslo, Noruega. Accesible: <http://www.notam.uio.no/~oyvindha/compal.html>. (última visita: 2001-07-07).
- Kitchell, J. A. 1990. Chapter 6.1. Computer Analysis in Palaeontology. *Palaeobiology A Synthesis*. (Eds. D.E.G. Briggs and P.R. Crowther). Blackwell Scientific Publication, 493-499.
- Minolta Co., Ltd 2001. VI-900-3D Digitizers. A high resolution, high accuracy 3D scanner. In: Minolta 3D digitizers, non-contact 3D laser scanner (online). Accesible: <http://www.minolta-3d.com>. (última visita: 2001-07-07).
- Media cybermatics L.P. 1995-1999. Dating sedimentary rock with foraminifera morphology. In: *Optimas, from images to answers (online)*. Accesible: <http://www.optimas.com/appnotes/an013.htm>. (última visita: 2001-07-07).
- The Natural History Museum U.K. (2001). VRML fossils. In: *Virtual reality at the NHM (online)*. Accesible: <http://www.nhm.ac.uk/interactive/vrml/index.html>. (última visita: 2001-07-07).

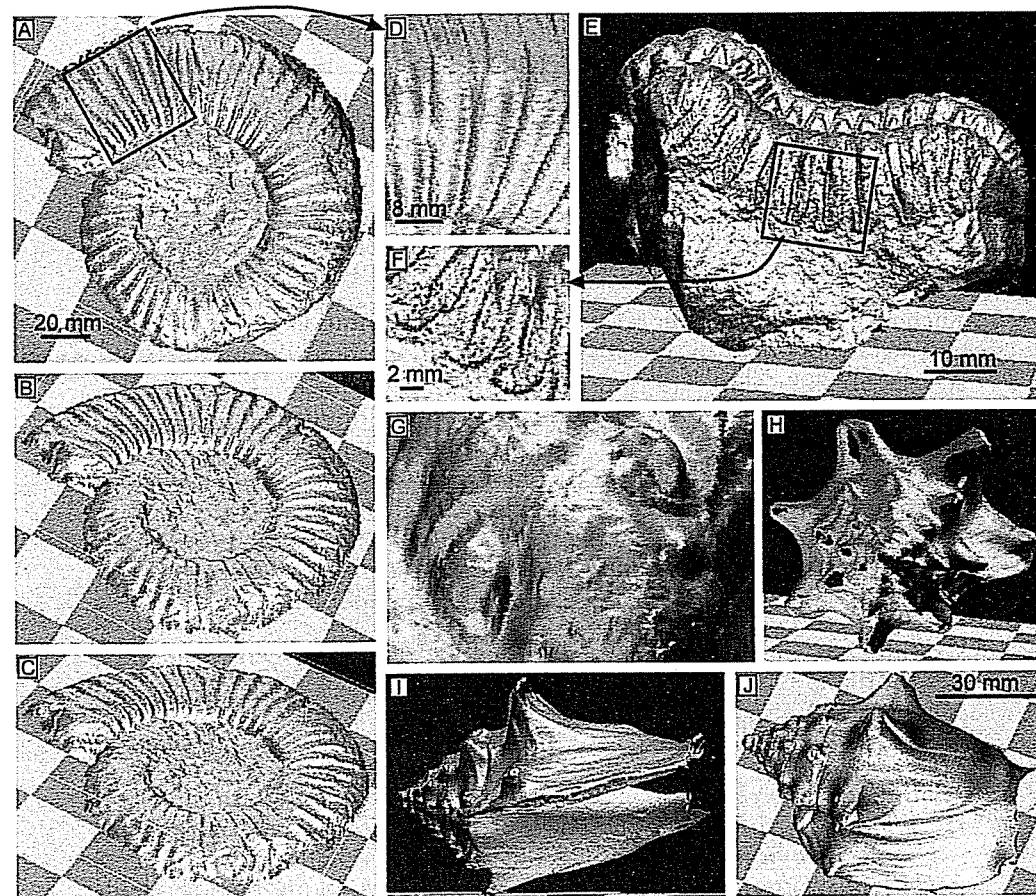


Lámina 1. Modelos digitales tridimensionales de macroinvertebrados fósiles a partir de imágenes capturadas con un visor 3D. A, B, C. Secuencia de rotación del MDS de un *Perisphinctes* (Ammonoidea). D. Detalle del relieve de las costillas y sus bifurcaciones E-G. MDS de un trilobites F, G, Detalles ampliados de las pleuras y el cefalón. H, I, J. Diversas vistas del MDS de un gasterópodo (*Strombus*).

Sistemas fotogramétricos automatizados para la obtención de medidas y visualización de grandes restos fósiles

J. CARDENAL¹, J. DELGADO¹, J. E. CARACUEL² Y L. ORDOÑO¹

Abstract We present a methodology for obtaining dimensional information of fossil vertebrates (organic rests, fossil tracks, etc.) by means of digital photogrammetry. Medium and high accuracy information can be obtained from digitized images and a digital photogrammetric workstation. Output products, such as digital models (3D, surface and elevation models), orthophotographs or anaglyphic images, are useful, not only for research, but also for educational and divulging purposes.

Key words: 3D models, fossil vertebrates, digital photogrammetry, computational paleontology.

Palabras clave: Modelos 3D, vertebrados, fotogrametría digital, paleontología computacional.

Introducción

En las últimas décadas se ha experimentado un importante cambio en el ámbito científico y se ha registrando una evolución hacia

¹ Departamento de Ingeniería Cartográfica, Geodésica y Fotogrametría, Universidad de Jaén. C/ Virgen de la Cabeza, 2. 23071-Jaén. jcardena@ujaen.es; jdelgado@ujaen.es.

² Departamento Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente, Universidad de Alicante. Apartado de Correos, 99. 03080-Alicante. Jesús.Caracuel@ua.es.

enfoques donde prevalece el análisis cuantitativo frente al cualitativo. Así, la paleontología requiere de datos cuantitativos que favorezcan interpretaciones basadas en el análisis numérico. De este modo, ha aparecido la Paleontología Computacional, centrada en la aplicación de métodos numéricos a los trabajos paleontológicos. En relación con el análisis morfométrico de grandes restos fósiles de macrovertebrados, la mayoría de las técnicas de modelado tridimensional presentan notables problemas de aplicación, derivados del tamaño del objeto a modelar o de su localización en campo. Por ello, la generación de modelos 3D de grandes fósiles y la reconstrucción tridimensional de yacimientos paleontológicos son difícilmente abordables (u ofrecen precisiones muy bajas) por medio de las técnicas actualmente desarrolladas. En Caracuel *et al.* (2001) y Sutton *et al.* (2001) se abordan y comentan diferentes técnicas con este propósito. En este trabajo se presenta una metodología de aplicación de técnicas fotogramétricas digitales para la obtención de información métrica de alta precisión sobre restos fósiles de tamaño mediano a grande.

Los problemas clásicos fundamentales para la aplicación de las técnicas fotogramétricas consisten en su ejecución, que requieren de un personal especializado y con un elevado coste, tanto en instrumental como en tiempo de trabajo. Sin embargo, estas limitaciones han desaparecido en gran medida con las técnicas fotogramétricas digitales. Estas se basan en el empleo de sistemas informáticos equipados con sistemas de visión estereoscópica y de desplazamiento tridimensional para la realización de medidas sobre imágenes digitales, con un importante nivel de automatización del proceso.

Metodología y resultados. Ejemplos de aplicación

En este trabajo se presentan dos ejemplos de aplicación de estas técnicas para la generación de modelos tridimensionales. En el primer ejemplo (Fig. 1) se ha realizado un modelo digital de superficie (MDS) de un conjunto de huellas de tetrápodo procedentes de un yacimiento triásico en la provincia de Jaén (Pérez, 1993). El segundo ejemplo (Lámina I), corresponde al MDS de una réplica realizada en resina de un fósil de ictiosaurio. En ambos casos, se han tomado un número variable de pares estereoscópicos (de seis a nueve por muestra). Las medidas se han realizado de forma automática mediante sistemas fotogramétricos digitales. El proceso ha consistido en:

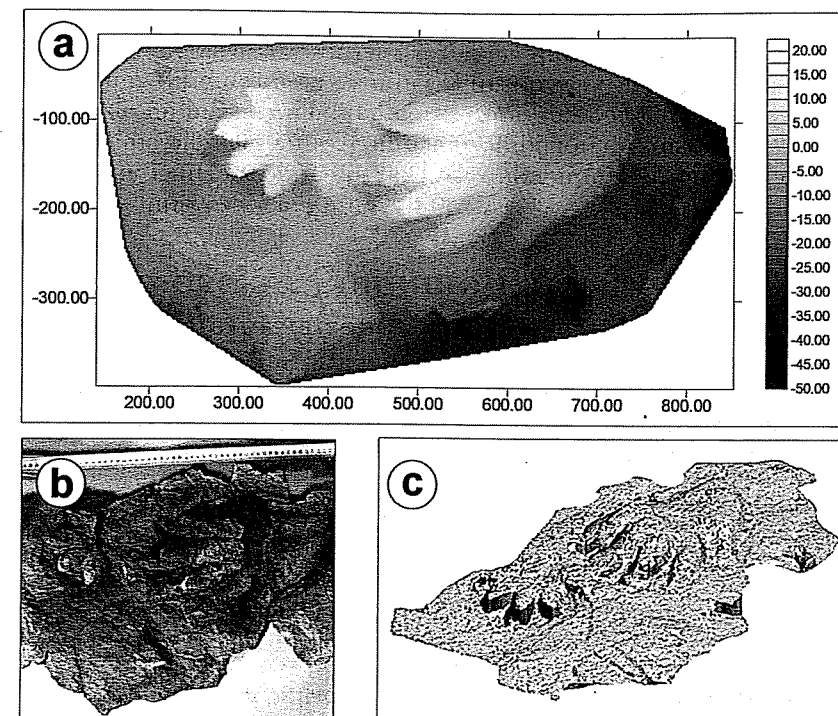


Figura 1. a) Modelo digital de elevaciones de una de las muestras de pisadas fósiles; b) Fotografía perteneciente a los pares estereoscópicos empleados en el trabajo; c) Imagen renderizada del modelo digital de elevaciones.

- Toma de las imágenes estereoscópicas, junto con algunas fotografías adicionales oblicuas (para reforzar la geometría del bloque). Se utilizó una cámara Hasselblad 500CM equipada con placa réseau, previamente calibrada (distancia focal y función de distorsión del objetivo conocidas; ver Atkinson, 1996, para más información).

- Digitalización de las imágenes. Se empleó un escáner fotogramétrico Intergraph PhotoScan TD con una resolución de digitalización de 1814 ppp, para la réplica del ictiosaurio, y otro escáner Agfa Horizon (no fotogramétrico) a 1200 ppp de resolución (para el conjunto de huellas fósiles).

- Orientación de los fotogramas y ajuste en escala de los modelos estereoscópicos. Los errores relativos en la orientación de los foto-

gramas fueron de 0.5mm en planimetría y 1 mm en altimetría en sistema de coordenadas objeto. Todas las muestras se ajustaron en escala mediante medidas de distancia conocidas.

- Importación de los fotogramas y parámetros de orientación en el sistema fotogramétrico digital para la captura automática de los datos y la generación del MDS. En el caso de la réplica del ictiosaurio, el número total de puntos que integra la malla diseñada de espaciado 0,5x0,5mm es de 1.095.703, de los cuales fueron medidos automáticamente con éxito 993.655 en un tiempo aproximado de 2 horas. Para esta labor, se empleó el sistema LH Systems Socet Set v.4.3.1 instalado en un ordenador equipado de doble procesador Pentium III 800 MHz, 512 Mb RAM). En la lámina 1a se muestran los puntos medidos sobre la imagen original del objeto a medir, en cada uno de estos puntos se obtiene las coordenadas X,Y,Z con una precisión submilimétrica.

- Obtención de productos derivados como, por ejemplo, representaciones con curvas de nivel, ortoimágenes e imágenes de anaglifos (Fig. 1, Lám. I).

Discusión y conclusiones

La aplicación de las técnicas fotogramétricas digitales a restos fósiles de gran tamaño permite el análisis de la información morfométrica de un modo preciso y eficiente. Estas técnicas permiten la modelización 3D de objetos sin limitación de tamaño, a diferencia de otras metodologías de modelado 3D empleadas en paleontología.

La generación de un MDS de tamaño métrico se lleva a cabo por medio de la materialización de millones de puntos 3D sobre el objeto, con bajo coste en tiempo (inferior a un día de trabajo) y precisiones milimétricas, e incluso, submilimétricas. Para restos fósiles relevantes y/o delicados, cabe señalar que estas técnicas no precisan necesariamente establecer contacto físico con el objeto. Además, se pueden obtener diferentes niveles de precisión en función de las necesidades requeridas, calidad métrica del instrumental empleado y el tiempo de ejecución deseado, para cada caso.

Por medio de estas técnicas, se garantizan las ventajas derivadas del análisis estereoscópico de los restos fósiles (disponiendo tan sólo de las

imágenes correspondientes). Estas imágenes, de escala constante, posibilitan la realización de medidas de forma directa, así como la generación de múltiples salidas gráficas de indudable interés divulgativo y/o didáctico (animaciones 3D, representaciones de anaglifos).

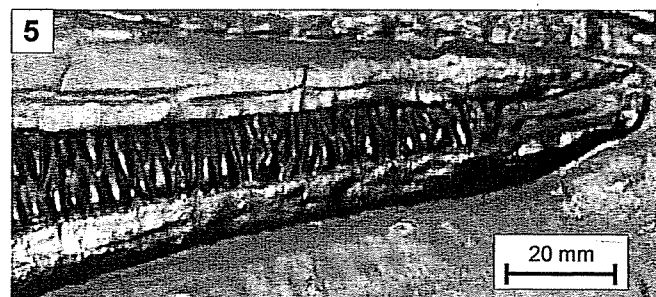
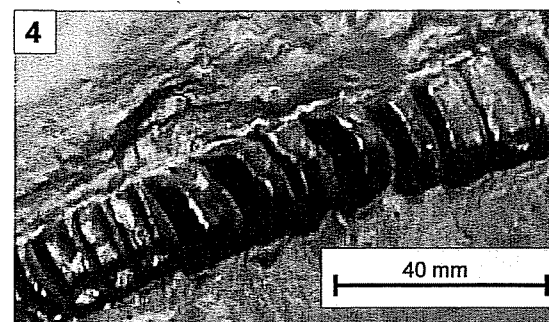
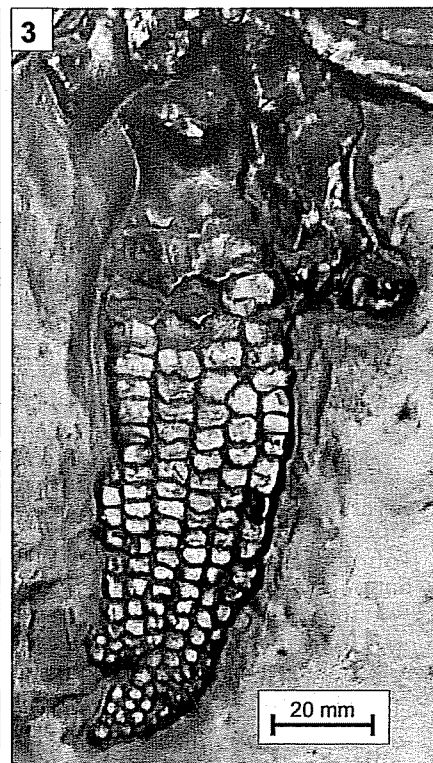
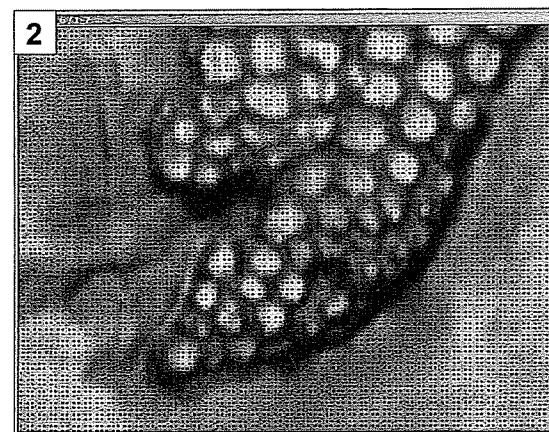
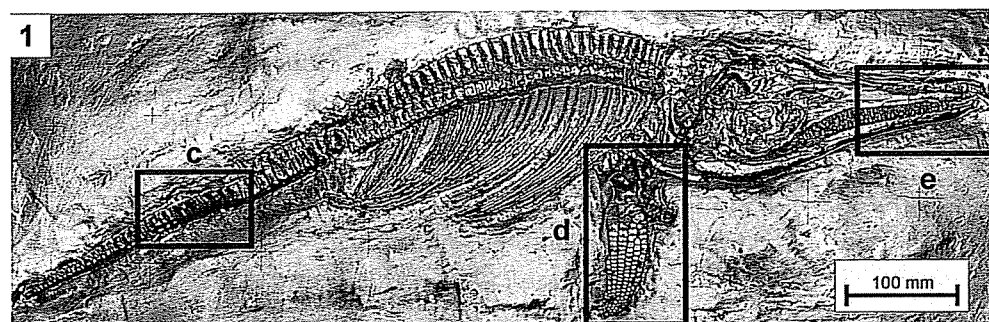
Agradecimientos

Se agradece al «Parque de las Ciencias» (Granada), las facilidades ofrecidas para la toma de las fotografías de las muestras estudiadas, así como al Dr. Alberto Pérez López (Universidad de Granada) la ayuda prestada. La fotografías empleadas han sido digitalizadas por Stereocarto S.L. (Madrid). Este trabajo ha sido realizado en el marco de las actividades de los grupos RNM-178; RNM-126 y TEP-164 del Plan Andaluz de Investigación de la Junta de Andalucía.

Bibliografía

- Atkinson, K. B. 1996. Close Range Photogrammetry and Machine Vision. Witles Publishing, UK, 371 pp.
- Caracuel, J. E., Cardenal, F. J., Delgado, J. y Roix, M. 2001. Modelización digital de macroinvertebrados fósiles con escáner 3D. *XVII Jornadas de Paleontología*. Albarracín (Teruel). Este volumen (en prensa).
- Pérez, A. 1993. Estudio de las huellas de reptil, del icnogenero *Brachychiroterium*, encontradas en el Trías Subbético de Cambil. *Estudios Geológicos*, 49: 77-86.
- Sutton, M. D., Briggs, D. E. G., Siveter, D. J. and Siveter, D. J. 2001. Methodologies for the Visualization and Reconstruction of Three-Dimensional Fossils from the Silurian Herefordshire Lagerstätte. *Paleontología Electrónica*, Vol. 4-1. Accesible: http://www.uv.es/~pardomv/pe/2001_1/s2/issue1_01.htm (último acceso: 10 de julio 2001)

Lámina 1. 1. Mosaico de ortoimágenes del objeto; 2. Detalle de la aleta en la que se superponen los puntos medidos al objeto (malla medida 0.5 x 0.5 mm); 3, 4, 5. Detalles de la cola, aleta pectoral y mandíbula de la ortoimagen generada (tamaño del píxel sobre la imagen 0,4 mm).



Construcción de material didáctico y de evaluación accesible en red: Herramientas del conjunto «hot potatoes» aplicadas a asignaturas paleontológicas

M. V. PARDO¹

Abstract *Hot Potatoes* is a set of six applications that enables to easily create learning and assessment exercises for the World Wide Web, in HTML or DHTML formats. Four of these applications (JBC, JCloze, JMatch and JQuiz) are very useful for teaching and learning in palaeontological courses. One of the biggest teacher's problem in distance learning via Internet, lack of experience in programming HTML and Javascript, will be overcome with the help of these programs.

Keywords: Distance learning, learning in Palaeontology, computer tools, Hot Potatoes software, HTML/JavaScript/DHTML programming.

Palabras clave: Enseñanza a distancia, enseñanza de la Paleontología, herramientas informáticas, programa *Hot Potatoes*, programación HTML/JavaScript/DHTML.

Introducción

La accesibilidad a Internet permite la utilización de herramientas telemáticas tanto en la enseñanza a distancia como complemento en la

¹ Departamento de Geología, *Universitat de València*, C/ Dr. Moliner, 50, E-46100 Burjassot Valencia. Miguel.V.Pardo@uv.es.

enseñanza presencial. Es precisamente en este segundo caso, y aplicado a la enseñanza de la Paleontología y las Ciencias de la Tierra, que se han realizado varias propuestas para el desarrollo tanto de ejercicios y tutoriales (ver Arlegui *et al.*, 1999; Pardo *et al.*, 1999a; Pardo *et al.*, 1999b), como de entornos completos de enseñanza asistida por Internet, denominados Aulas Virtuales (ver Pardo Alonso, 1998; Pardo Alonso, 2001).

Estas propuestas contemplan en todos los casos la utilización preferente del lenguaje HTML como herramienta básica de construcción, dada su versatilidad, facilidad de programación, accesibilidad multiplataforma y utilización universal en la red.

Sin embargo, aunque la programación es sencilla, necesita de un periodo de aprendizaje y la utilización de herramientas de programación genéricas, que en ocasiones precisan de un manejo experto para sacar el máximo partido a la programación HTML en la construcción de documentos de enseñanza y evaluación.

Por otro lado, los navegadores actuales son capaces de interpretar otros lenguajes que amplían las posibilidades del HTML puro. Uno de los menos complejos y de más rápida aplicación es el JavaScript, que combinado con HTML y hojas de estilo, dan lugar al DHTML (HTML Dinámico); pero, así y todo, la programación no es tan sencilla como el HTML puro, por lo que la incorporación de rutinas ya desarrolladas por terceros e insertadas con la ayuda de un programa asistente, es de gran utilidad para quienes no están habituados a programar en estos entornos, como suele ocurrir normalmente con la mayoría de los docentes.

El conjunto *hot potatoes*

Para paliar estos inconvenientes el *Humanities Computing and Media Centre* de la Universidad de Victoria (Canadá) desarrolló un conjunto de aplicaciones que agrupó bajo la denominación de *Hot Potatoes*. Cada aplicación está destinada a generar ejercicios interactivos directamente en formato de documentos web.

El conjunto consiste en seis herramientas de autor que permiten crear seis tipos diferentes de ejercicios. Únicamente es necesario abrir la aplicación adecuada al tipo de ejercicio deseado, e introducir los datos del mismo. La aplicación se encarga luego de generar el documen-

to web, en DHTML, de un modo transparente para el usuario, de modo que sólo resta enviarlo al servidor web o distribuirlo en diskettes entre los alumnos, si se trata de solucionarlos en desconexión (*off-line*). Se puede configurar el programa para que produzca variaciones sobre los documentos generados, o bien el código puede luego ser modificado por el profesor ya experto en programación, para adecuarlo aún más a sus propósitos.

Este conjunto está disponible tanto en versión Windows como MacOS, y tiene además la ventaja de ser de uso gratuito para instituciones o entornos educativos sin ánimo de lucro, siempre que los ejercicios estén disponibles libremente en la red. Para ello sólo es necesario bajarlo del servidor y registrarse como usuario (ver direcciones al final).

Aplicaciones específicas y posible utilidad

El conjunto está destinado inicialmente a la enseñanza de idiomas, por lo que algunos de los tipos de ejercicios, y por ende las aplicaciones que los generan, no son de mucha utilidad en la enseñanza de disciplinas paleontológicas o de CC. de la Tierra. Sin embargo, otros pueden resultar muy útiles tanto para preparar ejercicios y documentos de evaluación teóricos y prácticos. Todos los cuestionarios generados son navegables, y en ellos mismos se indica el porcentaje de aciertos del alumno, conforme va realizando el ejercicio. Aquí se proponen:

— Aplicación JBC: ejercicios de elección múltiple o de verdadero/falso. Permite realizar ejercicios clásicos consistentes en: una pregunta con varias respuestas a elegir, de las cuales o bien sólo una es correcta, o bien puede haber varias correctas; otra posibilidad es el responder si el enunciado de una frase es verdadero o falso. Existe la posibilidad de puede añadir un texto para lectura previa al ejercicio, con un tiempo de lectura programable, aunque está encaminado más hacia la evaluación de la comprensión escrita en exámenes de lenguaje. Los ejercicios pueden emplearse tanto para repaso como para examen, ya que la página web muestra la puntuación obtenida por el alumno.

— Aplicación JCloze: ejercicios de rellenar los huecos en un texto del que se han suprimido palabras, y éstas se pueden mostrar en un apartado. Se incluyen botones para dar pistas que ayuden al alumno a encontrar la respuesta, y ésta puede ser múltiple (p. ej. que admita por

igual «lamelibranquio» y «bivalvo». Aplicable para autoaprendizaje o repaso, más raramente para evaluación.

— Aplicación JMatch (Fig. 1): ejercicios de asociación o emparejamiento. Por un lado se puede proponer al alumno que ponga en orden una serie de frases; puede aplicarse a prácticas, donde una técnica se puede separar en diferentes procedimientos ordenados, o también en cuestiones teóricas en las que se manejen ordenaciones, ya sea temporales, lógicas, ... Por otro lado, puede generar ejercicios de emparejar, donde se ofrecen dos listados y se pueden incluir imágenes, de modo que es posible añadir fotografías o diagramas; esto resulta muy útil en prácticas de materias paleontológicas que incluyan aspectos de sistemática o cualesquiera otros de identificación visual, como un proceso o sus efectos.

— Aplicación JQuiz: ejercicios de preguntas abiertas, en las que hay que escribir una palabra o frase corta como respuesta. Aquí se admiten hasta cuatro soluciones posibles. Ideal para exámenes en los que se facilita al alumno una definición y la respuesta que debe dar es el concepto definido, o bien responder con una frase corta. Se puede programar para que el ejercicio indique si la frase o palabra es en parte correcta, o bien facilitar algunas letras; en tales casos se pueden realizar ejercicios de autoaprendizaje y repaso. Esta aplicación también admite la inclusión de imágenes en las cuestiones, de modo que se pueden plantear preguntas sobre imágenes, gráficos o incluso animaciones.

Las restantes aplicaciones son JCross (realiza crucigramas) y JMix (ejercicios de ordenar palabras para formar una frase); aunque son muy útiles en lingüística, tienen aplicación menor en nuestra disciplina. Pueden ser utilizadas puntualmente para aprendizaje y repaso a modo de juego.

Conclusiones

A la hora de aprovechar los recursos telemáticos en la enseñanza, uno de los principales obstáculos que encuentran los profesores es el desconocimiento de los lenguajes de programación, utilizados para construir ejercicios tanto de enseñanza como de evaluación. El conjunto de aplicaciones *Hot Potatoes* permite generar estos documentos en HTML o en DHTML (HTML Dinámico) de un modo sencillo para el profesor, el cual solamente debe introducir los datos del ejercicio y con-

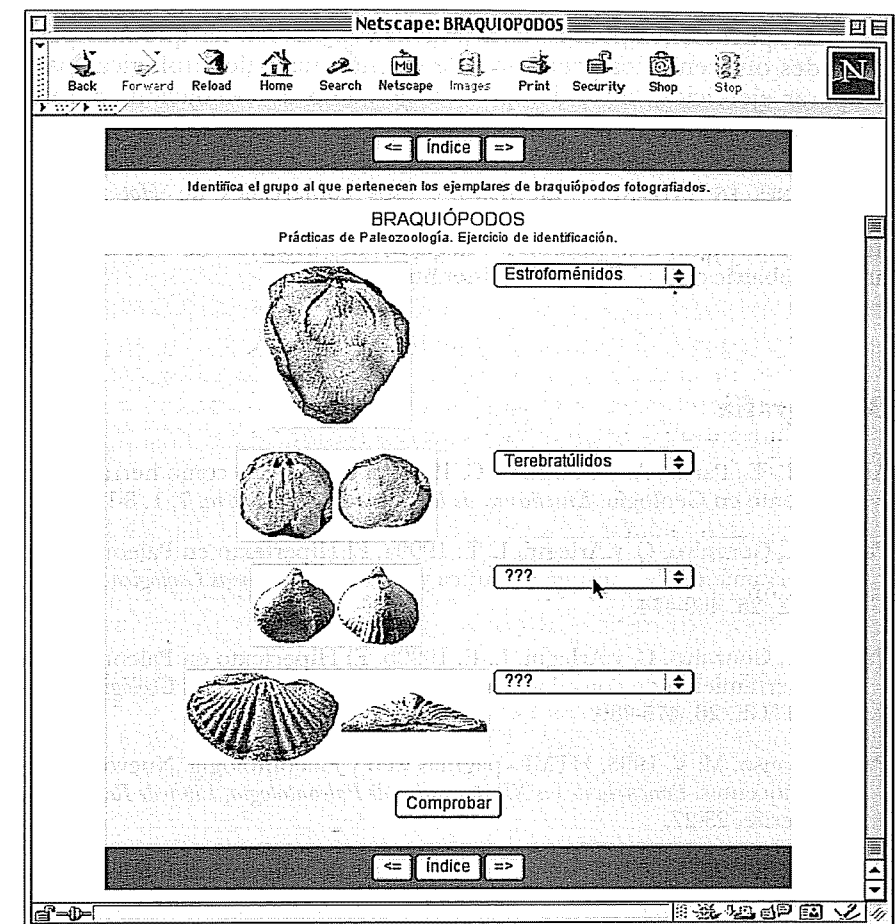


Figura 1. Ejercicio de ejemplo realizado con JMatch de *Hot Potatoes*. A la derecha de cada figura se ofrece un menú desplegable para que el alumno escoja la opción que crea más conveniente. Una vez elegidas, pulsando con el puntero en el botón «Comprobar» (abajo) aparece arriba el número de aciertos, a la vez que se vuelven a la opción inicial («???» en este ejemplo) las respuestas erróneas. En la variante DHTML las opciones de nombres aparecen como un único listado del que se pueden coger y soltar (*drag and drop*) los nombres y así emparejarlos con sus correspondientes figuras.

figurar unas preferencias mínimas. Los documentos son interactivos, de modo que pueden ayudar al alumno durante el aprendizaje, y también ir contabilizando sus respuestas erróneas o certeras, y así pueden convertirse en ejercicios de evaluación.

Las aplicaciones JBC, JCloze, JMatch y JQuiz son las que más posibilidades ofrecen a los profesores de asignaturas paleontológicas para preparar ejercicios, tanto de aprendizaje como de evaluación, ya sean de teoría o de prácticas.

DIRECCIONES EN INTERNET. *Licencias y usos comerciales de *Hot Potatoes*: <http://www.halfbakedsoftware.com>. *Página inicial de *Hot Potatoes*: <http://web.uvic.ca/hrd/hotpot/>. *Registro de usuarios de *Hot Potatoes*: <http://web.uvic.ca/hrd/hotpot/register.htm>

Bibliografía

- Arlegui, L. E., Pardo, A. y Gonzalvo, C. 1999. El Hipertexto como herramienta docente en Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 7, 1, 8-15.
- Pardo, A., Gonzalvo, C. y Arlegui, L. E. 1999a. El Hipertexto en Paleontología I: herramienta de consulta científica y docente (I). *Temas Geológico-Mineros*, ITGE, 26, 469-474.
- Pardo, A., Gonzalvo, C. y Arlegui, L. E. 1999b. El Hipertexto en Paleontología II: herramienta de consulta científica y docente (II). *Temas Geológico-Mineros*, ITGE, 26, 475-480.
- Pardo Alonso, M. V. 1998. HTML, páginas web y Paleontología. Nuevos recursos docentes. *Ponencia de las XIV Jornadas de Paleontología, Libro de Resúmenes*, Tenerife, 23-27.
- Pardo Alonso, M. V. 2001. Nuevas herramientas de comunicación electrónica en la enseñanza presencial: El Aula Virtual de Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, en prensa.